

Pengaruh *Layer Height*, *Nozzle Temperature*, dan *Printing Speed* Terhadap Tingkat Kekasaran pada Keycaps Mechanical Keyboard dengan Filamen 3d Printing Polyethylene Terephthalate Glycol (PETG)

M.H Evan Tofianto*, Dwi Djumhariyanto, Muhammad Trifiananto, Ahmad Syuhri, Agus Triono

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember

Jl. Kalimantan No 37, Jember, Jawa Timur

*Email: trifiananto@unej.ac.id

Abstract

This study aims to determine the roughness level of mechanical keyboard keycaps with PETG filament. In this study, the 3D printing technique used is FDM which is the most popular 3D printing manufacturing technique. This research measures the roughness of keycaps based on PETG (Polyethylene terephthalate glycol) with a combination of parameters free of layer height, nozzle temperature, and printing speed. Using the Taguchi orthogonal array (44) with 4 levels for each factor was used to determine the effect of each parameter on surface roughness. Each of the 16 experiment repeated 3 times to minimize the occurrence of errors. Layer height, nozzle temperature, and printing speed have the respective effect of 76.9%, 9.17%, and 2.89%, on surface roughness. nozzle temperature, and printing speed is considered a parameter that has no impact on tensile strength. The layer height parameter shows that the lower the value, the better surface roughness its produced. Furthermore, the best combination of layer height of 0.12 mm, nozzle temperature of 220°C, and printing speed 60 mm/s, is the optimum combination of parameters which has the lowest surface roughness of 1.906 μm.

Kata kunci: : FDM, 3D printing, PETG, Surface roughness, Keycaps

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat kekasaran keucaps keyboard mekanik dengan menggunakan filamen PETG. Pada penelitian ini, teknik 3D printing yang digunakan adalah metode FDM yang merupakan teknik pembuatan 3D printing yang paling populer. Penelitian ini mengukur kekasaran keycaps berbasis PETG (Polyethylene terephthalate glycol) dengan kombinasi parameter bebas dari tinggi lapisan, suhu nozzle, dan kecepatan pencetakan. Menggunakan array ortogonal Taguchi (44) dengan 4 level untuk setiap faktor digunakan untuk mengetahui pengaruh setiap parameter terhadap kekasaran permukaan. Masing-masing dari 16 percobaan diulang 3 kali untuk meminimalkan terjadinya kesalahan. Tinggi lapisan, suhu nozzle, dan kecepatan pencetakan memiliki pengaruh masing-masing sebesar 76,9%, 9,17%, dan 2,89%, terhadap kekasaran permukaan. suhu nozzle, dan kecepatan pencetakan dianggap sebagai parameter yang tidak berdampak pada kekuatan tarik. Parameter tinggi lapisan menunjukkan bahwa semakin rendah nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan semakin baik. Selanjutnya kombinasi terbaik antara tinggi lapisan 0,12 mm, suhu nozzle 220°C, dan kecepatan cetak 60 mm/s, merupakan kombinasi parameter optimum yang memiliki kekasaran permukaan terendah sebesar 1,906 μm.

Kata kunci: FDM, pencetakan 3D, PETG, Kekasaran permukaan, Keycaps

1. Pendahuluan

Pengembangan 3D *printing* sebagai salah satu metode baru dalam pembuatan entitas yang diperlukan akan terus berkembang. Sehingga 3D *printing* dapat menjadi solusi efektif lain untuk alternatif manufaktur konvensional [1 2]. Dalam 3D *printing*, teknologi yang sering dijumpai adalah *Fused Deposition Modeling* atau biasa disingkat (FDM). Prinsip kerja FDM adalah mengekstrusi termoplastik melalui nosel panas pada titik leleh suhu, dan kemudian produk dibuat berlapis-lapis [3]. Bahan PETG adalah polimer dengan tambahan glikol. PETG umumnya diterapkan sebagai isolator listrik serta implan medis dan kemasan medis [4 5]. Salah satu karakteristik geometrik yang ideal dari suatu komponen adalah permukaan yang halus. Dalam prakteknya adalah tidak mungkin untuk mendapatkan komponen dengan permukaan yang benar-benar halus. Dalam pencetakan 3D, tingkat kekasaran sangat dipengaruhi oleh pengaturan parameter yang digunakan selama proses pencetakan [6].

Keycaps merupakan salah satu produk yang menggunakan plastic sebagai materialnya. Keycaps pada keyboard merupakan salah satu produk yang menjunjung tinggi tingkat kekasaran permukaan. Setiap keycap memiliki umur. Rata-rata, itu ditekan 30 hingga 70 juta kali. Tombol keyboard saat ini masih diproduksi secara konvensional (*injection*

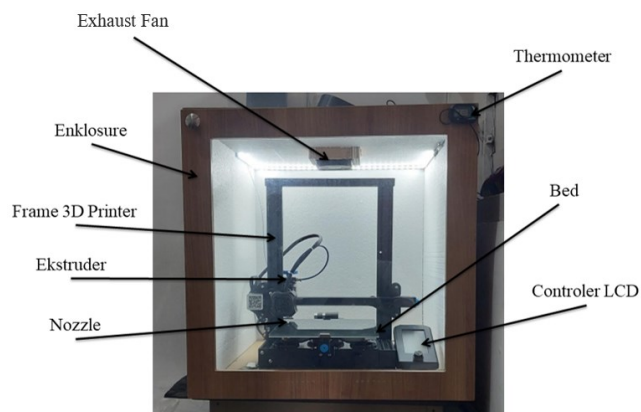
molding). Namun, saat ini banyak pengguna komputer menginginkan *keycaps custom* atau yang bisa disesuaikan dengan keinginan pribadi. Solusi yang biasa digunakan lainnya selain melalui *injection molding* adalah pencetakan 3D. Kenyamanan yang ditawarkan oleh proses pencetakan 3D dan banyaknya pilihan telah membuat popularitas *custom keypads* dengan pencetakan 3D semakin besar. Karena itu, penulis ingin mengetahui faktor optimum untuk menghasilkan produk *keycaps* dengan kekasaran terbaik tingkat.

Penelitian tentang *keycaps* keyboard mekanis pencetakan 3D sebelumnya dilakukan oleh Peerya Alec et. Al. (2018) [7], yang meneliti pembuatan keyboard switch menggunakan metode 3D printing. Penelitian mengenai tingkat kekasaran pada benda uji cetak 3D telah banyak dilakukan, umumnya dilakukan menggunakan bahan ABS dan PLA, seperti yang dilakukan oleh Pratama (2021) [8] yang menjalankan penelitian untuk menganalisa kekasaran permukaan proses pencetakan 3D pada filamen ST-PLA dengan parameter *layer height* (0.10mm, 0.15mm, 0.20mm, 0.25mm, 0.30mm), *printing speed* (40mm/s, 45mm/s, 50mm/s, 55mm/s, 60mm/s), *nozzle temperature* (190°C, 195°C, 200°C, 205°C, 210°C), *orientation* (0°, 22,5°, 45°, 67,5°, 90°), *flow rate* (90%, 95%, 100%, 105%, 110%), *cooling speed* (20%, 40%, 60%, 80%, 100%).

Penelitian ini menggunakan tiga parameter yaitu; *layer height* (0.12mm, 0.16mm, 0.2mm, dan 0.28mm), *nozzle temperature* (220 °C, 230 °C, 240 °C, dan 250 °C), serta *printing speed* (40mm/s, 50mm/s, 60mm/s, dan 70 mm/s). Peneliti tertarik untuk menemukan kombinasi parameter yang menghasilkan tingkat kekasaran yang paling optimal. Desain pada *keycaps* yang digunakan adalah custom Cherry MX red custom, sedangkan jumlah percobaan yang dilakukan adalah enam belas dan diulang sebanyak tiga kali. Dalam penelitian ini, metode yang digunakan untuk melakukan pengolahan data adalah Taguchi. Metode Taguchi sendiri berfungsi untuk meningkatkan proses dan karakteristik benda kerja dan menjaga biaya dan sumber daya untuk minimal [10].

2. Material dan metode penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menguji kekasaran permukaan *keycaps* 3D yang dicetak dengan filamen PETG. Langkah pertama dalam penelitian ini adalah merancang spesimen pencetakan 3D menggunakan Autodesk Inventor. Desain yang digunakan adalah *keycaps* custom Cherry MX red custom. Sementara pencetakan dilakukan menggunakan mesin 3D printing Creality Ender 3 seperti yang bias dilihat pada Gambar 1 a. Kemudian specimen yang telah dicetak akan dilakukan pengukuran tingkat kekasaran menggunakan mesin TR220 *surface roughness tester*, mesin uji bias dilihat pada Gambar 2. Langkah terakhir pada langkah ini adalah menganalisis data yang diperoleh dari hasil uji kekasaran permukaan pada spesimen dengan Minitab.



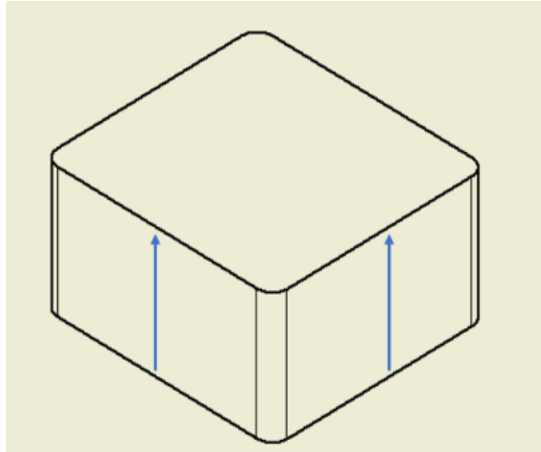
Gambar 1. Mesin 3D Printing



Gambar 2. Mesin TR220 Surface Roughness Tester

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini benda uji akan diukur pada kedua sisinya dengan menunjuk ke atas, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 di bawah ini, sedangkan spesimennya sendiri dapat dilihat pada gambar 4. Sehingga akan ada dua permukaan data kekasaran, selanjutnya kekasaran permukaan rata-rata akan dihitung. Tabel 1 menunjukkan bahwa eksperimen dengan nilai terendah tingkat kekasaran ada pada percobaan pertama dengan kombinasi parameter *layer height* 0,12 mm, *nozzle temperature* 220°C, dan *printing speed* 40 mm/s. Dalam pengulangan ketiga dari percobaan pertama didapatkan nilai kekasaran sebesar 1,719 μm . Sementara itu, level tertinggi kekasaran ada pada percobaan kelima belas pada pengulangan ketiga sebesar 17,82 μm . Lima belas percobaan memiliki kombinasi parameter tinggi lapisan 0,28 mm, suhu nozzle 23°C, dan pencetakan kecepatan 60 mm/s.



Gambar 3. Arah Pengukuran

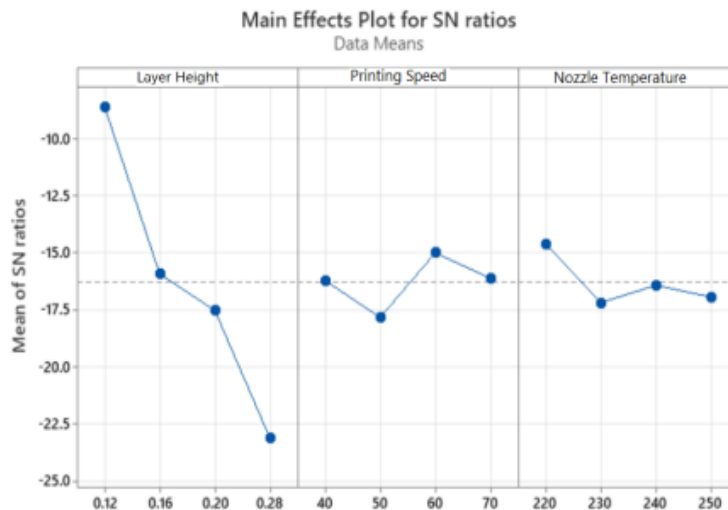


Gambar 4. Spesimen 3D printing setelah pengujian

Tabel 1. Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan

Exp.	Respon Kekasaran (μm)				Standar Deviasi
	A	B	C	Rata-rata	
1	2.099	1.971	1.719	2.056	0.193
2	5.363	2.644	1.887	4.456	1.827
3	2.356	2.654	2.536	2.455	0.15
4	3.152	2.867	2.93	3.057	0.149
5	5.784	5.389	5.624	5.652	0.196
6	10.053	6.201	8.765	8.769	1.96
7	7.581	6.807	7.262	7.323	0.338
8	5.664	4.189	3.201	5.172	1.239
9	14.49	13.025	13.19	14.001	0.802
10	9.743	11.02	7.365	10.168	1.854
11	3.11	3.843	2.415	3.354	0.71
12	7.657	6.482	9.027	7.265	1.273
13	11.495	12.265	11.89	11.751	0.385
14	12.89	12.715	12.2	12.831	0.358
15	16.74	17.41	17.82	16.963	0.545
16	15.385	16.375	16.44	15.715	0.591
Nilai Kekasaran Minimal				Exp.1	
Nilai Kekasaran Maksimal				Exp.15	

Rasio S/N digunakan untuk menyelidiki dan memilih parameter mana yang merupakan faktor yang paling berpengaruh dalam mengurangi respons kekasaran permukaan spesimen, yang mengubah data menjadi nilai dari variasi yang muncul. Dalam penelitian ini ditentukan bahwa rasio S/N yang dipilih lebih kecil adalah lebih baik, atau semakin kecil respons kekasaran spesimen, semakin baik. Rasio S/N kemudian dianalisis menggunakan aplikasi Minitab versi 20.3. Kemudian parameter tersebut diurutkan dari yang paling berpengaruh ke paling tidak signifikan pada spesimen dan dilampirkan dalam bentuk tabel efek utama dan grafik respons. Berikut adalah plot dan tabel pada Gambar 5 dan Tabel 2 di bawah ini.



Gambar 5. Plot rasio S/N

Tabel 2. Sinyal respon terhadap kebisingan

Smaller is better

Level	Printing		
	Layer Height	Speed	Nozzle Temp
1	-8.609	-16.217	-14.620
2	-15.931	-17.829	-17.187
3	-17.521	-15.003	-16.424
4	-23.103	-16.114	-16.932
Delta	14.494	2.826	2.567
Rank	1	2	3

Gambar 3 menunjukkan bahwa parameter tinggi lapisan memiliki kecenderungan penurunan tingkat kekasaran. Kecenderungan tersebut terjadi karena tinggi lapisan merupakan resolusi atau interlayer dari spesimen yang akan dicetak, jadi semakin kecil nilai tinggi lapisan yang digunakan maka semakin rapat interlayer pada permukaan spesimen dan berakhir menjadi permukaan spesimen dan semakin halus. Sementara suhu nozzle dan kecepatan pencetakan parameter tidak menemukan tren, terjadi kenaikan dan penurunan yang konsisten di beberapa titik. Nozel parameter suhu adalah pengaturan suhu nozzle yang digunakan dalam proses pencetakan. Jika suhu yang digunakan terlalu tinggi, akan mengakibatkan proses pendinginan yang lama dan berpotensi menyebabkan cacat sink. Selagi Parameter kecepatan cetak adalah kecepatan proses pencetakan dan nozzle yang dijalankan, jadi jika nozzle terlalu cepat, maka proses penempatan layer tidak akan merata dan konsisten. Dan sebaliknya jika gerakan nozzle terlalu lambat maka penempatan lapisan akan menggumpal. Juga berdasarkan Gambar 3, itu adalah menemukan bahwa tinggi lapisan 0,12 mm, suhu nozzle 220°C, dan kecepatan pencetakan 60 mm/s merupakan level dengan hasil cetakan spesimen yang paling optimal.

Hasil ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Pratama (2021) [8] dan Taufik Ikhwan dkk. (2020) [9]. Dalam penelitian Pratama (2021), plot rasio S/N menunjukkan bahwa tinggi lapisan yang memiliki grafik tren menurun, menunjukkan bahwa parameter sangat fluktuatif. Dengan kata lain, tingkat tambahan pada ketinggian lapisan akan menghasilkan spesimen yang lebih kasar. Sedangkan untuk nozel parameter suhu dan kecepatan pencetakan, tidak ada tren yang ditemukan, yang berarti bahwa di luar tingkat parameter optimal, perubahan parameter tidak menyebabkan perubahan tambahan pada spesimen hasil kekasaran. Penelitian Taufik Ikhwan dkk. (2020) [9] juga mendukung pernyataan ini dimana ada tidak ada peningkatan bertahap dalam parameter kecepatan pencetakan. Tingkat pengaruh parameter proses terhadap respon dapat dilihat pada tabel respon. Tabel respon menunjukkan tingkat pengaruh dengan melihat delta atau nilai yang paling signifikan perbedaan antara tingkat parameter. Tabel respon berdasarkan nilai SNR menunjukkan hasil yang berbeda untuk parameter yang berbeda. Tabel 2 menunjukkan bahwa tinggi lapisan memiliki pengaruh tertinggi dengan nilai delta sebesar 14,494 sedangkan temperatur nozzle memiliki pengaruh paling rendah dengan delta sebesar 2,567.

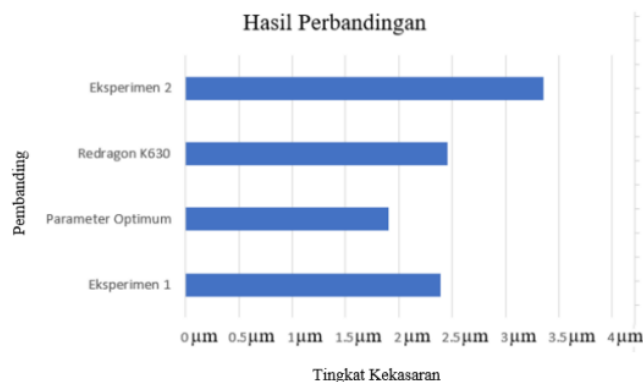
Tabel analisis varians disajikan pada Tabel 3. Kontribusi masing-masing parameter proses untuk respon kekasaran permukaan dapat dilihat dengan membagi parameter Seq SS dengan total Seq SS. Setelah dihitung, ternyata parameter yang paling berpengaruh dalam kekasaran level adalah tinggi lapisan dengan persentase 76,9%, diikuti suhu nozzle dengan persentase 9,17%, dan kecepatan cetak dengan porsi 2,89%.

Tabel 3. Analisis varians parameter proses

Parameter	V	SS	MS	F
Layer Height	3	428.21	142.736	6.99
Nozzle Temperature	3	51.1	17.3	0.834
Printing Speed	3	16.1	5.36	0.262
Error	0	61.25	-	-
Total	9	556.66		

Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat bahwa nilai F hitung untuk setiap parameter berbeda-beda. Dalam parameter tinggi lapisan, nilai F yang diperkirakan mencapai 6,99, jauh lebih besar dari nilai F tabel, yaitu 4,26. Hal ini membuktikan bahwa tinggi lapisan merupakan parameter dengan pengaruh paling signifikan, yaitu 76,9%. Sedangkan suhu nozzle memiliki nilai F hitung sebesar 0,834, dan kecepatan pencetakan memiliki nilai F estimasi sebesar 0,262, jauh lebih kecil dari nilai F tabel sebesar 4,26. Jadi bisa disimpulkan bahwa parameter yang berpengaruh signifikan adalah tinggi lapisan. Sebaliknya, suhu nosel dan parameter kecepatan pencetakan memiliki sedikit efek dan tidak dapat dinyatakan sebagai pengaruh yang berkontribusi menurut analisis ANOVA.

Pada Gambar 3. Ditemukan bahwa kombinasi parameter tinggi lapisan 0,12 mm, nozzle suhu 220°C, dan kecepatan pencetakan 60 mm/s adalah kombinasi parameter dengan yang paling tingkat kekasaran yang optimal. Namun, dari 16 percobaan yang telah dilakukan, tidak ada eksperimen dengan kombinasi parameter ini. Jadi penulis melakukan tes konfirmasi untuk memastikan bahwa kombinasi tersebut menghasilkan nilai kekuatan tarik tertinggi. Dalam uji konfirmasi, kami menemukan bahwa kombinasi tinggi lapisan parameter 0,12 mm, suhu nozzle 220°C, dan kecepatan pencetakan 60 mm/s menghasilkan spesimen dengan parameter tingkat kekasaran dengan rata-rata kekasaran 1.906 µm. Jadi dapat dipastikan bahwa kombinasi membuat spesimen dengan kekasaran paling optimal. Setelah itu, penulis ingin membandingkan apakah hasil keycaps 3D printing dapat bersaing dengan keycaps konvensional dalam hal tingkat kekasaran. Penulis memilih keycaps dari keyboard dengan merek Redragon K630 sebagai pembandingan dari 3D pencetakan keycaps. Pengujian pada keycaps perbandingan dilakukan dengan metode yang sama dan berulang tiga kali. Setelah pengujian kami menemukan bahwa tingkat kekasaran rata-rata pada Redragon K630 adalah 2,3908 µm

**Gambar 6.** Hasil komparasi

Tabel 1 jika dibandingkan dengan enam belas pengujian yang telah dilakukan. Pertama percobaan dengan kombinasi parameter tinggi lapisan 0,12 mm, suhu nozzle 220°C, dan kecepatan cetak 40 mm/s mampu menghasilkan benda uji dengan tingkat kekasaran 2.056 µm. Kita dapat disimpulkan bahwa percobaan pertama menghasilkan sampel yang lebih halus dari rata-rata kekasaran di Redragon K630. Sedangkan pada percobaan ketiga dengan kombinasi parameter tinggi lapisan 0,12 mm, suhu nozzle 240°C, dan kecepatan pencetakan 60 mm/s, dan sebelas percobaan dengan berbagai parameter tinggi lapisan 0,20 mm, suhu nosel 220°C dan, dan kecepatan pencetakan 60 mm/s kedua percobaan menghasilkan benda uji dengan tingkat kekasaran 2.455 µm dan 3.354 µm. Dimana keduanya membuat spesimen yang lebih kasar dari Redragon K630, untuk hasil perbandingan yang lengkap dapat dilihat pada Gambar 6. Perbandingan ini menunjukkan bahwa keycaps pencetakan 3D dapat bersaing dengan keycaps konvensional dalam hal dari kekasaran. Dimana dengan optimasi, dapat menjadikan pencetakan 3D sebagai metode baru untuk manufaktur keycaps. Selain itu, tingkat kekasaran yang dihasilkan oleh 3D printing lebih halus dari konvensional keycaps.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, parameter tinggi lapisan memiliki pengaruh paling tinggi terhadap permukaan kekasaran sebesar 76,9%. Semakin besar nilai tinggi lapisan yang digunakan untuk mencetak spesimen, semakin kasar spesimen akan, di mana nilai level optimum adalah 0,12 mm. Suhu nosel 220°C memiliki respon kekasaran permukaan tertinggi, diikuti oleh 230°C, 240°C, dan 250°C. Suhu nosel memiliki berpengaruh terhadap kekasaran permukaan benda uji dengan kontribusi sebesar 63,6 %. Suhu nosel memiliki kontribusi terhadap respon kekuatan tarik sebesar 9,17%. Kecepatan pencetakan memiliki pengaruh yang paling rendah yaitu 2,89%, sehingga

suhu nozzle dan kecepatan pencetakan dianggap bukan merupakan faktor yang mempengaruhi respon kekasaran permukaan benda uji. Kombinasi tinggi lapisan parameter 0,12 mm, suhu nozzle 220°C, dan kecepatan cetak 60 mm/s menghasilkan spesimen dengan parameter tingkat kekasaran dengan rata-rata kekasaran 1.906 µm. Dengan kesimpulan bahwa pencetakan 3D keycaps dapat menghasilkan spesimen dengan tingkat kekasaran yang lebih rendah dibandingkan dengan keycaps konvensional.

Daftar Pustaka

- [1] Shahrudin, N., Lee, T. C., Ramlan, R., Lee, T. C., & Ramlan, R, 2019, “An Overview on 3D Printing Technology : Technological , Materials , and Technology Applications. *Procedia Manufacturing*,” 1: 1286–1296.
- [2] Attaran, M, 2017, “The rise of 3-D printing : The advantages of additive manufacturing over traditional manufacturing. *Business Horizons*,” 60: 1–12
- [3]. Pristiansyah, Hasdiansyah, Sugiyarto, 2019,” Optimasi Parameter Proses 3D Printing FDM Terhadap Akurasi Dimensi Menggunakan Filament Eflex. *Manutech : Jurnal Teknologi Manufaktur*,” 11: 34–40..
- [4] Devsingh, D., Reddy, A. R., & Arjula, S, 2018,”Characterization of Additive Manufactured PETG and Carbon Fiber-PETG. *International Journal for Research in Engineering Application & Management (IJREAM)*.” 2: 152-156.
- [5] Srinivasan, R., Prathap, P., Raj, A., Kannan, S. A., & Deepak, V., 2020,” Influence of fused deposition modeling process parameters on the mechanical properties of PETG parts. *Materials Today: Proceedings*,” 27: 1877–1883
- [6] Munadi, S, 2017,” Pengukuran Kekasaran Permukaan. *Panduan Pengajar Buku Dasar-Dasar Metrologi Industri*,”: 1–25.
- [7] Peerya Alec, Sormaza Dušan, 2018, “3D Printed Composite Keyboard Switches” 17: 357-362.
- [8] Pratama, Y. B. 2021. Analisis Kekasaran Permukaan Proses Mesin 3d Printing pada Filamen ST-PLA Menggunakan Metode Taguchi. *Tugas Akhir*, Bangka Belitung: Program Diploma VI Program Studi Teknik Mesin dan Manufaktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung
- [9] Taufik, I. Budiono, H. S. Herianto, H. Andriyansyah, D, 2020, “ Pengaruh Printing Speed Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Hasil Additive Manufacturing Dengan Polylactic Acid Filament. *Journal of Mechanical Engineering*,” 4: 15–20
- [10] Soejanto, I., 2009, *Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi* (Edisi1). Yogyakarta: Graha Ilmu.