

Peningkatan Kuat bentur Produk 3D Printing Fused Deposition Modeling menggunakan Filamen Polypropylene

Sawitri Wulandari¹, Husman¹, Pristiansyah^{1*}

¹²³Program Studi Teknik Mesin & Manufaktur Polmanbabel, Kawasan Air Kantung Sungailiat

*Email : pristiansyah@polman-babel.ac.id

Abstract

In the world of manufacturing technology there is the latest breakthrough called 3D Printing which is based on layer manufacturing. In making products, a method of adding material in layers is used, usually called additive manufacturing. The principle used in this manufacturing process technology is layered modeling, by converting 3D data directly from computer-aided design (CAD) into a physical model. Many manufacturing technologies have been developed to make prototypes according to needs, for example FDM (Fused Deposition Modeling). Setting factors and experimental levels is an important step in maximizing the quality of research level products referring to transparent materials formed from polypropylene filaments. The factors that vary are Nozzle Temperature, Bed Temperature, Print Speed, and Layer Height. This research design uses the Taguchi method. This research uses an L9 orthogonal matrix with 3 levels. Based on the results of the research carried out, we can conclude that in the impact strength test there is an increase in the results of the impact strength test with the most influential process parameters, respectively, namely Print Speed (35mm/s), Layer Height (0.3mm), Bed Temperature (97 °C) and Nozzle Temperature (215°C) using Polypropylene filament. So the strongest impact strength test value is in experiment no. 2 with an average value of 0.03370 Joules and the weakest is in experiment no. 1 with an average value of 0.02959 Joules.

Keyword :3D printing; Impact Strength; Propylene Filament; Control factors; Taguchi Method

Abstrak

Dalam dunia teknologi manufaktur terdapat terobosan terbaru yang dinamakan 3D Printing yang berbasis layer manufacturing. Dalam pembuatan produk digunakan metode penambahan material secara berlapis- lapis biasanya disebut dengan additive manufacturing. Prinsip yang digunakan dalam teknologi proses manufaktur ini yaitu pemodelan berlapis, dengan mengubah data 3D langsung dari desain berbantuan computer (CAD) menjadi model fisik. Banyak teknologi manufaktur telah dikembangkan untuk membuat prototype sesuai kebutuhan contohnya FDM (Fused Deposition Modeling). Pengaturan faktor dan level eksperimen menjadi Langkah penting dalam memaksimalkan kualitas produk level penelitian mengacu pada bahan transparan yang terbentuk dari filamen Polypropylene. Faktor yang diragamkan yaitu Nozzle Temperature, Bed Temperature, Print Speed, dan Layer Height. Rancangan penelitian ini menggunakan metode taguchi. Penelitian ini menggunakan matriks orthogonal L9 dengan 3 level. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan kita dapat menyimpulkan bahwa pengujian kuat bentur terdapat peningkatan pada hasil uji kuat bentur dengan parameter proses yang paling berpengaruh secara berturut-turut yaitu Print Speed (35mm/s), Layer Height (0,3mm), Bed Temperature (97°C) dan Nozzle Temperature (215°C) menggunakan filamen Polypropylene. Sehingga nilai uji kuat bentur terkuat terdapat pada eksperimen no.2 dengan nilai rata-rata sebesar 0,03370 Joule dan terlemah pada eksperimen no.1 dengan nilai rata-rata sebesar 0,02959 Joule.

Kata kunci ; 3D Printing; Kuat Bentur; Filamen Propylene; Faktor control; Metode Taguchi

1. PENDAHULUAN

3D Printing adalah terobosan terbaru yang berbasis layer manufacturing dalam dunia teknologi manufaktur.[1] Teknologi proses manufaktur yang banyak diperluas karena membuat prototipe yang diinginkan dengan cepat dan sesuai desain yaitu 3D Printing.[2] Dalam pembuatan produk digunakan metode penambahan material secara berlapis-lapis biasanya disebut dengan *additive manufacturing*. Prinsip yang digunakan dalam teknologi proses manufaktur ini yaitu pemodelan berlapis, dengan mengubah data 3D langsung dari desain berbantuan computer (CAD) menjadi model fisik. Teknologi *Additive Manufacturing* banyak menjadi ketertarikan peneliti sebagai objek penelitian dari industri maupun akademisi karena dapat menjadi resolusi manufaktur dengan membuat desain ruwet menjadi mudah dan mempersingkat waktu tunggu tanpa menghancurkan kualitas cetak.[3] Jika mempunyai ukuran yang teliti sesuai dengan desain yang diinginkan maka produk yang dicetak memiliki karakteristik geometri yang ideal.[4] Beberapa sistem *additive manufacturing* sering digunakan di industri, antara lain: *Inkjet Modeling (IJM)*, *Direct Metal Deposition (DMD)*, *Selective Laser Sintering (SLS)*, *Stereo-Lithography (SLA)* Dan *Fused Deposition Modeling (FDM)*. [5] Teknologi manufaktur yang banyak dikembangkan untuk membuat prototipe sesuai dengan desain yang diinginkan salah satunya yaitu *FDM (Fused Deposition Modeling)*. [6] *FDM* adalah sistem *3D Printing* yang menggunakan filamen sebagai bahan untuk mencetak produk. [7]

2. METODE PENELITIAN

Langkah-langkah dalam penelitian ini diawali dengan menyiapkan alat dan bahan yang akan diperlukan selama penelitian contohnya seperti software slicing yang bisa diproses oleh mesin *FDM*, setelah itu dilanjutkan dengan menentukan faktor dan level penelitian, dan membuat sampel.

Ada banyak material yang dapat dicetak dengan teknologi *FDM* seperti PETG, ABS, PLA, Super Tough PLA, Nylon, dan lain-lain. Semakin banyak macam filamen yang mampu dicetak oleh mesin maka semakin mahal juga harga teknologi *FDM* tersebut. [8] Proses yang paling banyak digunakan dalam pencetakan 3D karena biaya yang murah, penggunaannya mudah dan ramah lingkungan adalah proses *Fused Deposition Modeling*. [3] Sistem kerja *FDM* adalah produk dicetak lapis per lapis melalui nozzle pada melting temperature termoplastik akan diekstruksi. [9]

Menurut penelitian dari Muhammad Rivaldi, nilai parameter yang optimum dan parameter yang berpengaruh secara berturut-turut terhadap uji impak yaitu *printing speed* (40mm/s), *infill layer thickness* (0,2mm), *wall thickness* (2,0mm), *print temperature* (250°C), *bed temperature* (250°C), *infill overlap* (30mm), *raft extra margin* (7,5mm), *wall printing speed* (22,5mm/s). Diperoleh bahwa nilai rata-rata hasil uji impak yang teratas berada pada eksperimen 2 dengan nilai 0,031 Joule dan untuk nilai uji impak terbawah berada pada eksperimen 7 dengan nilai 0,026 Joule. [10] Berdasarkan review tentang material Polypropylene dari berbagai aspek oleh Hisham A.Maddah kekuatan impak pada filamen *Polypropylene* sebesar 10, 25, 34 lb ft. [11]

Dari beberapa penelitian yang terdahulu dilakukan maka pada penelitian ini akan melakukan variasi filamen dan parameter yaitu dengan menggunakan filamen *Polypropylene*.

Setelah semua proses sudah selesai maka Langkah selanjutnya yaitu menghitung akurasi dimensi hasil cetakan menggunakan jangka sorong digital dan menguji kuat bentur hasil cetakan menggunakan alat uji impact *charpy*.

2.1 Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan adalah filamen *PolyPropylene (PP)* dengan diameter 1.75 mm dan untuk mencetak spesimen

menggunakan mesin 3D *Printing Anet ET4* ditunjukkan pada gambar 1 dan filamen *Polypropylene* pada gambar 2.



Gambar 1. Anet Et4



Gambar 2. Filamen *Polypropylene*

2.2 Sampel Bahan penelitian

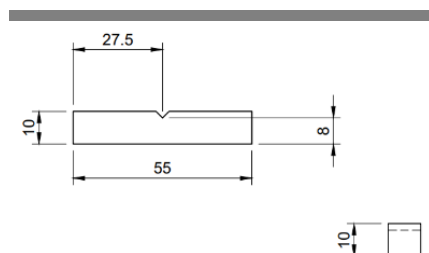
Sampel bahan penelitian di desain menggunakan aplikasi fusion 360 yang disimpan dalam format STL. Gambar produk ditunjukkan dengan gambar 5.

2.3 Menentukan faktor dan level eksperimen

Penentuan faktor dan level eksperimen diterangkan pada Gambar 4. Faktor dan level eksperimen menggunakan metode taguchi dengan matrik orthogonal L9

Faktor	Parameter Proses	Level		
		1	2	3
1.	Nozzle Temperature (°C)	215°C	220°C	225°C
2.	Bed Temperature (°C)	94°C	97°C	100°C
3.	Print Speed (mm/s)	30mm/s	35mm/s	40mm/s
4.	Layer Height (mm)	0,2	0,3	0,4

Gambar 4. Tabel faktor dan level eksperimen



Gambar 5. Sampel bahan penelitian Kuat Bentur

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan data dalam penelitian ini dilakukan dengan mencetak dan

mereplikasi sebanyak 2 kali dapat dilihat pada gambar 6 sehingga spesimen yang dicetak sebanyak 27 spesimen.



Gambar 6. Hasil Spesimen

3.1 Hasil Data Uji Kuat Bentur

Spesimen yang telah dicetak akan diuji menggunakan alat uji impact metode *charpy*

Gotech Model GT-7045 ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar 7. Hasil Uji Kuat Bentur

$$E = mgr (\cos\beta - \cos\alpha) \dots\dots\dots(1)$$

Ket :

E = Energi Impak (J)

m = Berat Pendulum (kg)

g = Gravitasi $9,81\text{m/s}^2$

r = Jarak Lengan Pengayun (m)

$\cos\alpha$ = Sudut Awal Pendulum

$\cos\beta$ = Sudut Akhir Pendulum

Setelah dilakukan perhitungan maka didapatkan nilai usaha. Kemudian nilai ini

akan dibagikan dengan luas penampang dibawah takikan spesimen uji. Rumus yang digunakan dalam perhitungan harga impact yaitu :

$$HI = \frac{E}{A} (\text{J/mm}^2) \dots\dots\dots(2)$$

Ket :

HI = Nilai Impact (J/mm²)

E = Energi Impak (J)

A = Luas Penampang (mm²)

Eksperimen	Data Awal	Replikasi 1	Replikasi 2	Rata-rata
1	0,02978	0,03035	0,02865	0,02959
4	0,03372	0,03648	0,03091	0,03370
7	0,03091	0,03372	0,03204	0,03222
10	0,03204	0,03091	0,03147	0,03147
13	0,03260	0,03147	0,03091	0,03166
16	0,03260	0,03091	0,03091	0,03147
19	0,03204	0,03091	0,03147	0,03147
22	0,03091	0,03091	0,03091	0,03091
25	0,03147	0,03091	0,03091	0,03110

Gambar 8. Tabel Data Hasil Uji Kuat Bentur

Berdasarkan hasil rata-rata uji kuat bentur dalam Gambar 8 menunjukkan bahwa hasil yang didapatkan berbeda dengan nilai rata-rata saat menggunakan filamen *Polycarbonate*. Pengujian ini dilakukan menggunakan filamen *Polypropylene* dan parameter proses yang optimum. Parameter proses dan level yaitu: *Nozzle Temperature* (215°C), *Bed Temperature* (97°C), *Print Speed* (35mm/s), dan *Layer Height* (0,3mm) dengan pengujian tertinggi terdapat pada eksperimen no. 2 sebesar 0,3370MPa. Sehingga pada pengujian ini terdapat peningkatan kuat bentur menggunakan filamen *Polypropylene*.

3.2 Pengolahan Data hasil Eksperimen

Setelah melakukan pengolahan data hasil pengujian maka didapatkan parameter proses yang sangat berpengaruh terhadap uji kuat bentur menggunakan metode taguchi. Proses pengolahan data ini menggunakan software analisis, dimana hasil data pengujian pada Tabel 3.2 tersebut dianalisis menggunakan minitab untuk mencapai hasil *Mean Plot* dan *SN Ratio* dengan kualitas "*Larger is Better*" yaitu semakin besar semakin baik dan dituangkan pada Gambar 9 dan Gambar 10.

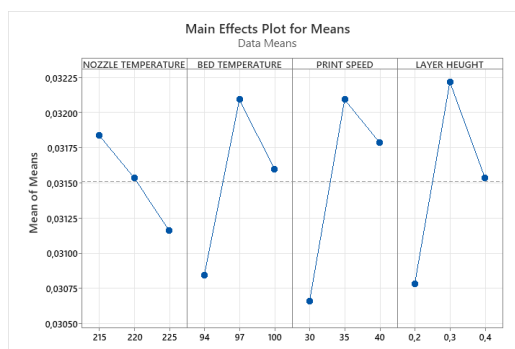
3.2.1 *Mean Plot* Kuat Bentur

Berikut hasil *Analyze Taguchi Design* sehingga menampilkan hasil *Mean Plot* kuat bentur. Hasil *Mean Plot* diterangkan pada Gambar 9 dan Gambar 10.

Response Table for Means

	NOZZLE	BED		
Level	TEMPERATURE	TEMPERATURE	PRINT SPEED	LAYER HEIGHT
1	0,03184	0,03085	0,03066	0,03078
2	0,03154	0,03209	0,03209	0,03222
3	0,03116	0,03160	0,03179	0,03154
Delta	0,00068	0,00124	0,00143	0,00143
Rank	4	3	1	2

Gambar 9. Tabel Mean Plot Kuat Bentur



Gambar 10. Grafik *Mean Plot* Kuat Bentur

Berdasarkan hasil analisa dari mean plot SN Ratio pada Gambar 9 dan gambar 10 bahwa parameter yang sangat berpengaruh pada kuat bentur menggunakan filamen *Polypropylene* yaitu *Print Speed* (35mm/s), *Layer Height* (0,3mm), *Bed Temperature* (97°C). dan *Nozzle Temperature* (215°C). Pengolahan data hasil pengujian kuat bentur ini untuk meningkatkan hasil kuat bentur

yang optimal pada penelitian sebelumnya dan mendapatkan parameter proses yang paling berpengaruh dengan metode taguchi.

3.2.2 *SN Ratio* Kuat Bentur

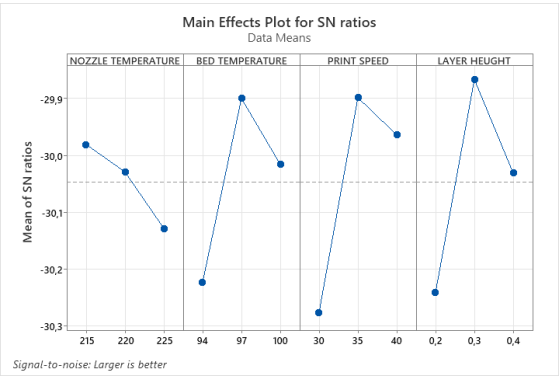
Berikut hasil *Analyze Taguchi Design* sehingga menampilkan hasil SN Ratio kuat bentur. Hasil ditunjukkan pada Gambar 11 dan Gambar 12.

Response Table for Signal to Noise Ratios

Larger is better

	NOZZLE	BED		
Level	TEMPERATURE	TEMPERATURE	PRINT SPEED	LAYER HEUGHT
1	-29,98	-30,22	-30,28	-30,24
2	-30,03	-29,90	-29,90	-29,87
3	-30,13	-30,02	-29,96	-30,03
Delta	0,15	0,32	0,38	0,38
Rank	4	3	1	2

Gambar 11. Tabel SN Ratio Kuat Bentur



Gambar 12. Grafik SN Ratio Kuat Bentur

Berdasarkan Gambar 11 dan Gambar 12 parameter proses yang paling berpengaruh besar terhadap uji kuat bentur yaitu *Print Speed* (35mm/s). Dan parameter proses yan paling berpengaruh secara berturut-turut yaitu *Print Speed* (35mm/s), *Layer Height* (0,3mm), *Bed Temperature* (97°C). dan *Nozzle Temperature* (215°C).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan dapat diputuskan bahwa pengujian kuat bentur terdapat peningkatan pada hasil uji kuat bentur dengan parameter proses yang paling berpengaruh secara berturut-turut yaitu *Print Speed* (35mm/s), *Layer Height* (0,3mm), *Bed Temperature* (97°C) dan *Nozzle Temperature* (215°C) menggunakan filamen *Polypropylene*. Sehingga nilai uji kuat bentur terkuat terdapat pada eksperimen no.2 dengan nilai rata-rata sebesar 0,03370 Joule dan terlemah pada eksperimen no.1 dengan nilai rata-rata sebesar 0,02959 Joule.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Febriansyah and A. Anggry, "PROSIDING SEMINAR NASIONAL INOVASI TEKNOLOGI TERAPAN PENGARUH PARAMETER PROSES TERHADAP UJI IMPAK PADA 3D PRINTING MATERIAL ABS."
- [2] Malinda C; Pristiansyah; Yudi Oktriadi, "Optimasi Parameter Proses pada 3D Printing FDM terhadap Akurasi Dimensi Filament PLA Food Grade," *Manutech J. Teknol. Manufaktur*, vol. 13, no. 01, pp. 0-8, 2021, [Online]. Available: <https://media.neliti.com/media/publications/289929-optimasi-parameter-proses-3d-printing-fd-bc4a4103.pdf>
- [3] P. Pristiansyah, H. Hasdiansah, and A. Ferdiansyah, "Pengaruh Parameter Proses Pada 3D Printing FDM Terhadap Kekuatan Tarik Filament ABS CCTREE," *Manutech J. Teknol. Manufaktur*, vol. 14, no. 01, pp. 15-22, 2022, doi: 10.33504/manutech.v14i01.210.
- [4] Pristiansyah et al., "Optimasi Parameter Proses 3D Printing FDM Terhadap Akurasi Dimensi Menggunakan Filament Eflex," *J. Teknol. Manufaktur*, vol. 11, no. 01, 2019.

- [5] O. A. Mohamed, S. H. Masood, and J. L. Bhowmik, "Optimization of fused deposition modeling process parameters: a review of current research and future prospects," pp. 42-53, 2015, doi: 10.1007/s40436-014-0097-7.
- [6] M. Lestari and dan P. Subkhan, "PROSIDING SEMINAR NASIONAL INOVASI TEKNOLOGI TERAPAN PENGARUH PARAMETER PROSES 3D PRINTING TERHADAP AKURASI DIMENSI FILAMENT PETG (Polyethylene terephthalate Gylacol)."
- [7] M. T. L and M. H. Bari, "OPTIMASI PARAMETER PROSES PADA 3D PRINTING FDM TERHADAP KEKUATAN TARIK FILAMENT PLA FOOD GRADE MENGGUNAKAN Oleh :," 2021.
- [8] Z. . hasdiansah, pristianysah and Suzen, "Manutech : Jurnal Teknologi Manufaktur Pengaruh Orientasi Posisi Printing Z Axis Mesin 3D Printing," vol. 14, no. 01, 2022.
- [9] I. Akbar, "ANALISIS PENGUJIAN IMPAK METODE CHARPY."
- [10] M. Rivaldi and M. Yunus, "Pengaruh Parameter Proses 3D Printing Terhadap Kuat Bentur Menggunakan Fiamen Polycarbonate," vol. 01, no. 1, 2023.
- [11] Hisham A. Maddah, "Polypropylene as a Promising Plastic: A Review," *Am. J. Polym. Sci.*, no. January, 2016, doi: 10.5923/j.ajps.20160601.01.