

Optimasi Parameter 3D Printing Terhadap Kualitas Produk Bahan *Acrylonitrile Butadiene Styrene*

Sobron Yamin Lubis¹, Abrar Riza², Alvian Hartanto Wijaya³, Silvi Ariyanti⁴

^{1,2,3}Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tarumanagara
Jl. Letjen S. Parman No. 1 Jakarta 11440, Indonesia

⁴Prodi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Mercubuana
Jl. Meruya Selatan, Kembangan, Jakarta Barat 11650

Email: sobronl@ft.untar.ac.id, abrarr@ft.untar.ac.id,
Alvianhartanto69@gmail.com, Ariyantasilvi41@gmail.com

Abstrak

Sebelum produk dibuat dalam jumlah massal, maka terlebih dahulu dibuat prototype, pembuatan prototype cepat (*rapid prototyping*) dapat dilakukan dengan 3D printing. Adalah penting untuk menghasilkan kondisi permukaan yang baik yaitu nilai kekasaran permukaan yang kecil menunjukkan kondisi permukaan benda kerja adalah baik. Pada proses 3D printing terdapat tiga parameter proses yang mempengaruhi kondisi permukaan benda kerja tersebut yaitu kecepatan cetak, temperatur dan tebal layer. Untuk menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang baik maka harus dapat ditentukan kombinasi parameter proses 3D printing yang optimal. Berdasarkan hal tersebut maka penelitian ini dilakukan. Penelitian dilakukan dengan metode eksperimen. Percobaan dilakukan menggunakan mesin 3D printing, dan bahan yang digunakan sebagai filamen adalah *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS). Model didesain menggunakan software fusion 360 berbentuk sebuah piston. Eksperimen ini dilakukan dengan variasi parameter proses yaitu kecepatan printing 60,70, dan 80 mm/s, temperatur 240,250 dan 260 °C, dan tebal layer 0,1, 0,2, dan 0,3 mm. Untuk setiap hasil proses 3D printing dilakukan pengukuran kekasaran permukaan menggunakan *surface roughness test*. Nilai yang dihasilkan kemudian dianalisis dengan metode Taguchi. Hasil yang diperoleh yaitu kombinasi parameter proses 3D pada kecepatan pencetakan 60mm/s, temperatur pencetakan 240 °C, dan tebal layer 0.1 mm.

Kata Kunci: Kekasaran permukaan, optimasi parameter, bahan ABS, metode Taguchi.

Abstract

Rapid prototyping is carried out using selective laser sintering methods, stereo lithography apparatus, laminated object manufacturing, and fused deposition molding. Among these methods fused deposition modeling using 3D printing (additive manufacturing) is widely used in prototyping. In operation there are several parameters that are used to produce good surface conditions. This research was conducted with the aim of determining the optimal parameters for the 3D printing process of Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) material in order to produce good quality workpiece products. The research was conducted using the Fused Deposition Modeling method. To achieve the research objective, the 3D printing process is carried out by varying the process parameters. Filament for 3D type ABS. The results of the 3D printing process are then measured for surface roughness to see the quality of the product. Experimental data were analyzed using the Taguchi method. The results obtained to produce good surface quality are using a printing speed of 60 mm/s, a printing temperature of 240 °C, and a layer height of 0.1 mm.

Keywords: *surface roughness, parameter optimization, material ABS. Taguchi Method.*

PENDAHULUAN

Kunci untuk mendapatkan kembali daya saing dalam kebanyakan desain dan industri manufaktur adalah kualitas, produktivitas, mengurangi biaya, kepuasan pelanggan, dan responsif dalam membawa produk baru ke pasar.

Tingginya persaingan yang terjadi antar pabrikan hal ini memicu untuk melakukan pengembangan dalam system produksi yang efisien, tepat waktu dan mampu menghasilkan produk berkualitas. Untuk merealisasikan suatu konsep desain agar menjadi bentuk produk massal konsumen juga menuntut proses produksi yang secepat mungkin. Hal yang demikian

mengarahkan berbagai pengembangan proses produksi baik dari sisi desain, *planning* maupun pelaksanaan proses di *floor* produksi. Untuk mencapai konsep desain produksi massal, salah satu metode yang dapat digunakan adalah pembuatan prototype cepat (*rapid prototyping*). Dalam dunia pemrosesan makro, pembuatan prototype cepat atau additif manufaktur (AM), metode ini sering disebut pencetakan 3D, metode ini begitu cepat populer, karena memungkinkan untuk produksi prototype yang sesuai dengan desain akhir dalam hal bentuk, kesesuaian dan fungsi (Lifton, 2014).

Kualitas yang baik pada proses 3D di tunjukkan dengan kondisi permukaan yang memiliki nilai kekasaran permukaan yang kecil (halus), nilai kekasaran permukaan tersebut untuk setiap prototype produk adalah tidak sama, bergantung kepada nilai yang dihasilkan dari perancangan. Pada proses pencetakan 3D printing terdapat beberapa parameter proses yang mempengaruhi dalam pembuatan produk tersebut terhadap kekasaran permukaan dan waktu proses yang di capai. Parameter proses tersebut antara lain kecepatan pencetakan, temperatur pencetakan dan tebal layer. Adalah sulit untuk menetapkan kombinasi parameter proses tersebut ketika ingin menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang baik pada saat proses pembentukan prototype bahan ABS. Perbedaan penggunaan parameter proses tentunya menghasilkan kondisi permukaan yang berbeda pula, sehingga perlu diketahui suatu kondisi parameter proses yang optimum dalam pembuatan prototype yang menggunakan bahan ABS.

Berdasarkan hal tersebut di atas, maka penelitian ini di lakukan dengan tujuan agar dapat menentukan kombinasi parameter proses 3D printing yang optimal ketika menghasilkan produk bahan ABS yang berkualitas baik dengan menggunakan metode Taguchi. Penelitian yang dilakukan oleh Radhwan (2019) menggunakan desain metode eksperimen (*respon surface method & metode Taguchi*) untuk menentukan parameter penting dan levelnya dalam meningkatkan kekuatan dan permukaan kualitas part dengan melakukan beberapa percobaan.

TINJAUAN PUSTAKA

Menurut Tseng dan Tanaka (2000), bahwa dalam penerapan implementasi *rapid prototyping* pada proses manufaktur terbukti mampu secara cepat memberikan *feed back* (umpan balik) pada konsep desain, dan mengeliminasi ketidak konsistenan suatu konsep desain sebelum dilakukan proses manufaktur. Sehingga secara signifikan dapat mereduksi *cycle time* dalam produksi, meningkatkan kualitas produk dan mereduksi biaya perawatan mesin.

Secara umum teknologi *layer manufacturing* dalam prosesnya tidak membutuhkan peralatan bantu maupun mesin perkakas. Pembuatan produk 3D dapat langsung dilakukan dari data grafis komputer dan di cetak menggunakan printer secara lapis demi lapis. (Beaman *et al.*, 1997).

Manufaktur aditif (AM), umumnya dikenal sebagai pencetakan 3D, dapat didefinisikan sebagai proses penyambungan bahan membuat bagian-bagian dari data model 3D, biasanya dilakukan secara lapis demi lapis (Lee, 2017).

Pencetakan 3D memiliki beberapa keunggulan: (a).dapat menghasilkan part dengan bentuk kompleks, yang sulit diproduksi menggunakan konvensional proses manufaktur; (b) dapat membuat bagian-bagian dengan karakteristik baru (Liu, 2018); dan (c) itu mengurangi surplus material, mengurangi biaya produksi. Inilah alasannya mengapa pencetakan 3D menjadi populer dalam jangka waktu yang sangat singkat (Mahmood, 2020).

Proses rapid prototyping pada dasarnya bermula dari sumber data grafis yang diperoleh dalam bentuk tiga dimensi (3D) desain yang dilakukan dengan menggunakan software fusion 360 sehingga menghasilkan model solid (*prototype*).

Fused Deposition Modeling adalah proses yang menggunakan teknik konvensional serupa, injection molding pembentukan produk. Yang berbeda tentang cetakan menggunakan Mesin FDM ini, tidak menggunakan housing atau moulding apapun untuk membentuk produk tetapi menggunakan platform yang memiliki permukaan rata seperti kaca dan baja. Prosesnya melibatkan lelehan plastik atau lilin diekstrusi oleh nosel ujung panas yang menelusuri bagian geometri cross sectional lapis demi lapis (Nazan, 2006) & (Novakova, 2013).

Ekstrusi material adalah salah satu proses pembuatan aditif di mana material didorong keluar melalui nosel ketika tekanan konstan diterapkan. Bahan yang diekstrusi akan disimpan dengan kecepatan konstan dan mengeras sepenuhnya pada substrat setelah keluar dari nosel (Lee, 2017).

Dengan mempertimbangkan semua parameter, akurasi dimensi terutama dipengaruhi oleh ketebalan lapisan dan kecepatan cetak, sedangkan kekasaran permukaan tergantung pada sudut kemiringan permukaan dan seterusnya ketebalan lapisan. Konsumsi energi dan produktivitas terutama dipengaruhi oleh kecepatan pencetakan dan ketebalan lapisan. Meskipun interaksi antara parameter pencetakan dapat bermanfaat bagi hasilnya, parameter tersebut juga dapat menghambat proses. Secara umum, terlihat jelas ketebalan lapisan dan pencetakan kecepatan mendominasi parameter lain dalam kepentingannya dan biasanya menentukan hasil dari proses pencetakan (Elkasser, 2020).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental. Pada eksperimen ini parameter proses divariasikan yaitu: kecepatan, suhu pencetakan, dan tebal layer (lapisan) filament yang dikeluarkan melalui *nozzle* pada *3D printing*. Bahan dan peralatan yang digunakan antara lain:



Gambar 1. Bahan Polimer ABS



Gambar 2. 3D Printer



Gambar 3. Alat ukur Kekasaran Permukaan (*Surface Roueghnes Test*)

Prosedur Penelitian

Untuk mencapai objektif penelitian tahapan yang di sebagai berikut :

1. Menyiapkan objek dalam bentuk sebuah part elemen mesin (piston) yang kemudian di desain dan di ukur dimensinya.
2. Melakukan pengukuran dimensi objek (piston), dan membuat gambar 3D (panjang 60 mm, diameter 54 mm) dan merubah scala menjadi 1:2
3. Melakukan preview pada gambar 3D terhadap objek (piston) untuk melihat posisi sebelum di lakukkann proses pencetakan. Proses ini dilakukan untuk memastikan bahwa area yang akan di cetak adalah benar.
4. Menentukan parameter proses *3D printing* sebagaimana yang disampaikan pada Tabel 1.
- 5.

Tabel 1. Parameter Proses *3D Printing*

No	Kecepatan Pencetakan (mm/s)	Temp. Pencetakan (°C)	Tebal layer (mm)
1	60	240	0.1
2	70	250	0.2
3	80	260	0.3

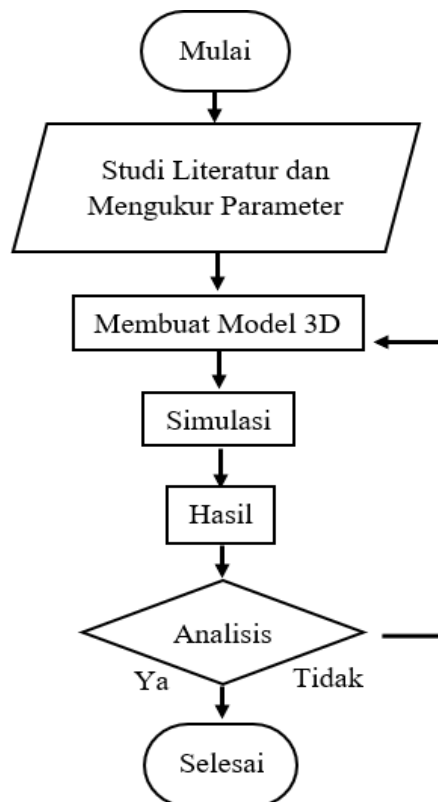
1. Melakukan proses pencetakan 3D printing bahan ABS dengan kombinasi parameter sebagai berikut :

Tabel 2. Kombinasi Parameter Proses 3D Printing

Percobaan	Kecepatan Pencetakan (mm/s)	Temp Pencetakan (°C)	Tebal Layer (mm)	Nilai Kekasaran Rata-rata (µm)
1	60	240	0.1	Ra ₁
2	60	250	0.2	Ra ₂
3	60	260	0.3	Ra ₃
4	70	240	0.2	Ra ₄
5	70	250	0.3	Ra ₅
6	70	260	0.1	Ra ₆
7	80	240	0.3	Ra ₇
8	80	250	0.1	Ra ₈
9	80	260	0.2	Ra ₉

2. Kemudian membersihkan permukaan spesimen dari kotoran hasil pencetakan.
3. Melakukan pengamatan dan pengukuran kondisi kekasaran permukaan menggunakan *Surface Roughness Tester*.
4. Melakukan pengolahan data untuk menentukan nilai optimasi parameter proses dengan metode Metode *Taguchi*.
5. Kesimpulan hasil penelitian.

Flowchart penelitian disampaikan pada gambar berikut :



Gambar 4. Flowchart Penelitian

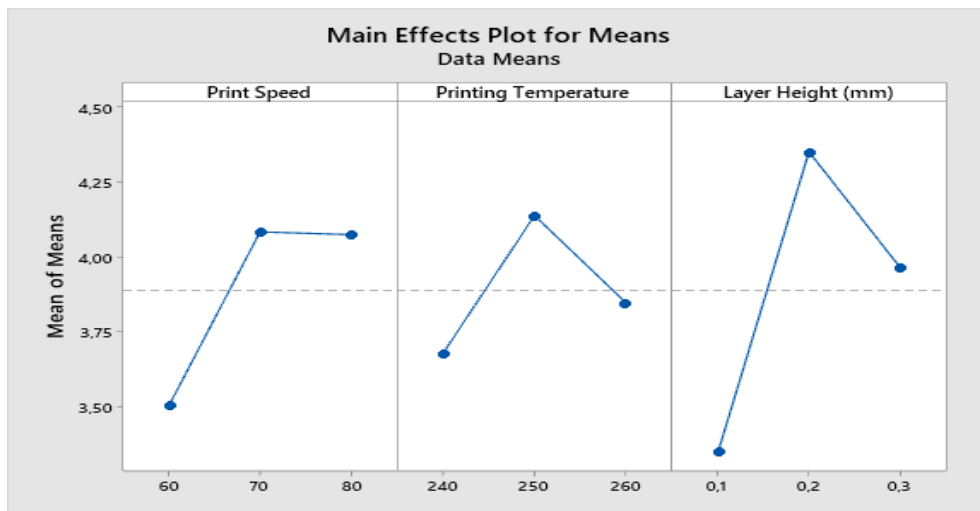
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran kekasaran permukaan specimen disampaikan pada Tabel.3 :

Tabel 3. Nilai Kekasar Permukaan

Percobaan	Kecepatan Pencetakan (mm/s)	Suhu Pencetakan (°C)	Tebal Layer (mm)	Nilai Ra Rata-Rata		
				Bagian Atas	BagianTepi Bawah	Bagian Tepi Atas
1	60	240	0,1	0,171	6,227	2,570
2	60	250	0,2	0,307	8,850	1,556
3	60	260	0,3	1,318	9,015	1,519
4	70	240	0,2	2,200	9,792	2,252
5	70	250	0,3	3,214	9,288	1,434
6	70	260	0,1	0,532	6,404	1,631
7	80	240	0,3	0,701	6,555	2,629
8	80	250	0,1	0,624	9,511	2,451
9	80	260	0,2	1,888	9,492	2,811

Data yang di peroleh sebagaimana yang disampaikan pada Tabel 8, kemudian dilakukan perhitungan dengan methode Taguchi menggunakan aplikasi *Minitab*. Hasil perhitungan untuk masing-masing parameter proses disampaikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Means

Berdasarkan Gambar 5. Dapat diketahuia level parameter proses sebagaimana disampaikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai Mean

Level	Kecepatan Pencetakan (mm/s)	Suhu Pencetakan (°C)	Tebal Layer (mm)
1	3,504	3,677	3,347
2	4,083	4,137	4,350
3	4,074	3,846	3,964

Perhitungan Metode Taguchi:

1. Menghitung Nilai *Mean* Seluruh Percobaan

$$y = \frac{\sum y}{N} \quad (1)$$

$$y = \frac{0,1701 + 0,307 + 1,318 + 2,200 + \dots + 1,631 + 2,629 + 2,451 + 2,811}{27}$$

$$y = \frac{104,942}{27} = 3,887$$

2. Nilai Total *Sum Of Square*

$$ST = \sum y^2 \quad (2)$$

$$ST = 0,1701^2 + 0,307^2 + 1,318^2 + 2,200^2 + \dots + 2,629^2 + 2,451^2 + 2,811^2$$

$$ST = 708,756$$

3. Nilai *Sum Of Square Due to Mean* :

$$Sm = n\bar{y}^2 \quad (3)$$

$$Sm = 27 \times 3,887^2$$

$$Sm = 407,937$$

4. *Sum Of Square Due to Factor*:

$$SA = NA_1 \times (A1^2) + NA_2 \times (A2^2) + NA_3 \times (A3^2) - Sm \quad (4)$$

$$= 9 \times (3,504^2) + 9 \times (4,083^2) + 9 \times (4,074^2) - 407,937$$

$$= 1,986$$

$$SB = NB_1 \times (B1^2) + NB_2 \times (B2^2) + NB_3 \times (B3^2) - Sm \quad (5)$$

$$= 9 \times (3,677^2) + 9 \times (4,137^2) + 9 \times (3,846^2) - 407,937$$

$$= 0,888$$

$$SC = NC_1 \times (C1^2) + NC_2 \times (C2^2) + NC_3 \times (C3^2) - Sm \quad (6)$$

$$= 9 \times (3,347^2) + 9 \times (4,350^2) + 9 \times (3,964^2) - 407,937$$

$$= 4,596$$

5. *Sum Square Due to Error*

$$Se = ST - Sm - SA - SB - SC \quad (7)$$

$$= 708,756 - 407,937 - 1,986 - 0,888 - 4,596$$

$$= 293,349$$

6. *Mean Sum of Due to Error*

$$Mse = \frac{Se}{Ve} \quad (8)$$

$$Mse = \frac{293,349}{27} = 10,864$$

7. Derajat kebebasan dari sumber variasi

$$V_{A/B/C} = \text{Jumlah level} - 1 = 3 - 1 = 2 \quad (9)$$

8. *Mean Sum of Square Due to Factors*

$$M_{qA} = SA / V_A = 1,986 / 2 = 0,993 \quad (10)$$

$$M_{qB} = SB / V_B = 0,888 / 2 = 0,444 \quad (11)$$

$$M_{qC} = SC / V_C = 4,596 / 2 = 2,298 \quad (12)$$

9. *Pure Sum Of Square* :

$$SA_{Ra} = M_{qA} - V_A \times M_{Se} = 0,993 - 2 \times 10,864 = -20,735 \quad (13)$$

$$SB_{Ra} = M_{qB} - V_B \times M_{Se} = 0,444 - 2 \times 10,864 = -21,284 \quad (14)$$

$$SC_{Ra} = M_{qC} - V_C \times M_{Se} = 2,298 - 2 \times 10,864 = -19,43 \quad (15)$$

10. *Percent Contribution*:

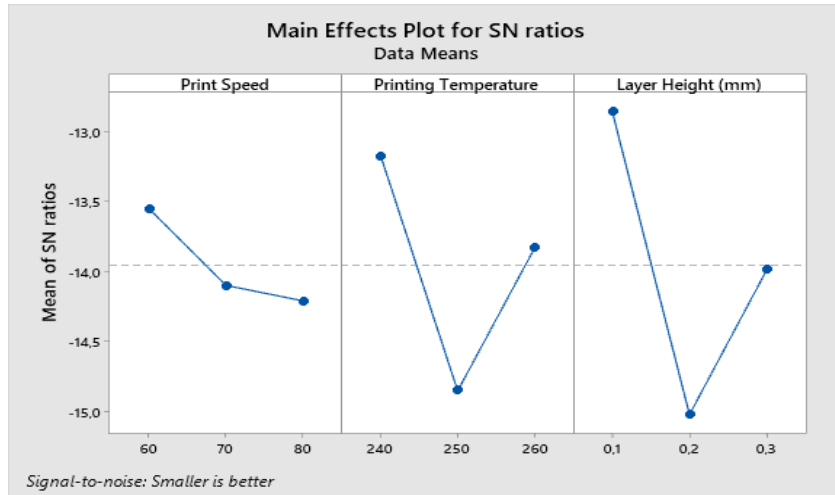
$$pA = \frac{SA}{ST} \times 100 = \frac{1,986}{747} \times 100 = 26,5\% \quad (16)$$

$$pB = \frac{SB}{ST} \times 100 = \frac{0,888}{747} \times 100 = 11,8\% \quad (17)$$

$$pC = \frac{SC}{ST} \times 100 = \frac{4,596}{747} \times 100 = 61,5\% \quad (18)$$

11. Nilai *signal to noise ratios (SNR) Taguchi*

Menggunakan aplikasi minitab dilakukan perhitungan untuk mencari *nilai signal to noise ratios* dengan hasil sebagaimana disampaikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik *Signal to Noise*

Berdasarkan Gambar 5 kemudian ditentukan level smaller is better dari SNR sebagaimana ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai *Signal to Noise Ratios Taguchi Smaller is Better*

Level	Kecepatan Pencetakan (mm/s)	Suhu Pencetakan (°C)	Tebal Layer (mm)
1	-13,55	-13,17	-12,85
2	-14,10	-14,86	-15,02
3	-14,21	-13,83	-13,99

Sedangkan nilai rata-rata SNR untuk setiap parameter percobaan di peroleh sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Rata-Rata *SNR* dari Setiap Parameter Percobaan

Percobaan	Sinal To Noise Ratios	Rata-Rata
1	-11,800	-13,548
2	-14,305	
3	-14,539	
4	-15,473	-15,060
5	-15,170	
6	-11659	
7	-12,251	-14,212
8	-15,090	
9	-15,296	

12. Setting Level Optimum

Setelah dilakukan analisis data dengan menggunakan Metode Taguchi Maka *setting level optimum* diketahui dari grafik yang disampaikan pada Gambar.5 antara lain:

Kecepatan Pencetakan (A) : level 1: yaitu pada kecepatan: 60 mm/s

Suhu Pencetakan (B) : level 1: yaitu pada suhu:240°C

Tebal Layer (C) : level 1: yaitu sebesar : 0,1mm

PENUTUP

Simpulan

Setelah dilakukan analisis data maka dapat di simpulkan bahwa kualitas permukaan benda kerja yang baik di hasilkan pada kombinasi parameter proses 3D dengan kecepatan pencetakan 60mm/s, temperature penceetakan 240°C, tinggi lapisan 0.1 mm. Nilai tersebut diperoleh berdasarkan analisis data menggunakan metode Taguchi yang membuktikan bahwa *Nilai signal to noise ratios smaller is better* menunjukkan bahwa nilai kekasaran permukaan yang kecil merupakan kualitas produk bahan ABS yang baik. Selain kekasaran permukaan yang baik, adalah penting juga untuk mengetahui kekuatan hasil proses 3D printing, sehingga dapat dipastikan produk yang dihasilkan memiliki kekuatan yang baik, oleh karena itu untuk pengembangan penelitian ini dilakukan pengujian kekuatan hasil proses 3D printing untuk jenis bahan polymer ABS.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Lifton, V., Lifton, G., & Simon, S. (2014). Options for additive rapid prototyping methods (3D printing) in MEMS technology. *Rapid Prototyping Journal*, 20(5), 403-412.
- Beaman, J. J., Barlow, J. W., Bourell, D. L., Crawford, R. H., Marcus, H. L., & McAlea, K. P. (1997). *Solid freeform fabrication: a new direction in manufacturing* (Vol. 2061, pp. 25-49). Norwell, MA: Kluwer Academic Publishers.
- Christopher, A., & Lubis, M. S. Y. (2021). Studi Komparasi Pengaruh Kedalaman Potong Pembubutan Logam terhadap Kekasaran Permukaan Menggunakan Mata Pahat Keramik. *Jurnal Syntax Admiration*, 2(2), 162-172.
- Elkaseer, A., Schneider, S., & Scholz, S. G. (2020). Experiment-based process modeling and optimization for high-quality and resource-efficient FFF 3D printing. *Applied Sciences*, 10(8), 2899.
- Kesner, S. B., & Howe, R. D. (2011). Design principles for rapid prototyping forces sensors using 3-D printing. *IEEE/ASME Transactions on mechatronics*, 16(5), 866-870.
- Lee, J. Y., An, J., & Chua, C. K. (2017). Fundamentals and applications of 3D printing for novel materials. *Applied materials today*, 7, 120-133.
- Li, N., Li, Y., & Liu, S. (2016). Rapid prototyping of continuous carbon fiber reinforced polylactic acid composites by 3D printing. *Journal of Materials Processing Technology*, 238, 218-225.
- Liu, L.; Ding, Q.; Zhong, Y.; Zou, J.; Wu, J.; Chiu, Y.L.; Li, J.; Zhang, Z.; Yu, Q.; Shen, Z. Dislocation network in additive manufactured steel breaks strength–ductility trade-off. *Mater. Today* 2018, 21, 354–361.
- Macdonald, E., Salas, R., Espalin, D., Perez, M., Aguilera, E., Muse, D., & Wicker, R. B. (2014). 3D printing for the rapid prototyping of structural electronics. *IEEE access*, 2, 234-242.
- Mahmood, M. A., Visan, A. I., Ristoscu, C., & Mihailescu, I. N. (2020). Artificial neural network algorithms for 3D printing. *Materials*, 14(1), 163.

- Nazan, M. A., Ramli, F. R., Alkahari, M. R., Sudin, M. N., & Abdullah, M. A. (2006). Process parameter optimization of 3D printer using response surface method. *Methodology*, 15, 17.
- Novakova-Marcincinova, L., & Novak-Marcincin, J. (2013). Experimental testing of materials used in fused deposition modeling rapid prototyping technology. In *Advanced Materials Research* (Vol. 740, pp. 597-602). Trans Tech Publications Ltd.
- Radhwan, H., Shayfull, Z., Abdellah, A. E. H., Irfan, A. R., & Kamarudin, K. (2019, July). Optimization parameter effects on the strength of 3D-printing process using Taguchi method. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2129, No. 1, p. 020154). AIP Publishing LLC.
- Stampfl, J., & Liska, R. (2005). New materials for rapid prototyping applications. *Macromolecular Chemistry and Physics*, 206(13), 1253-1256.
- Starosolski, Z. A., Kan, J. H., Rosenfeld, S. D., Krishnamurthy, R., & Annapragada, A. (2014). Application of 3-D printing (rapid prototyping) for creating physical models of pediatric orthopedic disorders. *Pediatric radiology*, 44, 216-221.
- Tseng, A. A., & Tanaka, M. (2000, November). Advanced deposition techniques for freeform fabrication of metal and ceramic parts. In *ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition* (Vol. 19166, pp. 305-313). American Society of Mechanical Engineers.