

## PENGARUH PARAMETER EKSTRUSI TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN KEKASARAN PERMUKAAN HASIL MESIN FILAMEN EKSTRUDER BERBAHAN PLASTIK *POLYPROPYLENE* DAUR ULANG

Nizar Bagas Maulana<sup>1</sup>, Catur Pramono<sup>2</sup>, Nani Mulyaningsih<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tidar  
Email : nizarbagasm16@gmail.com

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tidar  
Email : caturpramono@untidar.ac.id

<sup>3</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tidar  
Email : nani\_mulyaningsih@untidar.ac.id

### ABSTRAK

Di Indonesia, kebutuhan plastik tiap tahun mengalami kenaikan hingga 200 ton per tahun, dalam sehari masyarakat Indonesia bisa menghasilkan sebesar 28,4 ribu ton sampah plastik. Pembuatan filamen *3D printing* dari bahan plastik bekas merupakan salah satu langkah dalam mengatasi permasalahan sampah plastik, hal ini seiring dengan semakin meluasnya penggunaan mesin *3D printing* terutama dengan metode *Fused Deposition Modeling*. Penelitian ini bertujuan untuk menggali informasi mengenai variasi temperatur dan kecepatan ekstrusi yang optimum untuk menghasilkan filamen *3D printing* dari daur ulang limbah plastik *polypropylene* dengan kuat tarik tertinggi dan kekasaran permukaan terendah yang digunakan untuk objek hasil *3D printing*. Variasi yang digunakan yaitu temperatur ekstrusi 200 °C, 210 °C, 220 °C dan kecepatan ekstrusi 30 rpm dan 40 rpm. Respon yang digunakan dalam penelitian ini adalah semakin rendah nilai kekasaran permukaan dan semakin tinggi nilai kuat tariknya, maka kualitas filamen yang dihasilkan semakin baik. Dari hasil pengujian nilai kekasaran permukaan paling rendah menunjukkan nilai 3,271 µm pada temperatur 220 °C dengan kecepatan ekstrusi 30 rpm, dan nilai kekasaran permukaan paling tinggi menunjukkan nilai 5,906 µm pada temperatur ekstrusi 200 °C dengan kecepatan ekstrusi 40 rpm. Selain itu, hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa nilai kekuatan tarik tertinggi menunjukkan rata-rata 19,88 MPa pada parameter temperatur 220 °C dengan kecepatan ekstrusi 30 rpm, sedangkan kekuatan tarik terendah didapatkan pada temperatur ekstrusi 200 °C dengan kecepatan ekstrusi 40 rpm dengan nilai kekuatan tarik rata-rata sebesar 18,72 MPa. Sehingga, parameter yang terbaik untuk proses ekstrusi filamen yaitu dengan temperatur 200 °C dan kecepatan ekstrusi 30 rpm.

**Kata kunci** : Filamen, Polypropylene, Ekstrusi, 3D Printing, Kekuatan Tarik

### ABSTRACT

*In Indonesia, plastic needs every year have increased to 200 tons per year, in a day indonesian people can produce 28.4 thousand tons of plastic waste. The manufacture of 3D printing filaments from used plastic materials is one of the positive steps in overcoming the problem of plastic waste, this is also in line with the increasing use of 3D printing machines, especially with the Fused Deposition Modeling method. The study aims to unearth information on variations in 'temperature' and optimum extrusion speed to produce 3D printing filaments from recycled PP plastic waste (polypropylene) with the highest tensile strength and lowest surface roughness used for 3D printing objects. The variations used are temperature extrusion 200 °C, 210 °C, 220 °C and extrusion speed of 30 rpm and 40 rpm. The response used in this study was that the lower the surface roughness value and the higher the stronger value of attraction, the better the quality of the filament. From the test results the lowest surface literacy value showed a value of 3.271 µm at a temperature parameter of 220 °C and an extrusion speed of 30 rpm, and the highest surface roughness value showed a value of 5,906 µm at an extrusion temperature parameter of 200 °C and an extrusion speed of 40rpm. In addition, the results of tensile testing showed that the highest tensile strength showed an average of*

19.88 Mpa at a temperature parameter of 220 °C and an extrusion speed of 30 rpm, while the lowest tensile strength  $k$  was obtained at an extrusion temperature parameter of 200 °C and an extrusion speed of 40 rpm with an tensile strength value. An average of 18.72 MPa. Thus, the best parameter for the filament extrusion process is a temperature of 200 °C and an extrusion speed of 30 rpm.

**Keywords:** Filament, Polypropylene, Extrusion, 3D Printing, Tensile Strength

## PENDAHULUAN

Di Indonesia, kebutuhan plastik tiap tahun mengalami kenaikan hingga 200 ton per tahun. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup (KLH), dalam sehari masyarakat Indonesia bisa menghasilkan sebesar 28,4 ribu ton sampah plastik [1]. Permasalahan sampah plastik tersebut tentu akan mencemari lingkungan apabila jumlahnya semakin meningkat setiap tahunnya. Sampah plastik dapat menurunkan kualitas tanah dan air karena sifat plastik yang sulit terurai bahkan sampai memakan waktu lebih dari 20 hingga 100 tahun [2].

Pengolahan atau daur ulang sampah dengan baik dapat mengurangi resiko pencemaran lingkungan serta gangguan kesehatan bagi manusia. Pola hidup masyarakat sangat berkaitan erat dengan persampahan. Oleh sebab itu masyarakat harus ikut serta dalam pengendalian dan penanganan sampah. Meningkatnya jumlah penduduk masyarakat serta dengan berkembangnya kemajuan ilmu teknologi yang membuat perubahan pola hidup yang lebih konsumtif menjadikan volume sampah tiap tahun terus mengalami peningkatan [3].

Untuk berkontribusi dalam pengembangan teknologi pengelolaan sampah plastik salah satunya dengan cara memanfaatkan limbah plastik sebagai bahan baku filamen *3D printing*. Pembuatan filamen *3D printing* dari bahan plastik bekas merupakan salah satu langkah positif dalam mengatasi permasalahan sampah plastik, hal ini juga seiring dengan semakin meluasnya penggunaan mesin *3D printing* terutama dengan metode FDM (*Fused Deposition Modelling*). Aplikasi *Fused Deposition Modeling* (FDM) ini sudah sangat ekstensif meliputi bidang otomotif, desain cetakan, hingga medis dan aeronautika. Salah satu dalam pengaplikasiannya hasil cetak 3D adalah untuk alternatif *bracket mounting motor CNC router*.

(Iunolainen, 2017) dalam penelitiannya tentang kesesuaian PP (*polypropylene*) daur ulang untuk filamen *3D printing*. Dari beberapa percobaan yang dilakukan, proses ekstruksi untuk pembuatan filamen *3D printing* dari daur ulang plastik PP (*polypropylene*) yang paling optimal yaitu pada temperatur 210 °C - 225 °C, kecepatan ekstrusi 25 rpm menghasilkan diameter rata-rata 1,729 mm.

(Herianto, 2020) dalam penelitiannya mengenai filamen PP (*polypropylene*) daur ulang untuk 3D printer: optimasi parameter proses ekstrusi. Proses ekstrusi dianalisis menggunakan metode Taguchi dan ANOVA. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kecepatan spooler 4 rpm, kecepatan ekstrusi 40 rpm, dan suhu ekstrusi 200 °C pada pengaturan parameter menghasilkan diameter filamen rata-rata 1,6 mm.

Penelitian lainnya juga dilakukan oleh Herda, dkk. (2020) tentang optimasi keakuratan dimensi produk cetak 3D printing berbahan plastik PP (*polypropylene*) daur ulang dengan menggunakan metode Taguchi. Berdasar hasil analisis parameter yang optimal untuk mencetak produk berdimensi 20x20x20 mm dari filamen dengan bahan dasar plastik daur ulang PP (*polypropylene*) yaitu dengan parameter temperatur cetak 260 °C, ketebalan layer 0,16 mm dan kecepatan cetak 20 mm/s.

Berdasar penjabaran di atas, dapat diambil hipotesis bahwa temperatur optimum dari proses ekstrusi adalah 200 °C – 225 °C dan kecepatan ekstrusi pada kisaran 25 rpm – 40 rpm. Penelitian ini akan menggali informasi mengenai variasi temperatur dan kecepatan ekstrusi yang optimum untuk menghasilkan filamen 3D printing dari daur ulang limbah plastik PP (*polypropylene*) dengan kuat tarik tertinggi dan kekasaran permukaan terendah yang digunakan untuk objek hasil 3D printing dengan mengutamakan kekuatan tariknya. Variasi

yang digunakan yaitu ‘temperatur’ ekstrusi 200 °C, 210 °C, 220 °C dan kecepatan ekstrusi 30 rpm dan 40 rpm.

## METODE

Penelitian yang dilakukan menggunakan metode eksperimental untuk memperoleh data sebab akibat melalui proses eksperimen guna mendapatkan data empiris. Penelitian ini bertujuan untuk menggali informasi mengenai variasi temperatur dan kecepatan ekstrusi yang optimum untuk menghasilkan filamen *3D printing* dari daur ulang limbah plastik PP (*polypropylene*) dengan kuat tarik tertinggi dan kekasaran permukaan terendah yang digunakan untuk objek hasil *3D printing*. Variasi yang digunakan yaitu temperatur ekstrusi 200 °C, 210 °C, 220 °C dan kecepatan ekstrusi 30 rpm dan 40 rpm. Respon yang digunakan dalam penelitian ini adalah semakin rendah nilai kekasaran permukaan dan semakin tinggi nilai kuat tariknya, maka kualitas filamen yang dihasilkan semakin baik.

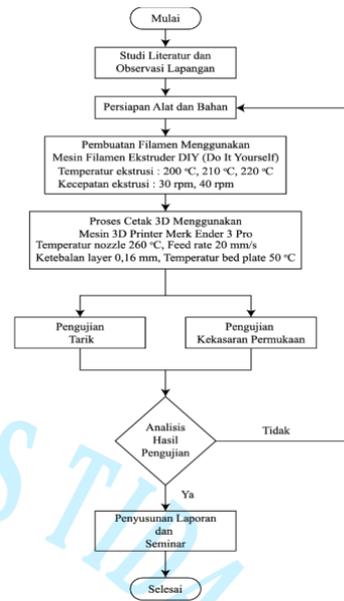
## Alat Dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah

1. Laptop
2. Vernier Caliper
3. Cutter
4. Gunting
5. Surface Roughness Tester
6. Alat Uji Tarik
7. 3D printer merk Ender-3 pro
8. Mesin Filamen Ekstruder DIY (*Do It Yourself*)

Bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah limbah plastik jenis PP (*polypropylene*) dari kotak es krim.

## Alur Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

## Persiapan Proses Ekstrusi

Persiapan proses ekstrusi untuk pembuatan filamen yang harus dilakukan yaitu :

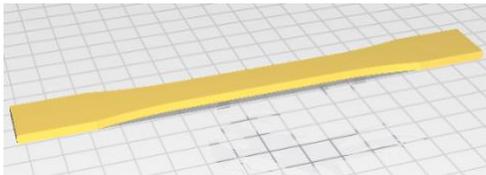
1. Siapkan bahan dari limbah plastik kotak es krim jenis PP (*polypropylene*).
2. Cuci bersih limbah plastik kotak es krim jenis PP (*polypropylene*) kemudian keringkan di bawah terik sinar matahari.
3. Potong kecil-kecil limbah plastik kotak es krim dengan menggunakan gunting.
4. Hidupkan mesin filamen ekstruder.
5. Setting mesin filamen ekstruder sesuai dengan parameter ekstrusi yang telah ditentukan.
6. Masukkan limbah plastik kotak es krim yang telah dipotong-potong menjadi kecil tadi ke dalam mesin filamen ekstruder.
7. Tunggu proses ekstrusi hingga menjadi filamen selesai.
8. Filamen siap digunakan.



Gambar 2. Proses Ekstrusi Pembuatan Filamen

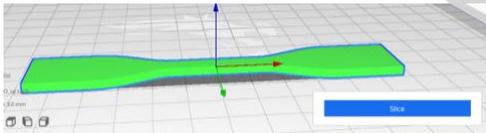
**Pembuatan Spesimen Dengan 3D Printer**

Proses pembuatan spesimen dengan 3D printer dari filamen hasil daur ulang limbah plastik kotak es krim jenis PP (*polypropylene*) ini mengacu pada standar ASTM D 638 dengan tipe IV. Langkah-langkah dalam proses pembuatan spesimen yaitu desain menggunakan software Solidwork tahun 2019 sesuai dengan dimensi standar ASTM D 638 tipe IV



Gambar 3. Proses Desain Menggunakan Software Solidwork Tahun 2019

Selanjutnya lakukan slicing menggunakan software Ultimaker Cura



Gambar 4. Slicing Menggunakan Software Ultimaker Cura 4.11.0

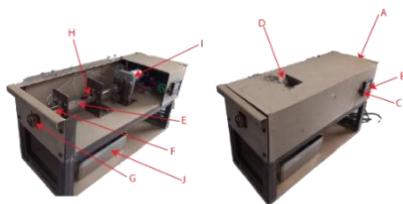
Langkah terakhir adalah proses cetak 3D menggunakan mesin 3D printer



Gambar 5. Proses Cetak 3D Menggunakan Printer 3D Merk Ender 3-Pro

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dalam penelitian ini, proses pembuatan filamen menggunakan mesin filamen ekstruder DIY (*Do It Yourself*) yang ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 6. Mesin Filamen Ekstruder

Keterangan :

- A. Tombol Saklar, berfungsi untuk menghidupkan dan mematikan mesin.
- B. PID Controller, berfungsi untuk mengatur temperatur pemanas.
- C. Speed Contoller, berfungsi untuk mengatur kecepatan screw.
- D. Hopper, berfungsi untuk memasukkan material biji plastik/cacahan plastik
- E. Barrel: Tempat pemanasan material biji plastik/cacahan plastik.
- F. Heater Band, berfungsi untuk memanaskan barrel sehingga material biji plastik yang ada di dalam barrel dapat meleleh.
- G. Nozzle, sebagai jalan keluarnya plastik yang telah dilelehkan.
- H. Screw, sebagai pendorong biji plastik/cacahan plastik yang ada di dalam barrel menuju ke nozzle.
- I. Motor DC, sebagai penggerak screw, sehingga screw dapat berputar dan mendorong lelehan plastik.
- J. Bak pendingin, digunakan untuk mendinginkan filamen setelah keluar dari nozzle.

**Analisis Hasil Ekstrusi**

Analisis hasil ekstrusi dilakukan dengan cara pengamatan secara visual untuk mengetahui kualitas filamen secara sederhana

Tabel 1. Pengamatan Visual Filamen Hasil Ekstrusi

Parameter	Foto	Keterangan
Temperatur ekstrusi 200 °C dengan kecepatan ekstrusi 30 rpm		Filamen di beberapa titik masih agak kasar dan ada lengkungan
Temperatur ekstrusi 200 °C dengan kecepatan		Filamen di beberapa titik masih agak kasar dan ada

ekstrusi 40 rpm		lengkungan
Temperatur ekstrusi 210 °C dengan kecepatan ekstrusi 30 rpm		Filamen masih ada sedikit lengkungan namun sudah minim titik yang kasar
Temperatur ekstrusi 210 °C dengan kecepatan ekstrusi 40 rpm		Filamen masih ada sedikit lengkungan namun sudah minim titik yang kasar
Temperatur ekstrusi 220 °C dengan kecepatan ekstrusi 30 rpm		Filamen halus dan minim lengkungan
Temperatur ekstrusi 220 °C dengan kecepatan ekstrusi 40 rpm		Filamen halus dan minim lengkungan

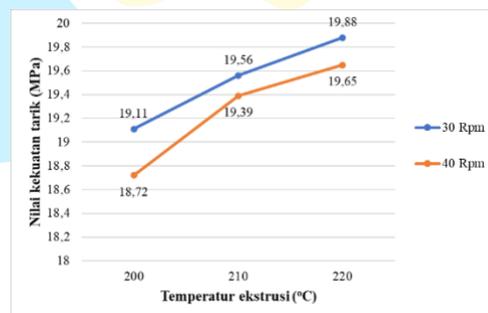
### Uji Kekuatan Tarik

Pengujian tarik bertujuan untuk menganalisis sifat mekanik dari hasil cetak 3D menggunakan filamen daur ulang PP (*polypropylene*).

Tabel 2. Hasil Pengujian Tarik

Parameter	No. Sampel	$\sigma$ (MPa)
Temperatur ekstrusi 200 °C dengan kecepatan	A1	19,05
	A2	19,09
	A3	19,20
	A4	19,16

ekstrusi 30 rpm	A5	19,07
	Rerata	<b>19,11</b>
Temperatur ekstrusi 200 °C dengan kecepatan ekstrusi 40 rpm	B1	18,57
	B2	18,79
	B3	18,68
	B4	18,88
	B5	18,65
Rerata	<b>18,72</b>	
Temperatur ekstrusi 210 °C dengan kecepatan ekstrusi 30 rpm	C1	19,55
	C2	19,57
	C3	19,58
	C4	19,50
	C5	19,58
Rerata	<b>19,56</b>	
Temperatur ekstrusi 210 °C dengan kecepatan ekstrusi 40 rpm	D1	19,23
	D2	19,41
	D3	19,53
	D4	19,34
	D5	19,47
Rerata	<b>19,39</b>	
Temperatur ekstrusi 220 °C dengan kecepatan ekstrusi 30 rpm	E1	19,75
	E2	19,77
	E3	20,12
	E4	19,88
	E5	19,89
Rerata	<b>19,88</b>	
Temperatur ekstrusi 220 °C dengan kecepatan ekstrusi 40 rpm	F1	19,62
	F2	19,66
	F3	19,68
	F4	19,69
	F5	19,67
Rerata	<b>19,66</b>	



Gambar 7. Grafik Hubungan Antara Variasi Temperatur Ekstrusi Dengan Nilai Kekuatan Tarik

Berdasarkan gambar 7 diatas menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur maka nilai kekuatan tarik semakin meningkat, baik pada kecepatan ekstrusi 30 rpm maupun 40 rpm. Hasil pengujian tarik

paling tinggi didapatkan pada variasi temperatur ekstrusi 220 °C baik pada kecepatan ekstrusi 30 rpm maupun 40 rpm dengan nilai kekuatan tarik tertinggi menunjukkan rata-rata 19,88 MPa pada kecepatan ekstrusi 30 rpm dan 19,66 MPa pada kecepatan ekstrusi 40 rpm. Sedangkan kekuatan tarik terendah didapatkan pada variasi temperatur ekstrusi 200 °C dengan nilai kekuatan tarik rata-rata 19,11 MPa pada kecepatan ekstrusi 30 rpm dan 18,72 MPa pada kecepatan ekstrusi 40 rpm.

### Uji Kekasaran Permukaan

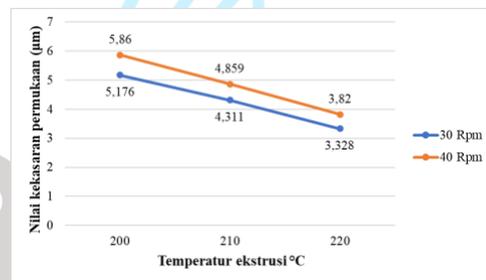
Pengujian kekasaran permukaan bertujuan untuk mengetahui tingkat kekasaran permukaan setelah dilakukan proses percetakan 3D dengan menggunakan mesin printer Ender-3 pro pada filamen berbahan plastik PP (*polypropylene*) daur ulang

Tabel 3. Hasil Uji Kekasaran Permukaan

Parameter	No. Sampel	Rerata (µm)
Temperatur ekstrusi 200 °C dengan kecepatan ekstrusi 30 rpm	A1	5,156
	A2	5,332
	A3	5,063
	A4	5,174
	A5	5,155
	Rerata	<b>5,176</b>
Temperatur ekstrusi 200 °C dengan kecepatan ekstrusi 40 rpm	B1	5,871
	B2	5,841
	B3	5,831
	B4	5,906
	B5	5,852
	Rerata	<b>5,860</b>
Temperatur ekstrusi 210 °C dengan kecepatan ekstrusi 30 rpm	C1	4,244
	C2	4,546
	C3	4,213
	C4	4,168
	C5	4,386
	Rerata	<b>4,311</b>
Temperatur ekstrusi 210 °C dengan kecepatan ekstrusi 40 rpm	D1	4,896
	D2	4,772
	D3	4,837
	D4	4,892
	D5	4,898
	Rerata	<b>4,859</b>
Temperatur ekstrusi 220 °C	E1	3,274
	E2	3,374

°C dengan kecepatan ekstrusi 30 rpm	E3	3,343
	E4	3,353
	E5	3,296
	Rerata	<b>3,328</b>
Temperatur ekstrusi 220 °C dengan kecepatan ekstrusi 40 rpm	F1	3,723
	F2	3,855
	F3	3,790
	F4	3,966
	F5	3,764
	Rerata	<b>3,820</b>

Dari hasil data nilai kekasaran permukaan diperoleh grafik dari spesimen filamen berbahan plastik jenis PP (*polypropylene*) daur ulang dicetak menggunakan mesin Ender-3 Pro



Gambar 8. Grafik Hubungan Antara Variasi Temperatur Ekstrusi Dengan Kekasaran Permukaan

Berdasarkan gambar 8 pada grafik di atas menunjukkan bahwa temperatur ekstrusi filamen berbahan plastik PP (*polypropylene*) daur ulang mempengaruhi nilai kekasaran permukaan pada hasil cetak 3D. Semakin rendah temperatur ekstrusi filamen maka nilai kekasaran permukaan hasil cetak 3D semakin tinggi, baik itu pada kecepatan ekstrusi 30 rpm maupun 40 rpm. Hal ini dibuktikan dengan filamen yang dibuat dengan temperatur 220 °C dan kecepatan ekstrusi 30 mempunyai kualitas paling baik dengan kestabilan diameter 1,72 mm dan tingkat kehalusan permukaan filamen yang baik sehingga dapat menghasilkan benda uji cetak 3D dengan nilai kekasaran permukaan paling baik yaitu sebesar 3,271 µm.

### SIMPULAN

Simpulan yang didapat dari penelitian dan pengujian ini adalah :

1. Parameter operasi yang menghasilkan kekuatan tarik paling terbaik pada proses ekstrusi hasil mesin filamen ekstruder

berbahan plastik daur ulang PP (*polypropylene*) yakni dengan temperatur ekstrusi 220 °C pada kecepatan ekstrusi 30 rpm dengan rata-rata nilai kekuatan tarik mencapai 19,88 MPa.

2. Parameter operasi yang menghasilkan nilai kekasaran permukaan paling terbaik pada proses ekstrusi hasil mesin filamen ekstruder berbahan plastik daur ulang PP (*polypropylene*) yakni dengan temperatur ekstrusi 220 °C pada kecepatan ekstrusi 30 rpm dengan rata-rata nilai nilai kekasaran permukaan sebesar 3,328  $\mu\text{m}$ .

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] U. B. Surono, "Berbagai Metode Konversi Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak," *Jurnal Teknik*, vol. 3, no. 1, 2013.
- [2] P. Purwaningrum, "Upaya Mengurangi Timbulan Sampah Plastik Di Lingkungan," *Jurnal Teknik Lingkungan*, vol. 8, no. 2, pp. 141-147, 2016.
- [3] J. Sahil, "Sistem Pengelolaan dan Upaya Penanggulangan Sampah Di Kelurahan DufaDufa Kota Ternate," *Jurnal BioEdukasi*, vol. 4, pp. 478-487, 2016.
- [4] Herianto, S. I. Atsani and H. Mastriswadi, "Recycled Polypropylene Filament for 3D Printer: Extrusion Process Parameter Optimization," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2020.
- [5] E. Iunolainen, "Suitability of recycled PP for 3D printing filament," *Plastics technology*, 2017.
- [6] H. A. Pamasaria, T. H. Saputra, A. S. Utama and C. Budiyanoro, "Optimasi Keakuratan Dimensi Produk Cetak 3D Printing berbahan Plastik PP Daur Ulang dengan Menggunakan Metode Taguchi," *JMPM (Jurnal Material dan Proses Manufaktur)*, vol. 4, no. 1, 2020.