

STUDI PENYUSUTAN PEMBUATAN GIGI PALSU DENGAN 3D PRINTING FDM PENDEKATAN METODE TAGUCHI

Ahmad Zamheri¹, Angga Panjy Syahputra¹, Fatahul Arifin^{1*)}

¹⁾ Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Sriwijaya
Palembang, 30139, Indonesia

*email corresponding: farifinus@polsri.ac.id

Abstrak

Fused Deposition Modelling (FDM) merupakan teknik 3D *Printing* yang digunakan untuk mencetak produk menggunakan filamen sebagai material. Produk yang dicetak tersebut mempunyai karakteristik geometri ideal apabila mempunyai ukuran yang teliti dan bentuk yang sempurna. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengetahui penyusutan material filamen produk gigi palsu manusia dengan menggunakan parameter berbeda. Pada proses pengujian ini pengujian menggunakan alat uji *Digimatic Vernier Caliper Mitutoyo Absolute*, yang menggunakan ketelitian 0,02 mm. Data hasil pengujian dianalisis menggunakan metode *Taguchi*. Proses manufaktur yang dipakai adalah *Layer Height* 0,15 mm, *Print Speed* 20 mm/s, dan *Print Temperature* 220 °C.

Kata Kunci: FDM 3D Printing, Penyusutan, Taguchi

Abstract

Fused Deposition Modeling (FDM) is a 3D *Printing* technique used to print products using filaments as material. The printed product has ideal geometric characteristics if it has meticulous size and perfect shape. The main objective of this research is to find out the shrinkage of the material is the filament human denture product using parameter is different. In the process of testing this test using the tool testers *Digimatic Vernier Caliper Mitutoyo Absolute*, which uses accuracy 0,02 mm. The *Taguchi* method are used to analyzed the data result. Manufacture process which is used *Layer Height* 0,15 mm, *Print Speed* 20 mm/s, dan *Print Temperature* 220 °C.

Keywords: FDM 3D Printing, Shrinkage, Taguchi

1 PENDAHULUAN

Gigi tiruan adalah sebagai protesa gigi lepasan yang berfungsi untuk menggantikan permukaan pengunyahan dan struktur-struktur yang menyertai dari suatu lengkung rahang atas dan rahang bawah. Kesehatan gigi dan mulut di Indonesia merupakan salah satu yang perlu diperhatikan, berdasarkan data hasil Riset Kesehatan Dasar (RISKESDAS) 2015 memperlihatkan, pada tahun 2010 sebanyak 23,2% penduduk Indonesia mengalami masalah kesehatan gigi dan mulut serta meningkatnya permasalahan tersebut pada tahun 2015 sebanyak 25,9%. Pada tahun 2015 terdapat 31,1% yang menerima perawatan dari perawat gigi, dokter gigi atau dokter spesialis, sementara 68,9% lainnya tidak dilakukan perawatan (Rahman et al., 2016).

Rapid prototyping adalah metode pembuatan objek tiga dimensi dari data digital secara cepat. Rapid prototyping juga dikenal sebagai additive manufacturing karena memiliki prinsip additive yaitu membuat produk layer demi layer dengan

menambahkan material di atas layer yang sudah terbentuk (Rengier et al., 2010). Baru-baru ini, *Additive Manufacturing* digunakan untuk membuat produk akhir yang digunakan di pesawat terbang, restorasi gigi, implan medis, mobil, dan produk fashion. Bahkan pengembangan pencetakan 3D terbaru telah mampu membuat organ manusia dalam yang terintegritas (Ginting et al., 2019). Dua *Material* yang paling umum digunakan adalah ABS dan PLA sehingga sangat penting mengetahui akurasi dimensi produk. Teknologi 3D *Printing* FDM mampu membuat produk duplikat dengan akurat menggunakan material PLA (Satyanarayana & Prakash, 2015).

Dalam proses pencetakan 3D *Printing* ada beberapa permasalahan salah satunya adalah penyusutan, dasar-dasar penyusutan dalam FDM hanya tergantung pada penyusutan *Filament* yang diekstrusi oleh *Nozzle* 3D *Printing* (Yaman, 2018). Untuk mengetahui cacat penyusutan (*Shrinkage*) dan tingkat ketelitian terhadap setiap *Layer Height*, *Print Speed* dan *Print Temperature* dari hasil cetak

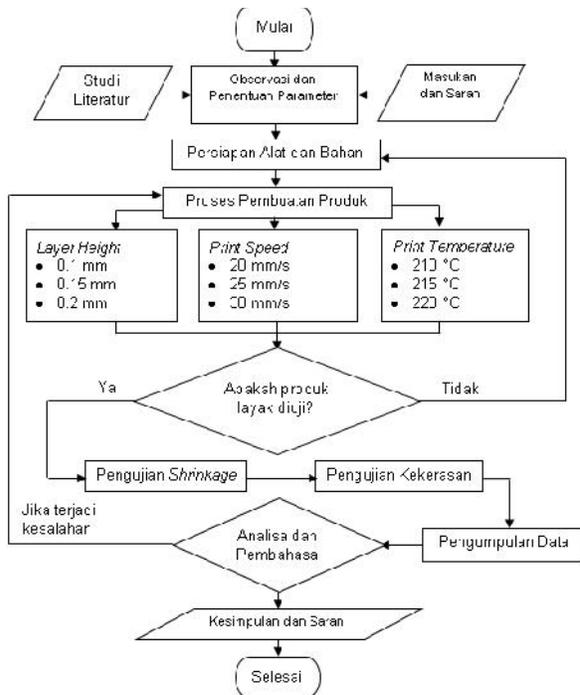
FDM 3D *Printing* ini maka perlu dilakukan sebuah penelitian.

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, permasalahan yang diangkat pada penelitian ini adalah bagaimana menghasilkan produk gigi palsu manusia pada 3D *Printing* FDM dengan hasil yang optimum menggunakan parameter yang berbeda dengan rancangan percobaan menggunakan metode *Taguchi* dan perhitungannya menggunakan bantuan aplikasi Minitab 19.

Metode *Taguchi* biasa digunakan untuk menyelesaikan masalah optimalisasi satu respon (Liao, 2003). Oleh karena itu dalam penelitian ini kami menganalisis parameter optimasi dan pengaruh parameter proses pembuatan gigi palsu manusia dengan teknologi *Rapid Prototyping Fused Deposition Modelling* terhadap penyusutan hasil cetak komponen/produk

2. BAHAN DAN METODA

Untuk mempermudah dalam penelitian maka di buat diagram alir penelitian seperti Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.1 Alat

Dalam melakukan penelitian dibutuhkan alat-alat baik kelengkapan eksperimen maupun alat uji hasil eksperimen antara lain adalah:

1. Mesin FDM 3D *Printing* tipe Anet A8
2. Laptop i5 64 Bits
3. *Software* Autodesk® *Inventor*® *Professional* 2017, 64 Bits *Educational Version*

4. *Software* *Simplyfy* 3D versi 4.1.2 (*Open Source*) 64 Bits
5. *Software* Aplikasi Minitab 19 64 Bits
6. Alat Ukur *Digimatic Vernier Caliper Mitutoyo Absolute*

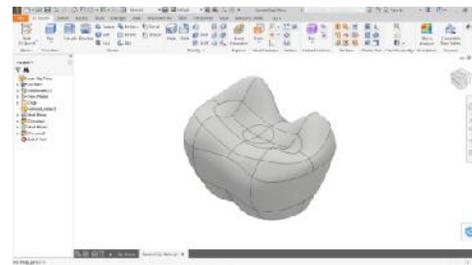
2.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah *Filament* PLA+ dengan diameter 1,75 mm dan berat masa jenis 1.24 kg/m³. PLA merupakan salah satu jenis plastik polimer yang terbuat dari bahan-bahan yang dapat terurai, seperti tepung jagung, tepung tapioka, atau olahan tebu. Karena terbuat dari bahan yang mudah terurai, PLA ramah lingkungan (Putra et al., 2018).

2.3 Proses Pembuatan Produk

Adapun proses pembuatan produk terdiri dari 6 tahap:

1. Mendesain spesimen menggunakan *Software* Autodesk® *Inventor*® *Professional* 2017, yang ditunjukkan pada Gambar 2.



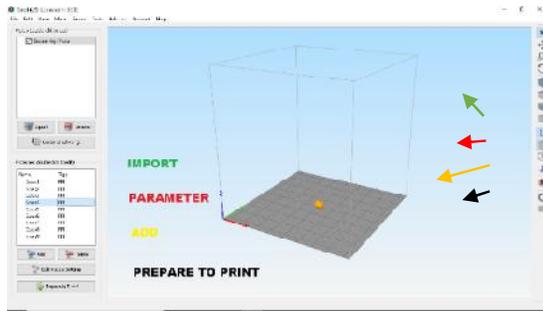
Gambar 2. Desain Gambar Produk

2. Mengubah format *File* dari .ipt menjadi .STL, diawali dengan memilih tab *Environments*, dilanjutkan menu *3D Print*, dan memilih STL, dalam hal ini ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Format .STL

3. Membuka *Software* *Simplify*3D, lalu pilih menu "*Import*" untuk memasukkan file yang akan di print .STL ke *Software* *Simplify*3D. Dalam hal ini ditunjukkan dalam Gambar 4.



Gambar 4. Tampilan awal Simplify3D

4. Menghubungkan Port USB pada 3D Printer ke laptop menggunakan kabel USB 2.0.
5. Memasukkan file .STL pada Software Simplify3D dengan memilih menu "Import" yang ditunjukkan pada Gambar 4.
6. Kemudian memilih menu "Add" untuk mengatur Extruder, Layer, Additions, Infill, Support, Temperature, Cooling, Gcode, Scripts, Speeds, dan parameter lainnya, dalam hal ini ditunjukkan pada Gambar 4.

2.4 Metoda Eksperimen Taguchi

Metoda Pengujian terdiri dari 6 tahap:

1. Perencanaan Eksperimen Taguchi
Desain Eksperimen merupakan evaluasi secara serentak terhadap dua atau lebih faktor (parameter) terhadap kemampuan mempengaruhi rata-rata atau variabilitas hasil gabungan dari karakteristik produk atau proses tertentu (Sidi & Wahyudi, 2013).
2. Menentukan Jumlah Level Setiap Faktor
 - a) Layer Height yang digunakan dalam pembuatan produk adalah 0.1 mm, 0.15 mm dan 0.2 mm.
 - b) Print Speed yang akan dipakai adalah 20 mm/s, 25 mm/s dan 30 mm/s.
 - c) Print Temperature yang digunakan dalam pembuatan produk adalah 210 °C, 215 °C dan 220 °C.
3. Memilih Matriks Orthogonal
Matriks standar untuk eksperimen dengan jumlah Level 3 adalah $L_9(3^4)$, $L_{27}(3^{13})$ dan $L_{81}(3^{40})$. Matriks Orthogonal yang dipilih pada penelitian ini adalah $L_9(3^4)$.
4. Ratio SN
Ratio SN digunakan untuk mengetahui Level faktor terhadap karakteristik kualitas yang diharapkan. Dalam pemilihan ratio SN disesuaikan dengan karakteristik yang dituju (Jenarthanan & Jeyapaul, 2018), Karakteristik Ratio SN yang dipakai untuk uji penyusutan adalah *Smaller is Better*.
5. ANOVA
Analysis of Varians Signal to Noise (S/N)
Menggunakan bantuan aplikasi Minitab 19 yang digunakan untuk mengetahui faktor

mana saja yang paling berpengaruh terhadap respon yang diharapkan serta untuk mengetahui persentase kontribusi setiap faktor.

6. Konfirmasi
Konfirmasi dilakukan sesuai dengan Setting nilai optimasi (v_3, f_3, a_1), tujuan konfirmasi adalah untuk mengetahui hasil yang diperoleh berdasarkan perhitungan statistik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Hasil Pengujian

Hasil pengujian penyusutan dimensi produk actual ditunjukkan pada Tabel 1, dengan desain eksperimen yang digunakan adalah *Orthogonal Array* $L_9(3)^4$.

Tabel 1. Desain Eksperimen Dan Hasil Pengujian

Nomor Eksperimen	Parameter Proses			Penyusutan (%)
	LH	PS	PT	
1	0.1	20	210	1,976
2	0.1	25	215	1,895
3	0.1	30	220	1,979
4	0.15	20	220	0,758
5	0.15	25	210	1,757
6	0.15	30	215	1,558
7	0.2	20	215	1,069
8	0.2	25	220	1,539
9	0.2	30	210	1,545

3.2 Signal Noise to Ratio (SN Ratio)

Pada pengujian ini variabel respon penyusutan menggunakan karakteristik *Smaller is better* yang hasil perhitungan SN Ratio untuk respon penyusutan ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai SN Ratio untuk Penyusutan

Nomor Eksperimen	Parameter Proses			SN Ratio Penyusutan
	LH	PS	PT	
1	0.1	20	210	-5,916
2	0.1	25	215	-5,552
3	0.1	30	220	-5,929
4	0.15	20	220	2,407
5	0.15	25	210	-4,895
6	0.15	30	215	-3,851
7	0.2	20	215	-0,579
8	0.2	25	220	-3,745
9	0.2	30	210	-3,778

3.3 ANOVA Variabel Respon Penyusutan

Analysis of Varians Signal to Noise (SN) Menggunakan bantuan aplikasi *Minitab 19*. Hasil perhitungan ANOVA menggunakan aplikasi *Minitab 19* untuk respon penyusutan ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. *Analysis of Varians for SN Ratio Penyusutan*

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	Contribution (%)
Layer Height	2	19,213	19,213	9,606	1,97	33,051
Print Speed	2	18,747	18,747	9,373	1,92	32,249
Print Temperature	2	10,432	10,432	5,216	1,07	17,946
Residual Error	2	9,739	9,739	4,870		16,754
Total	8	58,131				100

Dari hasil perhitungan ANOVA yang dibantu dengan *Software Minitab 19* seperti pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa Contribution yang terbesar yaitu *Layer Height* dengan nilai 33,051% kontribusi.

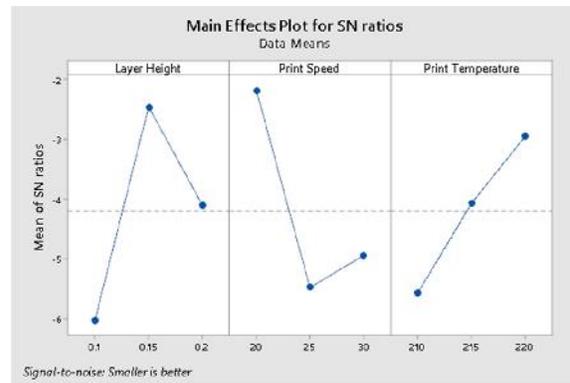
3.4 Konfirmasi Eksperimen Taguchi

Nilai konfirmasi dari eksperimen Taguchi didapat dari hasil perhitungan dan pengolahan data dengan bantuan aplikasi *Minitab 19*. Untuk hasil konfirmasi eksperimen *Taguchi* dengan respon penyusutan ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Konfirmasi *Taguchi* untuk Respon Penyusutan

Level	Layer Height	Print Speed	Print Temperature
1	-6,039	-2,188	-5,582
2	-2,464	-5,482	-4,079
3	-4,112	-4,946	-2,954
Delta	3,575	3,294	2,628
Rank	1	2	3

Dari tabel diatas maka akan didapatkan *Main Effect Plot for SN Ratios* untuk respon penyusutan dengan karakteristik *Smaller is Better* yang di tunjukan pada Gambar 5, dengan nilai pembacaan parameter optimumnya berada pada *Layer Height* 0,15 mm, *Print Speed* 20 mm/s, dan *Print Temperature* 220 °C yaitu pada posisi A2B1C3. Pada parameter ini didapat dengan penyusutan 0.75 %. Dengan nilai penyusutan 0.02 mm.



Gambar 5. S/N Rasio Plot Penyusutan

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan, dari hasil ANOVA yang didapat menunjukkan bahwa faktor *Layer Height* berpengaruh terhadap penyusutan dan juga dapat berpengaruh terhadap kualitas produk dan harga tinggi dari segi ekonomis. Penelitian ini, diketahui 3D *Printing* mampu dalam membuat sebuah produk gigi palsu dengan tingkat akurasi dan ketelitian yang tinggi dengan bentuk yang kompleks. Serta diketahui bahwa pengaruh parameter proses pembuatan objek dengan teknologi *Rapid Prototyping FDM* terhadap penyusutan spesimen uji yang dicetak menggunakan metode *Taguchi* dengan bahan dasar Filamen PLA+ menghasilkan parameter optimum yang berada pada nilai *Layer Height* 0,15 mm, *Print Speed* 20 mm/s, dan *Print Temperature* 220 °C.

DAFTAR PUSTAKA

Ginting, M., Sani A. A., AK. Wirda N., & Astra D. (2019). Pengaruh Parameter Proses Rapid Prototyping dengan Teknologi Stereolithography terhadap Kekerasan Spesimen Uji. *None, Jurnal Austenit* Vol. 11 No. 2.

Jenarthan, M. P., & Jeyapaul, R. (2018). Optimisation of machining parameters on milling of GFRP composites by desirability function analysis using Taguchi method. *International Journal of Engineering, Science and Technology*. <https://doi.org/10.4314/ijest.v5i4.3>

Liao, H. C. (2003). Using PCR-TOPSIS to optimise Taguchi's multi-response problem. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. <https://doi.org/10.1007/s00170-002-1485-x>

Putra, K. S., Ds, S., Sari, U. R., & Ds, S. (2018). Pemanfaatan Teknologi 3D Printing Dalam

- Proses Desain Produk Gaya Hidup. *Pemanfaatan Teknologi 3D Printing Dalam Proses Desain Produk Gaya Hidup*.
- Rahman, F., Saputera D. dan Adhani R. (2016). Faktor yang Mempengaruhi Permintaan Gigi Tiruan pada Lansia (Tinjauan Terhadap Biaya Perawatan, Kecemasan dan Sarana). *Jurnal Kedokteran Gigi Unej*, 13(1), 5–11
- Rengier, F., Mehndiratta, A., Von Tengg-Kobligk, H., Zechmann, C. M., Unterhinninghofen, R., Kauczor, H. U., & Giesel, F. L. (2010). 3D printing based on imaging data: Review of medical applications. In *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*. <https://doi.org/10.1007/s11548-010-0476-x>
- Satyanarayana, B., & Prakash, K. J. (2015). Component Replication Using 3D Printing Technology. *Procedia Materials Science*. <https://doi.org/10.1016/j.mspro.2015.06.049>
- Sidi, P., & Wahyudi, M. (2013). Aplikasi Metoda Taguchi Untuk Mengetahui Optimasi Kebulatan Pada Proses Bubut Cnc. *Rekayasa Mesin*.
- Yaman, U. (2018). Shrinkage compensation of holes via shrinkage of interior structure in FDM process. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. <https://doi.org/10.1007/s00170-017-1018-2>