

## Pengaruh Parameter Proses 3D Printing Terhadap Kuat Bentur Menggunakan Fiamen *Polycarbonate*

Muhammad Rivaldi<sup>1</sup>, Muhammad Yunus<sup>1</sup>, Pristiansyah<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat

\*E-mail : pristiansyah@polman-babel.ac.id

Received 1 Januari 2023; Received in revised form 4 Januari 2023; Accepted 11 Januari 2023

### Abstract

The existence of this 3D printing technology in manufacturing has brought big companies to the world of industry. One of the rapid prototyping technologies that are often found in the market today is the FDM type of technology. Fused Deposition Modeling (FDM) technology is a printing technique used to print products using fibrous materials, printed products have ideal geometric characteristics. Impact test is a method used to determine the strength, hardness and ductility of a material. In this impact test, rapid loading is used. The method used is Taguchi and this study aims to obtain optimal process parameters in the impact test. Printing was carried out with a 3D printing machine Creality Ender 3 which printed 81 specimens. Then the impact test was carried out so that the highest average value of the impact test results was in experiment number 27 with a value of 0.00392 joules and for the lowest impact test value was in experiment number 1 with a value of 0.00291 Joules. The method used in this process parameter optimization research is the Taguchi L9 OA method. For the factors used, namely printing speed, infill layer thickness, wall thickness, and print temperature. The results of the research that has been carried out show the optimum parameter values and parameters that influence the impact test successively, namely 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). It was found that the highest average value of the impact test results was in experiment number 2 with a value of 0.031 Joules and the lowest impact test value was in experiment number 7 with a value of 0.026 Joules.

**Keywords:** : Impact Strength; 3D Printing; FDM; Metode Taguchi; Filament pc.

### Abstrak

Adanya teknologi 3D *printing* ini di manufaktur membawa perusahaan besar bagi dunia industri. Salah satu teknologi *rapid prototyping* yang sering ditemukan dipasaran saat ini adalah jenis teknologi FDM. Teknologi *Fused Deposition Modeling* (FDM) adalah teknik pencetakan yang digunakan untuk mencetak produk dengan menggunakan bahan berserat, produk yang dicetak mempunyai karakteristik geometris yang ideal. Uji impak merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui kekuatan, kekerasan dan keuletan material. Pada uji impak ini digunakan pembebanan yang cepat (*rapid loading*). Metode yang digunakan ialah Taguchi dan penelitian ini memiliki tujuan agar mendapatkan parameter proses yang optimal pada uji impak Pencetakan dilakukan dengan mesin 3D *printing* Creality Ender 3 yang dicetak sebanyak 81 spesimen. Lalu dilakukan pengujian impak sehingga mendapatkan nilai rata-rata hasil uji impak yang tertinggi berada pada eksperimen nomor 27 dengan nilai 0,00392 *joule* dan untuk nilai uji impak terendah berada pada eksperimen nomor 1 dengan nilai 0,00291 *Joule*. Metode yang digunakan dalam penelitian optimasi parameter proses ini yaitu metode Taguchi L9 OA. Untuk faktor yang digunakan yaitu *printing speed*, *infill layer thickness*, *wall thickness*, dan *print temperature*. Hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan 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). Didapat bahwa nilai rata-rata hasil uji impak yang tertinggi berada pada eksperimen 2 nomor dengan nilai 0,031 *Joule* dan untuk nilai uji impak terendah berada pada eksperimen nomor 7 dengan nilai 0,026 *Joule*.

**Kata kunci:** Kekuatan bentur; 3D Printing; FDM; Metode taguchi; Filament pc.

## 1. PENDAHULUAN

Pada perkembangan dunia industri, material yang banyak selain logam, plastik juga menjadi bahan material yang banyak diminati, karena material plastik mudah untuk dibuat dalam berbagai bentuk dan material yang lebih ringan, dan menjadikan plastik mulai banyak dilakukan penelitian dan pengembangan pada material plastik, salah satunya perkembangan penggunaan material plastik ialah pada teknologi 3D printer, Teknologi 3D Printer ini menggunakan material plastik atau thermoplastic, dengan cara kerjanya filamen dipanaskan dan dicetak secara lapisan per lapisan membentuk objek 3 dimensi. Menurut penelitian dari [1] menggunakan material fleksibel masih jarang dilakukan. Dari permasalahan tersebut, maka diperlukan suatu penelitian untuk mendapatkan pengaturan parameter proses pada mesin 3D Printer yang optimal dalam mendapatkan keakuratan dimensi dengan menggunakan material fleksibel. Penelitian dilakukan menggunakan mesin 3D Printer DIY (Do It Yourself) model Prusa dengan teknologi FDM.

Material yang digunakan adalah filamen flexible jenis Eflex dengan diameter 1,75 mm. Parameter proses yang digunakan pada penelitian ini adalah *flowrate, layer thickness, nozzle temperature, printing speed, overlap, dan fan speed*. Spesimen uji berbentuk kubus berukuran 20 mm × 20 mm × 20 mm. Optimasi parameter proses menggunakan metode Taguchi L 27 *Orthogonal Array* untuk uji akurasi dimensi. Nilai parameter proses optimal untuk mendapatkan keakuratan dimensi X adalah *flowrate 110 %*, *layer thickness 0,10 mm*, *nozzle temperature 210 °C*, *print speed 40 mm/s*, *overlap 75 %*, dan *fan speed 50%*. Dimensi Y adalah *flowrate 120 %*, *layer thickness 0,20 mm*, *nozzle temperature 230° C*, *print speed 30 mm/s*, *overlap 75 %*, dan *fan speed 100%*. Serta dimensi Z adalah *flowrate 120 %*, *layer thickness 0,30 mm*, *nozzle temperature 210 °C*, *print speed 30 mm/s*, *overlap 50 %*, dan *fan speed 100%* (Priestansyah, 2019).

Adapun dalam penelitian [2] metode yang digunakan ialah Taguchi dan penelitian ini memiliki tujuan agar mendapatkan

parameter proses yang optimal pada uji dampak Pencetakan dilakukan dengan mesin 3D printing Creality Ender 3 yang dicetak sebanyak 81 spesimen. Lalu dilakukan pengujian dampak sehingga mendapatkan nilai rata-rata hasil uji dampak yang tertinggi berada pada eksperimen nomor 27 dengan nilai 0,00392 *joule* dan untuk nilai uji dampak terendah berada pada eksperimen nomor 1 dengan nilai 0,00291 *Joule*. Pengaplikasian penelitian pembuatan dashboard mobil. Dengan perbandingan nilai kekuatan uji impact jenis plastik ABS sebesar 13,48 *KJ/mm<sup>2</sup>*. Menurut penelitian [4] hasil pengujian impact menggunakan spesimen PLA dengan standar ASTM E23 05, didapatkan nilai uji impact tertinggi pada eksperimen cubic subdivision ke 6 sebesar 0,00935 *Joule/mm<sup>2</sup>* dengan printing speed 40, flowrate 80, dan cooling 40. Nilai uji impact terendah terdapat pada eksperimen ke 24 cross sebesar 0,00066 *Joule/mm<sup>2</sup>* dengan printing speed 50, flowrate 90, dan cooling speed 50. Uji impact merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui kekuatan, kekerasan dan keuletan material. pada uji impact ini digunakan pembebanan yang cepat (*rapid loading*) [5].

Metode Taguchi menurut [3] merupakan suatu metodologi dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses dalam waktu yang bersamaan menekan biaya dan sumber daya seminimal mungkin. Metode Taguchi bertujuan untuk mencapai suatu sasaran tersebut dengan menjadikan produk atau proses yang tidak sensitif dengan berbagai faktor seperti material, perlengkapan manufaktur, tenaga kerja manusia, dan kondisi-kondisi operasional. Metode Taguchi juga menghasilkan faktor yang mengenai respon yang optimal. 3D Printing adalah sebuah terobosan baru dalam dunia teknologi. Terobosan ini sangatlah populer di seluruh belahan dunia, terutama di kalangan ilmuan dan bangsawan. Hal ini karena mereka percaya bahwa teknologi 3D Printing akan mampu membawa dunia ini pada kemajuan dan kesejahteraan masyarakat.

*Fused Deposition Modelling* (FDM) menggunakan bahan nozzle yang

dipanaskan dan akan melelehkan bahan seperti plastik pada hasil outputnya. Nozzle tersebut akan berpindah secara horizontal dan vertikal yang diatur oleh komputer. Ketika material keluar dari nozzle, material tersebut akan mengeras [10]. FDM disebut dengan filament yang terbuat dari termoplastik. Ada banyak jenis filament dengan berbagai sifat yang membutuhkan suhu yang berbeda untuk dicetak. Pada penelitian ini akan diinvestigasi penggunaan jenis filament terbaru yaitu polysmoothTM yang memiliki sifat unggul mampu dilakukan proses polishing sehingga menghasilkan permukaan produk yang halus dan menutupi jalur-jalur yang menjadi ciri khas produk hasil 3D printing serta mendapatkan kombinasi parameter yang tepat dan optimal [6]. karena filament pc dikenal dengan kekuatan dan durabilitas paling tinggi pada daftar filament 3D printer yang kita bahas kali ini, PC memiliki warna yang agak transparan serta kekuatan luar biasa dalam menahan benturan dan panas. Dalam dunia komersial, PC digunakan sebagai salah satu bahan pembuatan kaca anti peluru, layar elektronik, atap rumah [9].

Penelitian yang dilakukan oleh bahwa nilai tingkat transparansi produk hasil cetak mesin 3D Printing FDM dengan fillament PETG tertinggi adalah 36,667 lux, dan nilai

tingkat transparansi terendah adalah 117,667 lux. Hasil dari penelitian ini dapat digunakan oleh para penggiat 3D Printing untuk membantu para pengguna objek 3D transparan dalam menyelesaikan pekerjaannya. [7]. Uji impak merupakan salah satu metode pengujian yang sering dipakai untuk mencari tahu kekuatan, kekerasan, dan keuletan suatu material, dan oleh karena itu pengujian impak banyak dipakai saat akan menguji sifat mekanik yang dimiliki pada material [8]. Dalam pembuatan 3D Printing dibutuhkan bahan yang berbentuk filamen. Polycarbonate (PC) merupakan suatu kelompok polimer termoplastik, mudah dibentuk dengan menggunakan panas [9]. Taguchi adalah suatu metode yang memiliki prinsip pada peningkatan mutu dengan cara meminimalkan pengaruh dari penyebab-penyebab perubahan tanpa membuat hilang penyebab itu sendiri [10].

## 2. METODE PENELITIAN

Kemudian Penelitian ini menggunakan bahan *filament* PC (*polycarbonate*), *filament* PC terbuat dari plastik yang hampir sama dengan *filament* PLA. Penelitian ini yang menggunakan metode eksperimen metode ini digunakan untuk mendapatkan *parameter* proses yang akan dilakukan.

Tabel 1. Nilai level dan parameter proses

Kode	Parameter	Level		
		1	2	3
A	Printing speed	40	45	50
B	Infill layer thickness	0.2	0.25	0.3
C	Wall thickness	2.0	2.5	3.0
D	Print temperature	250	255	260

### 2.1 Alat penelitian

Mesin 3D *printing* FDM

Mesin 3D *printing* FDM (*Fused Deposition Modeling*) REXYZ A1, dengan build size 180 mm x 180 mm x 180 mm dan *single*nozzle ditunjukkan pada Gambar 1.

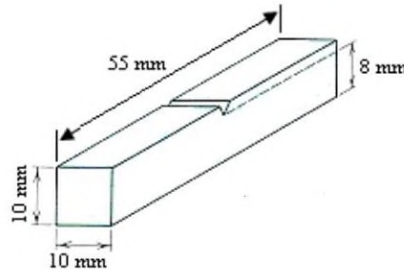


Gambar 1. Mesin 3D *Printing* REXYZ A1

## 2.2 Objek Penelitian

Pada penelitian ini desain material spesimen menggunakan standar ASTM E23 05 dengan ukuran panjang 55 mm, lebar 10 mm, tinggi 10 mm, dan memiliki takik sedalam 2 mm, dan memiliki sudut 45° serta

didesain menggunakan software Fusion 360 dan untuk memasukkan faktor yang akan dicetak menggunakan software slicing Ultimaker Cura 5.1.1. Untuk desain specimen terdapat pada Gambar 2.



Gambar 2. Software slicing Ultimaker

Pada Gambar 2 digunakan untuk proses pencetakan spesimen/benda uji

impak Selanjutnya. Data Proses pencetakan benda uji ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Proses Pencetakan Benda Uji



Gambar 4. Hasil Proses Pencetakan Benda Uji

Setelah semua proses selesai, maka selanjutnya melakukan uji menggunakan alat uji *uji impak charpy* untuk mengukur kekuatan material spesimen agar

dapat mengetahui nilai kekuatan material spesimen. Berikut pengambilan data nilai uji spesimen ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Alat uji impak Charpy

Spesifikasi alat uji impak GOTECH Model GT-7045  
- Berat pendulum : 2.5 kg

- Sudut posisi awal pendulum : 150°  
- Jarak lengan pengayun : 0.4m

2.3 Metode yang digunakan

Kemudian selanjutnya Metode yang digunakan untuk penelitian ini adalah dengan melakukan studi literatur untuk mendapatkan nilai tertinggi dan terendah dari spesimen 27 sampel yang dicetak pada mesin 3D *printing* kemudian melakukan uji impact. Setelah data uji impact diperoleh, selanjutnya akan dilakukan analisa menggunakan tabel kemudian dari hasil yang diperoleh akan dapat nilai tinggi berdasarkan hasil analisa data. Kemudian

akan dibuat simpulan dalam tampilan grafik analisa.

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pegambilan data penelitian ini dilakukan dengan cara mencetak spesimen/benda kerja uji dengan berbagai kombinasi parameter yang telah digunakan pada mesin 3D *printing* FDM. Adapun parameter yang terpilih untuk dikombinasikan yaitu *printing speed*, *infill layer thickness*, *wall thickness*, *print temperature*.

Tabel 2. Desain Faktorial Penelitian taguchi L9 OA.

<i>Printing speed</i>	<i>Infill layer thickness</i>	<i>Wall thickness</i>	<i>Print temperature</i>
40	0.2	2.0	250
40	0.2	2.0	250
40	0.2	2.0	250
40	0.25	2.5	255
40	0.25	2.5	255
40	0.25	2.5	255
40	0.3	3.0	260

Tabel 2 digunakan untuk mencetak spesimen/benda uji impact. Selanjutnya spesimen dicetak tiga replikasi setiap eksperimennya. Data level setiap parameter dimasukan kedalam *software slincing* agar mendapatkan *G-code* untuk proses pencetakan.

3.1 Hasil Data Uji Impact

Spesimen yang telah selesai dicetak kemudian akan dilakukan proses pengujian impact menggunakan alat uji impact GOTECH Model GT-7045 pada Gambar 6.



Gambar 6. Proses pengujian impact

Tabel 3. Hasil Perhitungan Rata - rata Uji Tarik

Experimen	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	Rata-Rata (MPa)
1	0,029	0,03	0,03	0,03
2	0,031	0,03	0,031	0,031
3	0,03	0,03	0,029	0,03
4	0,028	0,028	0,027	0,028
5	0,03	0,03	0,029	0,03
6	0,028	0,028	0,028	0,028
7	0,025	0,027	0,026	0,026
8	0,027	0,027	0,027	0,027
9	0,03	0,029	0,029	0,029

Hasil rata - rata dari uji impact dalam tabel 2 ini menunjukkan hasil uji tarik yang berbeda. Pada parameter menghasilkan nilai uji impact dengan parameter proses yang berbeda. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan kombinasi *setting parameter* yang diperoleh dari hasil *parameter* proses yang optimum dengan *parameter* proses dan *level* yaitu : *printing speed* (40mm/s), *infill layer thickness* (0.2mm), *wall thickness* (2.0), dan *print temperature*(110°C), dengan uji impact dari 3 pengujian sebesar 0.031Mpa.

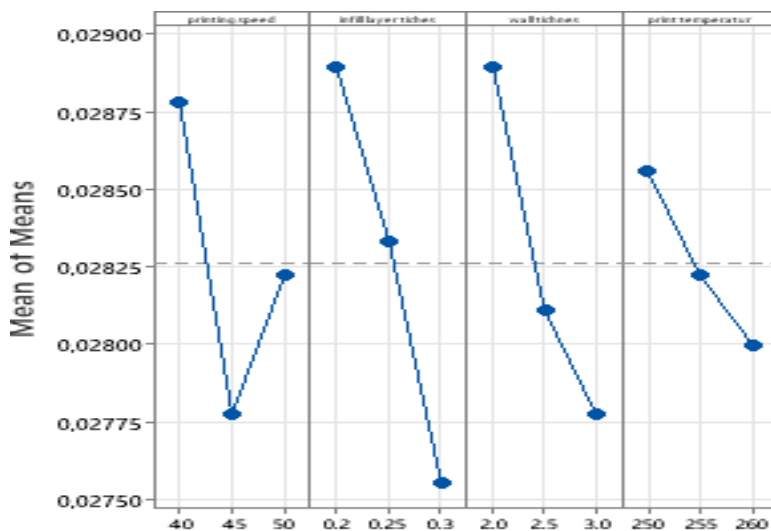
### 3.2. Pengolahan Data Hasil Eksperimen

Kemudian Pengolahan data hasil pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan parameter proses yang paling berpengaruh

terhadap hasil uji impact permukaan dengan menggunakan metode *taghuchi*. Proses pengolahan data ini menggunakan *software* analisis, dimana hasil dari data pengujian pada tabel 1. dimasukan kedalam *software* analisis Minitab guna mendapatkan hasil respon *Mean Plot* dan *S/N Ration* dengan kualitas "*lagger is batter*" karena semakin besar Semakin baik, nilai pada Tabel 3.6

#### 3.2.1 grafik mean plot

Berikut ini adalah tampilan *Analyze Taguchi Design* sehingga menampilkan hasil *Signal to Noise Ratio* dan *Means*. Hasil perhitungan *Mean Plot* ditunjukkan pada Tabel 4 dan gambar 7. Serta hasil perhitungan *SN Ratio* pada gambar 3.2 dan pada table 3.4 "*Larger is Better*".



Gambar 7. Grafik Mean plot harga impact

Berdasarkan Gambar 7 kemudian parameter yang paling berpengaruh terhadap mean harga impact adalah *printing speed* (40 mm/s), *infill layer thickness* (0,2 mm), *wall thickness* (2,0 mm), *print temperature* (250°C). Pengolahan data dari

hasil pengujian *impact* ini dilakukan untuk mendapatkan nilai harga impact yang optimal kemudian parameter yang mana paling berpengaruh dengan metode Taguchi.

Tabel 4. Mean plot harga impact "*Lager is better*"

	<i>Printing Speed</i>	<i>Infill Layer Thicknes</i>	<i>Wall Thicknes</i>	<i>Print Temperature</i>
1	0,02878	0,02889	0,02889	0,02856
2	0,02778	0,02833	0,02811	0,02822
3	0,02822	0,02756	0,02778	0,02800
Delta	0,00100	0,00133	0,00111	0,00056
Rank	3	1	2	4

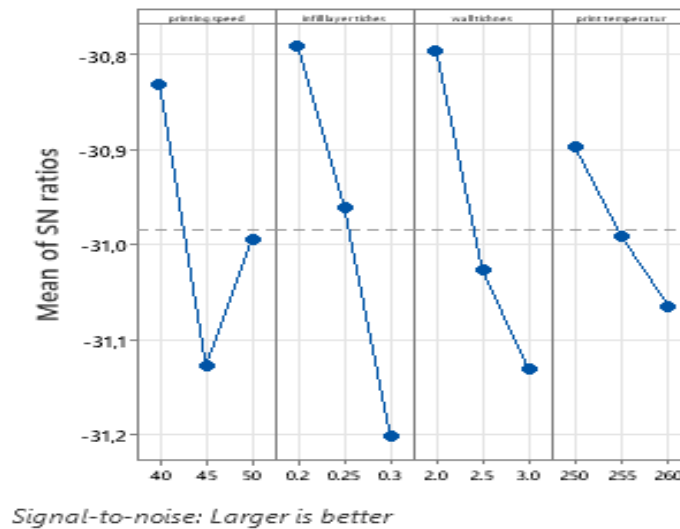
#### 3.2.2 Grafik S/N Ratio

Berdasarkan Gambar 8 *parameter* proses yang paling berpengaruh besar

terhadap uji impact yaitu *infill layer thickness*. Untuk pengaruh *parameter* proses secara berturut-turut yaitu *printing speed*, *infil layer*

*thickness, wall thickness, print temperature.* Secara berturut-turut *parameter* proses yang sangat berpengaruh besar serta *level faktor*

yang optimal dan nilai S/N Rasio yaitu ditunjukkan pada Tabel 5.



Gambar 8. Grafik S/N Ratio Larger is Better

Tabel 5. Perhitungan S/N Ratio Larger is better

	Printing Speed	Infill Layer Thicknses	Wall Thicknes	Print Temperature
1	-30,83	-30,96	-30,80	-30,90
2	-31,13	-31,20	-31,03	-30,99
3	-30,99	-30,79	-31,13	-31,06
Delta	0,30	0,41	0,34	0,17
Rank	3	1	2	4

Berdasarkan Gambar 8 *parameter* proses yang paling berpengaruh besar terhadap uji impact yaitu infill layer thickness. Dan untuk pengaruh *parameter* proses secara berturut-turut yaitu *printing speed, infil layer thickness, wall thickness, print temperature.* Secara berturut-turut *parameter* proses yang sangat berpengaruh besar serta *level faktor* yang optimal dan nilai S/N Rasio yaitu ditunjukkan pada Tabel 5.

#### 4. SIMPULAN

Dari data hasil uji impact pada Tabel 3. didapat bahwa nilai rata-rata hasil uji impact yang tertinggi berada pada eksperimen 2 nomor dengan nilai 0.031 joule dan untuk nilai uji impact terendah berada pada eksperimen nomor 7 dengan nilai 0.026 Joule. Kemudian nilai optimum parameter yang paling berpengaruh terhadap uji impact adalah *printing speed (40 mm/s), infill layer thickness (0,2 mm), wall thickness (2,0 mm), print temperature (250°C).*

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pristiansyah, P., Hasdiansah, H., & Sugiyarto, S. (2019). Optimasi Parameter Proses 3D Printing FDM Terhadap Akurasi Dimensi Menggunakan Filament Eflex. *Manutech: Jurnal Teknologi Manufaktur*, 11(01), 33-40.
- [2] Febriansyah, R., Anggry, A., & Pristiansyah, P. (2022, February). Pengaruh Parameter Proses Terhadap Uji Impact Pada 3d Printing Material ABS. In *Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan* (Vol. 2, No. 01, pp. 247-253).
- [3] Soejanto, I. (2009). Desain eksperimen dengan metode taguchi. *Yogyakarta: Graha Ilmu.*
- [4] Irfany, O. R., Suzen, Z. S., & Ariyanto, A. (2021, August). Pengaruh Parameter Proses 3d Printing Terhadap Kekuatan Impact Menggunakan Metode Charpy Pada Filamen PLA. In *Seminar Nasional*

- Inovasi Teknologi Terapan* (No. 01, pp. 196-202).
- [5] Putra, W. T., Ismono, I., Fadelan, F., & Winardi, Y. (2017). Analisa Hasil Uji Impak Sampah Plastik Jenis PP, PET, dan Campuran (PP+ PET). *REM (Rekayasa Energi Manufaktur) Jurnal*, 2(1), 51-56.
- [6] Seprianto, D., & Wilza, R. (2017, November). Optimasi Parameter Pada Proses Pembuatan Objek 3d Printing Dengan Teknologi Fdm Terhadap Akurasi Geometri. In *Seminar Nasional Teknik Industri 2017 Universitas Gadjah Mada*.
- [7] Pristiansyah, P., & Herianto, H. (2018). Pengaruh Parameter 3D Printing Terhadap Transparansi Produk yang Dihasilkan. In *Prosiding SEMNAS INOTEK (Seminar Nasional Inovasi Teknologi)* (Vol. 2, No. 1, pp. 181-186).
- [8] Handoyo, Y. (2013). Perancangan alat uji impact metode charpy kapasitas 100 joule. *jurnal ilmiah teknik mesin*, 1(2), 45-53.
- [9] Nurtanto, D., & Hasanuddin, A. (2014). Desain Pelat Beton Berpori Dengan Polikarbonat.
- [10] Nana Fitria (2019). "Analisis Metode Desain Eksperimen Taguchi Dalam Optimasi Karakteristik Mutu". (Universitas Islam Negeri Malik Ibrahim Malang) Skripsi
- [11] [https://digiwarestore.com/id/digiware-news/54\\_memilih-filament-untuk-3d-printer](https://digiwarestore.com/id/digiware-news/54_memilih-filament-untuk-3d-printer)
- [12] <http://irenamusdalifah.it.student.pens.ac.id/3D%20PRINTING.htmls>