

**ANALISIS PENGARUH PARAMETER PROSES 3D-PRINTING  
MATERIAL POLYETHYLENE TEREPHTALATE GLYCOL TERHADAP  
RESPON AKURASI DIMENSI DAN KEKUATAN TARIK  
MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Mencapai Derajat

Strata-1 Pada Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



Disusun Oleh

**Ryan Fachzuri Hidayat**  
**NIM. 20140130039**

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

**2018**

## **HALAMAN PERNYATAAN**

Dengan ini penulis,

**Nama : Ryan Fachzuri Hidayat**

**NIM : 20140130039**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir dengan judul: "Analisis Pengaruh Parameter Proses 3D-*Printing* Material Polyethylene Terephthalate Glycol Terhadap Respon Akurasi Dimensi dan Kekuatan Tarik Menggunakan Metode Taguchi" ini adalah asli hasil karya penulis dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di Perguruan Tinggi dan sepanjang pengetahuan penulis juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disebutkan sumbernya dalam naskah dan dalam daftar pustaka. Segala bentuk publikasi terkait hasil laporan penelitian ini harus seizin dosen pembimbing Ir. Aris Widyo Nugroho, M.T., Ph.D.

**Yogyakarta, 27 Juli 2018**



**Ryan Fachzuri Hidayat**

## **MOTO**

*Knowledge without action is insanity, and action without knowledge is vanity*  
(Imam Al-Ghazali)

## HALAMAN PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillahi Rabbil 'Alamin, puji syukur atas kehadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala karena atas segala rahmat dan petunjuk-Nya Penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan tepat waktu. Tidak lupa shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada baginda Nabi Muhammad Shallallahu'alaihi Wa Sallam, beserta keluarga dan para sahabat beliau. Dengan rasa bangga Penulis mempersembahkan laporan Tugas Akhir ini dan ucapan terima kasih yang terdalam kepada:

1. Bapak Yuryianto dan Ibu Budi Rinawati atas doa dan kerja keras dalam memenuhi kebutuhan keluarga. Reza Aldifari Ilham Huda yang telah mendoakan dan selalu memberikan dukungan, semoga keluarga ini senantiasa dalam perlindungan Allah Subhanahu Wa Ta'ala.
2. Bapak Ir. Aris Widyo Nugroho, M.T., Ph.D dan Bapak Cahyo Budiyantoro, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir, serta seluruh Dosen dan Karyawan Teknik Mesin UMY atas bantuan, pelayanan, dan ilmu yang telah diberikan selama dibangku perkuliahan.
3. Mas Dimas dan mas Azies, dua senior hebat yang senantiasa memberikan dukungan dan arahan tanpa pamrih, terima kasih banyak dan semoga sukses.
4. Rekan seperjuangan satu kelompok topik Tugas Akhir 3D *printing* Setiyawan, Edo, Nur, Dede, dan Ginggi yang selalu memberikan motivasi dan membantu dalam penelitian, terima kasih banyak dan semoga sukses.
5. Teman-teman kelas A dan seluruh mahasiswa Teknik Mesin UMY angkatan 2014 atas semua kenangan dan pengalaman terbaik.

Kepada seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang turut membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, saya mengucapkan terima kasih. Akhir kata saya persembahkan Tugas Akhir ini semoga dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillahi Rabbil 'Alamin, puji syukur atas kehadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala karena atas segala rahmat dan petunjuk-Nya Penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan judul "Analisis Pengaruh Parameter Proses 3D-*Printing* Material Polyethylene Terephthalate Glycol Terhadap Respon Akurasi Dimensi dan Kekuatan Tarik Menggunakan Metode Taguchi" dengan baik. Tidak lupa shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada baginda Nabi Muhammad Shallallahu'alaihi Wa Sallam, beserta keluarga dan para sahabat beliau.

Laporan tugas akhir ini dibuat sebagai bukti dan pertanggung jawaban secara tertulis dari hasil penelitian di laboratorium mekatronika Teknik Mesin gedung G6 lantai dua Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Tugas akhir ini berisi tentang analisis pengaruh parameter proses 3D *printing* bahan PETG terhadap respon akurasi dimensi dan nilai kekuatan tarik sebagai salah satu ukuran kualitas produk serta informasi-informasi lain yang berkaitan dengan material PETG. Dengan demikian Tugas akhir ini diharapkan dapat bermanfaat untuk memberikan hasil kombinasi level parameter proses yang optimal dalam proses pembuatan produk 3D *printing* dengan bahan PETG.

Penyusun menyadari sepenuhnya akan kekurangan dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini mengingat keterbatasan referensi dan waktu yang tersedia dalam penyusunannya. oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat penyusun harapkan agar nantinya dijadikan pedoman bagi penyusun dalam penulisan di kemudian hari. Akhir kata, penyusun berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat dalam memahami teori dan praktik tentang pengaruh parameter proses 3D *printing* yang optimal untuk menghasilkan produk dengan kualitas yang baik.

Yogyakarta, 27 Juli 2018  
Penyusun

**Ryan Fachzuri Hidayat**  
**20140130039**

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	ii
<b>HALAMAN PERNYATAAN .....</b>	iii
<b>MOTO .....</b>	iv
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	v
<b>INTISARI .....</b>	vi
<b>ABSTRACT .....</b>	vii
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	viii
<b>DAFTAR ISI .....</b>	ix
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	xii
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	xv
<b>DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN .....</b>	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Batasan Masalah .....	5
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian .....	5
1.6 Sistematika Penulisan .....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI .....</b>	7
2.1 Tinjauan Pustaka .....	7
2.2 Dasar Teori .....	11
2.2.1 <i>Fused Deposition Modeling (FDM)</i> .....	11
2.2.2 Komponen Mesin 3D <i>Printing</i> .....	12
2.2.3 Parameter Pada Mesin 3D <i>Printing</i> .....	17

2.2.4 <i>Slicing</i> (Mengiris Objek) .....	19
2.2.5 <i>Polyethylene Terephthalate</i> (PET) .....	20
2.2.6 <i>Design of Experiment</i> (DOE) .....	22
2.2.7 Metode Taguchi .....	23
2.2.8 SNR .....	25
2.2.9 <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) .....	26
2.2.10 Persen Kontribusi.....	28
2.2.11 Eksperimen Konfirmasi .....	29
2.2.12 Uji Tarik .....	30
 <b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>32</b>
3.1 Prosedur Penelitian .....	32
3.2 Tempat Penelitian .....	32
3.3 Tempat Pengujian Tarik .....	32
3.4 Alat Penelitian.....	32
3.5 Bahan Penelitian .....	41
3.6 Diagram Alir Penelitian .....	42
3.7 <i>Design of Experiment</i> (DOE).....	43
3.7.1 Menentukan Level Parameter Proses (Faktor Kontrol) .....	43
3.7.2 Parameter Proses <i>Default</i> .....	48
3.7.3 Variabel Respon.....	50
3.7.4 Desain Faktorial .....	50
3.8 Pembuatan Gambar Tiga Dimensi (CAD) .....	52
3.9 <i>Slicing</i> .....	53
3.10 Proses <i>Printing</i> .....	56
3.11 Pengukuran Dimensi dan Massa Spesimen .....	58
3.12 Pengujian Tarik .....	59
 <b>BAB IV HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN .....</b>	<b>61</b>
4.1 Hasil Penelitian .....	61
4.1.1 Massa Produk dan Waktu Pencetakan .....	62

4.1.2 Hasil Pengukuran Dimensi Produk .....	63
4.1.3 Hasil Pengujian Tarik .....	66
4.2 Analisis SNR dan ANOVA .....	72
4.2.1 <i>Signal to Noise Ratio</i> (SNR) .....	72
4.2.2 <i>Analysis of Variance</i> .....	76
4.3 Analisis Parameter Optimal .....	83
4.4 Eksperimen Konfirmasi .....	91
4.4.1 <i>Pooling</i> Faktor Tidak Signifikan .....	92
4.4.2 Rata-rata Prediksi dan Interval Kepercayaan.....	93
4.4.3 Hasil dan Analisis Eksperimen Konfirmasi .....	94
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>99</b>
5.1 Kesimpulan .....	99
5.2 Saran .....	100
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>101</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>105</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Komponen mesin FDM .....	12
Gambar 2.2 Filamen.....	13
Gambar 2.3 <i>Frame</i> .....	13
Gambar 2.4 <i>Print Head</i> .....	14
Gambar 2.5 <i>Build platform</i> atau <i>bed</i> .....	14
Gambar 2.6 <i>Bowden</i> .....	15
Gambar 2.7 Motor <i>stepper</i> .....	15
Gambar 2.8 Indikator .....	16
Gambar 2.9 Filamen <i>holder</i> .....	16
Gambar 2.10 <i>Control board</i> .....	17
Gambar 2.11 Proses <i>slicing</i> .....	19
Gambar 2.12 Struktur kimia <i>polyethylene terephthalate</i> .....	21
Gambar 2.13 (a) Ekstrusi PET-G, (b) Ekstrusi PET .....	21
Gambar 2.14 Uji tarik .....	30
Gambar 3.1 3D <i>Printer</i> Prusa-i3 .....	34
Gambar 3.2 Lenovo Idea Pad G40-45.....	34
Gambar 3.3 Spesifikasi Lenovo Idea Pad G40-45 .....	35
Gambar 3.4 <i>Toolset</i> .....	35
Gambar 3.5 <i>Praying Tools</i> .....	36
Gambar 3.6 <i>Masking Tape</i> .....	36
Gambar 3.7 Inventor Professional 2015 <i>Student Version</i> .....	37
Gambar 3.8 Minitab 17 .....	37
Gambar 3.9 Slic3r Prusa Edition.....	38
Gambar 3.10 Repetier-Host V2.0.5.....	38
Gambar 3.11 Timbangan.....	39
Gambar 3.12 Vernier Caliper .....	39
Gambar 3.13 Universal Testing Machine (UTM).....	40
Gambar 3.14 Filamen PETG.....	41
Gambar 3.15 Diagram alir penelitian.....	42

Gambar 3.16 Ekstrusi pencetakan.....	44
Gambar 3.17 Pengaturan <i>default</i> kecepatan.....	46
Gambar 3.18 Spesimen pemilihan nilai <i>feed rate</i> .....	47
Gambar 3.19 Spesimen pemilihan nilai <i>layer height</i> .....	49
Gambar 3.20 Pola pengisi <i>rectilinier</i> .....	50
Gambar 3.21 ASTM-D638 tipe 1.....	52
Gambar 3.22 Desain objek.....	52
Gambar 3.23 Pengaturan <i>nozzle temperature</i> .....	54
Gambar 3.24 Pengaturan <i>extrusion width</i> .....	54
Gambar 3.25 Pengaturan <i>feed rate</i> .....	55
Gambar 3.26 Proses <i>slicing</i> .....	55
Gambar 3.27 Hasil <i>slicing</i> .....	56
Gambar 3.28 Kalibrasi sumbu z.....	57
Gambar 3.29 Proses pencetakan spesimen.....	57
Gambar 3.30 Dimensi standar ASTM D-638 tipe 1 .....	58
Gambar 3.31 Penimbangan spesimen .....	58
Gambar 3.32 <i>Gage length</i> .....	59
Gambar 3.33 Proses pengujian tarik .....	60
Gambar 4.1 Sampel spesimen produk 3D <i>printing</i> .....	61
Gambar 4.2 Celah atau <i>gap</i> hasil ekstrusi.....	62
Gambar 4.3 Dimensi spesimen .....	64
Gambar 4.4 Spesimen 1,2, dan 3.....	66
Gambar 4.5 Spesimen 4,5, dan 6.....	66
Gambar 4.6 Spesimen 7,8, dan 9.....	66
Gambar 4.7 Kurva <i>Fmax</i> percobaan 9.....	67
Gambar 4.8 Kurva <i>Fmax</i> percobaan 5.....	68
Gambar 4.9 Pencetakan orientasi tegak .....	70
Gambar 4.10 Standar Dimensi TS 138-A .....	70
Gambar 4.11 Grafik <i>Versus fit</i> nilai tegangan tarik .....	71
Gambar 4.12 Grafik <i>Normal probability</i> nilai tegangan tarik .....	71
Gambar 4.13 Grafik <i>main effect plot</i> SNR dimensi <i>width</i> .....	73

Gambar 4.14 Grafik <i>main effect plot</i> SNR dimensi <i>Thickness</i> .....	74
Gambar 4.15 Grafik <i>main effect plot</i> SNR Tegangan Tarik .....	75
Gambar 4.16 Foto mikro pada area patahan .....	85
Gambar 4.17 Pengaruh <i>nozzle temperature</i> terhadap dimensi <i>error</i> .....	88
Gambar 4.18 Perbandingan hasil <i>slicing</i> .....	89
Gambar 4.19 Hasil uji tarik spesimen eksperimen konfirmasi .....	95
Gambar 4.20 Kurva <i>Fmax</i> spesimen eksperimen konfirmasi .....	96
Gambar 4.21 Diagram batang perbandingan nilai tegangan tarik.....	97
Gambar 4.22 Diagram batang perbandingan nilai standar deviasi .....	97

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Data Sheet of 3D printing filament PETG</i> .....	22
Tabel 2.2 Kecepatan pengujian tarik ASTM.....	31
Tabel 3.1 Spesifikasi 3D <i>Printer Prusa-i3</i> .....	33
Tabel 3.2 Spesifikasi alat uji kuat tarik <i>Zwick Roell Z2020</i> .....	40
Tabel 3.3 Karakteristik pencetakan 3D filamen PETG.....	43
Tabel 3.4 Data spesimen pemilihan nilai <i>feed rate</i> .....	47
Tabel 3.5 Parameter proses dan level.....	48
Tabel 3.6 Data spesimen pemilihan nilai <i>layer height</i> .....	49
Tabel 3.7 Parameter proses <i>default</i> .....	50
Tabel 3.8 Matrik ortogonal $L_9(3^3)$ .....	51
Tabel 3.9 Desain faktorial penelitian .....	51
Tabel 3.10 Dimensi ASTM-D638.....	52
Tabel 3.11 Dimensi standar ASTM D-638 tipe 1 .....	58
Tabel 4.1 Desain faktorial matrik ortogonal $L_9(3^3)$ .....	61
Tabel 4.2 Rata-rata massa dan waktu pencetakan.....	63
Tabel 4.3 Data hasil pengukuran dimensi produk.....	65
Tabel 4.4 Nilai <i>Fmax</i> .....	67
Tabel 4.5 Data hasil perhitungan <i>tensile strength</i> .....	69
Tabel 4.6 Data nilai <i>tensile strength</i> penelitian Menderes.....	69
Tabel 4.7 Respon SNR dimensi <i>width</i> .....	72
Tabel 4.8 Respon SNR dimensi <i>Thickness</i> .....	73
Tabel 4.9 Respon SNR Tegangan tarik.....	75
Tabel 4.10 Persen kontribusi parameter terhadap dimensi <i>width</i> .....	82
Tabel 4.11 Persen kontribusi parameter terhadap dimensi <i>thickness</i> .....	82
Tabel 4.12 Persen kontribusi parameter terhadap tegangan tarik .....	83
Tabel 4.13 Level parameter proses optimal berdasarkan hasil SNR .....	84
Tabel 4.14 Parameter proses optimal berdasarkan hasil SNR .....	84
Tabel 4.15 Parameter proses optimal berdasarkan hasil ANOVA.....	84
Tabel 4.16 Data dimensi <i>error</i> .....	86
Tabel 4.17 Level parameter proses optimal untuk respon kekuatan tarik.....	91

Tabel 4.18 Hasil ANOVA akhir .....	93
Tabel 4.19 Hasil pengujian tarik eksperimen konfirmasi .....	95

## **DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN**

ANOVA: *Analysis of Variance*

ASTM : *American Standard Testing and Material*

CI : Interval Kepercayaan

DF : Derajat Kebebasan

DOE : *Design of Experiment*

F : *Factor Ratio*

FDM : *Fused Deposition Modeling*

Mq : *Mean squares*

P : *Probability Value*

PETG : *Polyethylene Terephthalate-Glycol*

SNR : *Signal to Noise Ratio*

Sq : *Sum of Squares*

T : *Thickness*

TS : *Tensile Strength*

W : *Width Of Narrow*

$\alpha$  : *Alpha-error*

$\rho\%$  : Persen Kontribusi

$\sigma$  : Tegangan Tarik

$\mu$  : Rata-Rata Prediksi