

**OPTIMASI PARAMETER PROSES PEMBUATAN GIGI PALSU
DENGAN METODE PENDEKATAN *TAGUCHI* DAN *GREY*
ANALISIS DI 3D *PRINTING* FDM**

SKRIPSI



**Diajukan untuk memenuhi syarat menyelesaikan
Program Diploma IV TMPP Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Sriwijaya**

**Oleh:
Angga Panjy Syahputra
061640211495**

**POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
JURUSAN TEKNIK MESIN
PALEMBANG
2020**

***THE EFFECT OF THE PARAMETERS ON DENTURE PROCESSING
USING THE TAGUCHI APPROACH AND GREY ANALYSIS IN 3D
PRINTING FDM***

SKRIPSI



***Submitted to Comply with Terms of Completion
Study Program of Mechanical Production and Maintenance Engineering
Department of Mechanical Engineering
State Polytechnic of Sriwijaya***

***By:
Angga Panjy Syahputra
061640211495***

***STATE POLYTECHNIC OF SRIWIJAYA
DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING
PALEMBANG
2020***

**OPTIMASI PARAMETER PROSES PEMBUATAN GIGI PALSU
DENGAN METODE PENDEKATAN *TAGUCHI* DAN *GREY*
ANALISIS DI 3D *PRINTING* FDM**



SKRIPSI

**Disetujui oleh dosen pembimbing skripsi
DIV TMPP – Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya**

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,

**Fatahul Arifin, Phd.
NIP. 1972201011998021004**

**Ahmad Zamheri, S.T., M.T.
NIP. 196712251997021001**

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin,**

**Ir. Sairul Effendi, M.T.
NIP. 196309121989031005**

HALAMAN PENGESAHAN UJIAN SKRIPSI

Proposal skripsi ini diajukan oleh

Nama : Angga Panjy Syahputra
NPM : 061640211495
Konsentrasi Studi : D-IV TMPP
Judul Proposal : Optimasi Parameter Proses Pembuatan Gigi Palsu dengan Metode Pendekatan *Taguchi* Dan Grey Analisis di 3D Printing FDM

**Telah selesai diuji, direvisi dan diterima sebagai
Bagian persyaratan yang diperlukan untuk menyelesaikan studi pada
Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya**

Penguji:

Tim Penguji: 1. Fatahul Arifin, PhD.

()

2. Ahmad Zamheri, S.T., M.T.

()

3. Fenoria, S.T., M.T.

()

4. Ir. Sairul Effendi, M. T.

()

5. H. Azharuddin, S.T., M.T.

()

6. Almadora Anwar Sani, S.Pd.T. M.Eng.

()

Mengetahui:

Ketua Jurusan Teknik Mesin : Ir. Sairul Effendi, M. T.

()

Ditetapkan di : Palembang

Tanggal : 11 September 2020

HALAMAN MOTTO

“Jalani , Nikmati, dan Syukuri.!”

“Segala sesuatunya harus dijalani dengan ikhlas serta apapun tahapan prosesnya nanti dinikmati sehingga hasilnya dapat disyukuri walau hanya sekecil biji sawi”

Dengan ini saya persembahkan karya ini untuk

Ayahanda, terima kasih atas limpahan kasih sayang yang tak terhingga dan memberikan semangat serta dukungan dalam menempuh pendidikan selama ini.

Ibu, terima kasih atas limpahan doa dan kasih sayang yang tak terhingga dan selalu memberikan do'a yang terbaik untuk anakmu ini.

Juga saudara-saudara serta keluargaku yang selalu mendukung dan memberi bantuan selama ini.

Terkhusus untuk dosen pembimbing bapak Fatahul Arifin, Phd. dan bapak Ahmad Zamheri, S.T., M.T. terima kasih atas masukan dan arahan yang diberikan dalam penyelesaian skripsi ini.

Terima kasih kuucapkan juga kepada teman sejawat saudara seperjuangan Jurusan Teknik Mesin khususnya Program Studi Produksi dan Perawatan '16 Politeknik Negeri Sriwijaya, teman sekelas 8PPA yang selalu bersama selama 4 tahun, teman-teman Sriwijaya Drafter Community dan HMJ Teknik Mesin, terima kasih atas gelak tawa dan solidaritas yang luar biasa sehingga membuat hari-hari semasa kuliah lebih berarti.

Semoga Allah SWT membalas jasa budi kalian dikemudian hari dan diberikan kemudahan dalam segala hal, amin.

ABSTRAK

OPTIMASI PARAMETER PROSES PEMBUATAN GIGI PALSU DENGAN METODE PENDEKATAN *TAGUCHI* DAN *GREY* ANALISIS DI 3D *PRINTING* FDM (2020: 13 + 64 Hal. + 42 Gambar + 25 Tabel + 7 Lampiran)

ANGGA PANJY SYAHPUTRA
061640211495
D IV TMPP JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA

Teknologi yang sedang berkembang saat ini salah satunya yaitu teknologi 3D *Printing*, dengan mesin ini untuk pembuatan produk bisa dilakukan dengan mudah, cepat dan mendetail. 3D *Printing* ini bisa mencetak modelling, purwarupa/pemodelan, alat-alat peraga untuk pendidikan, alat-alat penunjang kesehatan, desain produk, dan berbagai kebutuhan untuk mencetak bentuk dalam 3 dimensi. Di antara banyak teknik pencetakan 3D *Printing*, *Fused Deposition Modeling* (FDM) adalah yang paling populer. Secara konsep sederhana, tidak memerlukan perawatan terkait pelarut atau lem. Bagian alatnya didapat dengan mudah dan murah. Dalam penelitian ini, kami membuat objek menggunakan 3D *Printing* dengan data desain CAD yang kemudian diubah menjadi G-Code menggunakan perangkat lunak *Simplyfy* 3D versi 4.1.2. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kombinasi parameter yang optimal antara *Layer Height*, *Print Speed*, *Print Temperature* yang mempengaruhi penyusutan terhadap spesimen uji yang dibuat menggunakan 3D *Printing* tipe FDM. Aplikasi spesimen adalah gigi palsu manusia, dengan material bahan *Filament PLA+*. Data hasil pengujian dianalisis menggunakan metode *Taguchi* dan *Grey Relational Analysis*, dengan hasil pengujian parameter optimum metode *Grey Relational Analysis* untuk *Layer Height* berada pada level 0,15 mm, untuk *Print Speed* berada pada level 25 mm/s, dan untuk *Print Temperature* berada pada level 210 °C.

Kata kunci: *Layer Height*, *Print Speed*, *Print Temperature*, *Taguchi*, *Grey Relational Analysis*

ABSTRACT

THE EFFECT OF THE PARAMETERS ON DENTURE PROCESSING USING THE TAGUCHI APPROACH AND GREY ANALYSIS IN 3D PRINTING FDM

(2020: 13 + 64 pp. + 42 List of Figures + 25 List of Tables + 7 Attachments)

ANGGA PANJY SYAHPUTRA

061640211495

D IV TMPP MECHANICAL ENGINEERING DEPARTEMENT
STATE POLYTECHNIC OF SRIWIJAYA

The 3D printing technology is one of technology that is developing currently. This machine can make products easily, quickly and precisely. The 3D printing is used to print models, prototypes / modeling, teaching aids for education, health support devices, product design, and many more in 3D shapes. Fused Deposition Modeling (FDM) is the most popular among of others 3D printing techniques. In simple concept, it does not need to maintenance regarding solvents or glue. The spare parts can be found easily and cheap. In this research, we create objects by using Autodesk inventor that is called human denture. Then, it converted to G-Code using Simplyfy 3D Software Version 4.1.2. The G-Code data is used in 3D printer for make the product. We select parameters to print product. In this study, we find the optimal parameters the effect of shrinkage and hardness of product. The 3 parameters are in this study namely; layer height, print speed, temperature print. The material of human denture is filament PLA+. The Taguchi method and Grey analysis are used to analyzed the data result, with the optimum parameter test results of the Gray Relational Analysis method for Layer Height at the level of 0.15 mm, for Print Speed at the level of 25 mm/s, and for Print Temperature at the level of 210 °C.

Keywords: *Layer Height, Print Speed, Print Temperature, Taguchi, Grey Relationl Analysis*

KATA PENGANTAR

Syukur alhamdulillah, saya sebagai penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini tepat pada waktunya. Terwujudnya skripsi ini adalah berkat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis menghanturkan ucapan terima kasih kepada pihak yang telah membantu penulis dalam membuat skripsi ini yaitu kepada:

1. Orangtua dan keluargaku tercinta yang selalu memberikan d'oa dan dukungan.
2. Bapak Ir. Sairul Effendi, M.T. dan seluruh staf jurusan/prodi D-IV TMPP Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya.
3. Bapak Fatahul Arifin, Phd. sebagai pembimbing utama skripsi yang telah memberikan bimbingan dan membantu penulis.
4. Bapak Ahmad Zamheri, S.T., M.T. sebagai pembimbing pendamping skripsi yang telah membimbing dan membantu penulis.
5. Sahabat-sahabatku dan teman-teman semua yang telah banyak berbagi keceriaan, kebersamaan dan kesulitan yang pernah kita alami bersama. Serta teman-teman terbaikku anggota Himpunan Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Polsri dan kelas 8PPA yang telah berjuang bersama-sama.
6. Semua pihak terkait yang tidak mungkin disebutkan oleh penulis satu persatu.

Penulis menyadari bahwa masih banyak terdapat kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Untuk itu kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca sangat diharapkan untuk kesempurnaan skripsi ini.

Palembang, Juli 2020

Penulis

DAFTAR ISI

	Hal
Halaman Judul.....	i
Halaman Pengesahan	ii
Halaman Pengesahan Dosen Penguji	iii
Halaman Motto.....	iv
Abstrak	v
Kata Pengantar	vii
Daftar Isi.....	viii
Daftar Gambar	x
Daftar Tabel	xii
Daftar Lampiran.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Dan Manfaat Penelitian	3
1.3 Rumusan Masalah.....	3
1.4 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Kajian Pustaka	5
2.2 <i>Rapid prototyping</i>	7
2.3 <i>3D Printing</i>	9
2.4 <i>Filament</i>	10
2.5 Cacat Penyusutan.....	12
2.6 Pengujian Kekerasan (<i>Hardness Test</i>).....	13
2.7 Alat Uji Cacat Penyusutan.....	17
2.8 Metode <i>Taguchi</i>	20
2.9 <i>Orthogonal Array</i>	21
2.10 Karakteristik Kualitas dan <i>Signal to Noise Ratio</i>	22
2.11 <i>Grey Relational Analysis (GRA)</i>	23
2.12 <i>Principal Component Analysis (PCA)</i>	24
BAB III METODE PENELITIAN	26
3.1 Diagram Alir Penelitian	26
3.2 Alat Dan Bahan Penelitian.....	27
3.3 Proses Pembuatan Spesimen.....	27
3.4 Variabel Penelitian.....	32
3.5 Instruksi Kerja Alat.....	33
3.6 Menentukan <i>Processing Window</i>	35
3.7 Langkah Eksperimen Taguchi	35

3.8	<i>Minitab 19</i>	38
3.9	Langkah Pendekatan GRA dan PCA	42
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	45
4.1	<i>Processing Window</i>	45
4.2	Eksperimen Metode <i>Taguchi</i>	47
4.3	Pendekatan GRA dan PCA	54
4.4	Gigi Palsu Manusia.....	60
BAB V	PENUTUP	61
5.1	Kesimpulan	61
5.2	Saran	62

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 1.1 Skematik 3D <i>Printing Fused Deposition Modeling</i> (FDM)	2
Gambar 2.1 Contoh aplikasi teknologi rapid prototyping di bidang arsitektur (a) dan bidang kesehatan (b).....	9
Gambar 2.2 <i>ePLA+ Filament</i>	11
Gambar 2.3 <i>Albert Gnehm Horgen</i>	13
Gambar 2.4 Parameter-parameter dasar pada pengujian Brinell.....	14
Gambar 2.5 Tipe-tipe lekukan piramid intan: (a) lekukan yang sempurna, (b) lekukan bantal jarum, (c) lekukan berbetuk tong	17
Gambar 2.6 <i>Mitutoyo Vernier Caliper</i>	18
Gambar 2.7 Bagian-bagian Jangka Sorong	18
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	26
Gambar 3.2 <i>Screenshot</i> Gambar Produk Gigi Palsu	27
Gambar 3.3 Ukuran Produk Gigi Palsu	28
Gambar 3.4 <i>Screenshot</i> Format STL.....	28
Gambar 3.5 Tampilan awal <i>Simplify3D</i>	28
Gambar 3.6 Parameter pada <i>Simplify3D</i>	29
Gambar 3.7 <i>Save</i> pada <i>Simplify3D</i>	30
Gambar 3.8 Tampilan utama 3D <i>Printer</i>	30
Gambar 3.9 <i>Display 3D Printer</i>	30
Gambar 3.10 <i>Init. SD Card</i>	30
Gambar 3.11 <i>Print from SD</i>	31
Gambar 3.12 Pemilihan <i>.gcode</i>	31
Gambar 3.13 Proses Pencetakan Produk Gigi Palsu Manusia	31
Gambar 3.14 Hasil Cetak Produk Gigi Palsu Manusia	31
Gambar 3.15 Mengukur Dimensi Produk	34
Gambar 3.16 Pengukuran diameter identasi pada permukaan spesimen	35
Gambar 3.17 Tampilan Utama <i>Minitab19</i>	38
Gambar 3.18 Pemilihan <i>Create Taguchi Design</i>	38
Gambar 3.19 <i>Window Create Taguchi Design</i>	39
Gambar 3.20 <i>Window Design</i>	39

	Hal
Gambar 3.21 <i>Window Factors</i>	39
Gambar 3.22 <i>Worksheet C1, C2 dan C3</i>	40
Gambar 3.23 <i>Worksheet C4, C5 dan C6</i>	40
Gambar 3.24 <i>Pemilihan Define Custom Taguchi Design</i>	41
Gambar 3.25 <i>Window Define Custom Taguchi Design</i>	41
Gambar 3.26 <i>Pemilihan Analyze Taguchi Design</i>	41
Gambar 3.27 <i>Hasil Taguchi</i>	42
Gambar 4.1 a. <i>Trial Experiment</i> dengan Suhu 205 °C, b. <i>Trial Experiment</i> dengan Suhu 225 °C	45
Gambar 4.2 a. <i>Peint Temperature vs. Layer Height</i> , b. <i>Print Temperature vs.</i> <i>Print Speed</i> , dan c. <i>Layer Height vs. Print Speed</i>	46
Gambar 4.3 Area pengukuran dimensi pada spesimen uji atau produk Gigi Palsu Manusia.....	47
Gambar 4.4 <i>Main Effects Plot for SN Ratios Penyusutan</i>	53
Gambar 4.5 <i>Main Effects Plot for SN Ratios Kekerasan</i>	54
Gambar 4.6 <i>Perbandingan Produk Jadi dengan Trial Experiment</i>	60

DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 2.1 Sumber Referensi	5
Tabel 2.2 <i>Data Sheet of PLA+ Filament</i>	11
Tabel 2.3 Skala Kekerasan Rockwell dan Huruf Awalannya	16
Tabel 2.4 Pembuktian Orthogonal pada Matriks $L_9(3^4)$ 4 Faktor 3 Level	22
Tabel 3.1 Variabel Terikat.....	29
Tabel 3.2 Variabel Bebas	29
Tabel 3.3 Variabel Faktor Penelitian.....	32
Tabel 3.4 Matriks <i>Orthogonal</i> $L_9(3^4)$	37
Tabel 3.5 Nilai Konfirmasi.....	38
Tabel 3.6 <i>Window Factors</i>	40
Tabel 4.1 Hasil Pengolahan Data Cacat Penyusutan.....	48
Tabel 4.2 Nilai SN Ratio untuk Penyusutan.....	49
Tabel 4.3 Hasil Pengolahan Data Uji kekerasan	50
Tabel 4.4 Nilai SN Ratio untuk Kekerasan	50
Tabel 4.5 <i>Analysis of Varians for</i> SN Ratio Penyusutan.....	51
Tabel 4.6 <i>Analysis of Varians for</i> SN Ratio Kekerasan	52
Tabel 4.7 Konfirmasi Eksperimen Taguchi SN Ratio Penyusutan	53
Tabel 4.8 Konfirmasi Eksperimen Taguchi SN Ratio Kekerasan.....	53
Tabel 4.9 Nilai Normalisasi SN Ratio untuk Setiap Respon.....	55
Tabel 4.10 Nilai Simpangan Deviasi untuk Setiap Respon.....	56
Tabel 4.11 Nilai <i>Grey Relational Coefficient</i> untuk Setiap Respon.....	57
Tabel 4.12 Nilai <i>Principal Component Analysis</i>	58
Tabel 4.13 Nilai <i>Grey Relational Grade</i> (GRG).....	58
Tabel 4.14 Pembuktian Nilai Optimal Respon Kekerasan pada Metode <i>Taguchi</i>	59
Tabel 4.15 Nilai Hasil Pengujian	59
Tabel 4.16 Konfirmasi <i>Taguchi</i> dan <i>Grey Relational Analysis</i>	60

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Pelaksanaan Revisi Skripsi

Lampiran 2 Log Book

Lampiran 3 Lembar Rekomendasi

Lampiran 4 Surat Hasil Pengujian

Lampiran 5 Hasil Pengukuran

Lampiran 6 Output Minitab 19

Lampiran 7 Design Gigi Palsu