

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

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Mencapai Derajat Sarjana Strata-1

Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin

Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



Disusun Oleh:

Adimas Hanief Mahardika

20130130299

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

2017

PERNYATAAN

Dengan ini penulis,

Nama : Adimas Hanief Mahardika

NIM : 20130130299

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir dengan judul: “Analisis Pengaruh Parameter Proses 3D-Printing Material *Polylactic Acid* 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.

Yogyakarta, 14 Desember 2017

**METERAI
TEMPEL**
TGL. 30
1E4D0AEF762509902
6000
ENAM RIBU RUPIAH

Adimas Hanief Mahardika

MOTTO

“Not all flowers blossom at the same time”

PERSEMBAHAN

Assalamu 'alaikum wa rahmatullahi wa barakatuh

Dengan segala puji bagi Allah SWT atas nikmat dan karunia-Nya, akhirnya Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Oleh karena itu dengan rasa bangga saya mempersembahkan rasa terima kasih yang terdalam atas Tugas Akhir ini kepada:

1. Bapak Sochadi dan Ibu Yuwani atas doa yang selalu terucap dan usaha yang keras dalam memenuhi kebutuhan serta kasih sayang tanpa pamrih. Qory Yuwan T. dan Okta Wismandanu yang telah mendoakan dan selalu siap memberikan dukungan, semoga keluarga ini selalu dalam perlindungan Allah SWT.
2. Bapak Aris Widyo N., S.T., M.T., Ph. D. dan Bapak Cahyo Budiyanoro, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing, serta seluruh Bapak/Ibu Dosen dan Karyawan Teknik Mesin UMY atas bantuan dan ilmu yang diberikan selama perkuliahan.
3. Reza, Bibit, Danang, Dharu, Gurun, Aziz, Wiwin, serta semua sahabat yang selalu siap untuk mendukung dan membantu terima kasih dan salam sukses.
4. Kelas F, kelas G, dan seluruh Angkatan 2013 Teknik Mesin UMY atas semua pengalaman terbaik.
5. Oce, Damar, dan Irwan sebagai teman merantau dan teman satu kontrakan atas kebersamaan dan kebaikan selama menempuh kuliah, terima kasih.

Kepada semua pihak yang tidak semua dapat disebutkan, saya mengucapkan terima kasih. Akhir kata saya persembahkan Tugas Akhir ini semoga dapat memberikan manfaat bagi perkembangan dan kemajuan ilmu pengetahuan.

Wa 'alaikumus salam wa rahmatullahi wabarakatuh

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan petunjuk-Nya sehingga penyusunan tugas akhir berjudul “Analisis Pengaruh Parameter Proses 3D-Printing Material *Polylactic Acid* Terhadap Respon Akurasi Dimensi dan Kekuatan Tarik Menggunakan Metode Taguchi” dapat terselesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini dibuat sebagai bukti dan pertanggung jawaban tertulis dari hasil penelitian di laboratorium mekatronika Teknik Mesin gedung G6 lantai dua Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Tugas akhir ini berisi tentang penelitian terhadap pengaruh parameter proses optimum pada produk 3D *printing* berbahan PLA dan informasi-informasi baik yang bersifat umum tentang optimasi parameter proses produk 3D *printing*, maupun informasi khusus yang berkaitan dengan PLA material. Dengan demikian Tugas akhir ini diharapkan bisa berguna untuk memberikan hasil komposisi variasi parameter proses yang tepat dalam proses pembuatan produk 3D *printing* dengan bahan PLA yang berpengaruh terhadap nilai kuat tarik dan akurasi dimensi sebagai salah satu ukuran kualitas produk tersebut.

Penyusun mengharapkan masukan, kritik serta saran selama penyusunan berlangsung. Namun demikian, penyusun menyadari sepenuhnya bahwa tugas akhir ini jauh dari kata sempurna mengingat keterbatasan referensi dan waktu yang tersedia untuk penyusunannya. Untuk itu penyusun mengharapkan timbal balik dari berbagai pihak demi penyempurnaan di masa-masa yang akan datang.

Selanjutnya, penyusun berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat dalam memahami teori dan praktik tentang pengaruh parameter proses optimum 3D *printing* untuk menghasilkan produk yang ringan, hemat material dan memiliki kekuatan mekanik yang baik.

Yogyakarta, 14 Desember 2017
Penyusun

Adimas Hanief Mahardika
20130130299

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
MOTTO	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
INTISARI	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	5

BAB II DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka	6
2.2 Dasar Teori	8
2.2.1 <i>Fused Deposition Modelling</i> (FDM)	8
2.2.2 Bagian – Bagian Mesin 3D <i>Printing</i>	9
2.2.3 Parameter Pada Mesin 3D <i>Printing</i>	12
2.2.4 <i>Slicing</i> (Pembuatan Lintasan)	13
2.2.5 <i>Polylactic acid</i> (PLA)	14

2.2.6 <i>Design of experiment</i> (DOE).....	16
2.2.7 Metode Taguchi.....	16
2.2.8 SNR	17
2.2.9 <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA).....	18
2.2.10 Persen Kontribusi	20
2.2.11 Eksperimen Konfirmasi.....	21
2.2.12 Uji Tarik	21

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Prosedur Penelitian.....	23
3.2 Tempat Penelitian.....	23
3.3 Tempat Pengujian Tarik.....	23
3.4 Alat Penelitian.....	23
3.5 Bahan Penelitian.....	30
3.6 Diagram Alir Penelitian	31
3.7 <i>Design of experiment</i>	32
3.7.1 Menentukan Variasi Parameter Proses (Faktor Kontrol)	32
3.7.2 Parameter Proses <i>Default</i>	37
3.7.3 Variabel Respon	37
3.7.4 Desain Faktorial	38
3.8 Pembuatan Gambar CAD.....	39
3.9 <i>Slicing</i>	40
3.10 Proses <i>Printing</i>	43
3.11 Pengukuran Dimensi Spesimen	44
3.12 Pengujian Tarik	45

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian	47
4.1.1 Massa dan Waktu Proses	48
4.1.2 Hasil Pengukuran Dimensi Produk.....	49
4.1.3 Hasil Pengujian Tarik	49
4.2 Analisis SNR dan ANOVA.....	53

4.2.1 <i>Signal to Noise Ratio</i>	53
4.2.2 <i>Analysis of Variance</i>	59
4.3 Analisis Parameter Optimum	67
4.4 Eksperimen Konfirmasi	74
4.4.1 <i>Pooling</i> Faktor Tidak Signifikan	75
4.4.2 Rata-Rata Prediksi dan Interval Kepercayaan	76
4.4.3 Hasil dan Analisis Eksperimen Konfirmasi.....	78
 BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	81
5.2 SARAN	82
DAFTAR PUSTAKA	83
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Bagian-bagian pada mesin FDM.....	9
Gambar 2.2. Filamen.....	9
Gambar 2.3. <i>Frame 3D printer</i>	10
Gambar 2.4. <i>Print head</i>	10
Gambar 2.5. <i>Bed</i> atau <i>build platform</i>	11
Gambar 2.6. <i>Bowden</i>	11
Gambar 2.7. <i>Controller Board</i>	12
Gambar 3.1. 3D Printer Pursa-I3.....	25
Gambar 3.2. Kunci L.....	25
Gambar 3.3. <i>Masking Tape</i>	25
Gambar 3.4. Asus A455LB	26
Gambar 3.5. Spesifikasi Asus A455LB.....	26
Gambar 3.6. <i>Praying Tools</i>	26
Gambar 3.7. Inventor Profesional 2017 <i>Student Version</i>	27
Gambar 3.8. Slic3r Pursa Edition.....	27
Gambar 3.9. Repetier-Host V2.0.1.....	28
Gambar 3.10. Minitab 2017	28
Gambar 3.11. <i>Vernier Caliper</i>	29
Gambar 3.12. <i>Universal Testing Machine (UTM)</i>	30
Gambar 3.13. Filamen PLA	30
Gambar 3.14. Diagram alir penelitian.....	31
Gambar 3.15. Tinggi dan lebar ekstrusi	33
Gambar 3.16. <i>Fill Honeycomb</i>	35
Gambar 3.17. <i>Fill Grid</i>	35
Gambar 3.18. <i>Fill Triangles</i>	35
Gambar 3.19. Perbandingan nilai <i>fill density</i> 25 %, 50% dan 75%	36
Gambar 3.20. Desain CAD spesimen	39
Gambar 3.21. ASTM-D638 tipe I	39
Gambar 3.22. Pengaturan <i>fill density</i>	41

Gambar 3.23. Pengaturan <i>fill pattern</i>	41
Gambar 3.24. Pengaturan <i>extrusion width</i>	42
Gambar 3.25. Pengaturan <i>nozzle temperature</i>	42
Gambar 3.26. Proses <i>slicing</i>	43
Gambar 3.27. Hasil <i>slicing</i>	43
Gambar 3.28. Proses <i>printing</i> spesimen.....	43
Gambar 3.29. Bagian spesimen yang diukur	45
Gambar 3.30. Proses pengujian tarik	45
Gambar 4.1. Sampel hasil 3D <i>printing</i>	47
Gambar 4.2. Panduan pengukuran spesimen	49
Gambar 4.3. Spesimen R1.....	50
Gambar 4.4. Spesimen R2.....	50
Gambar 4.5. Spesimen R3.....	50
Gambar 4.6. Kurva F_{max} percobaan 5.....	51
Gambar 4.7. Kurva F_{max} percobaan 6.....	52
Gambar 4.8. Grafik <i>main effect plot</i> untuk SNR dimensi LO.....	54
Gambar 4.9. Grafik <i>main effect plot</i> untuk SNR dimensi WO	55
Gambar 4.10. Grafik <i>main effect plot</i> untuk SNR dimensi w	56
Gambar 4.11. Grafik <i>main effect plot</i> untuk SNR dimensi T.....	57
Gambar 4.12. Grafik <i>main effect plot</i> untuk SNR dimensi TS	58
Gambar 4.13. <i>Bounding</i> pada ekstrusi	69
Gambar 4.14. Perbandingan tegangan tarik pada level <i>nozzle temperature</i>	70
Gambar 4.15. Efek <i>nozzle temperature</i> terhadap dimensi <i>error</i>	72
Gambar 4.16. Perbandingan <i>gap</i> pada hasil <i>slicing</i>	73
Gambar 4.17. Spesimen eksperimen konfirmasi setelah pengujian tarik	78
Gambar 4.18. Kurva F_{max} eksperimen konfirmasi	79
Gambar 4.19. Diagram batang perbandingan nilai tegangan tarik.....	80
Gambar 4.20. Diagram batang perbandingan nilai standar deviasi	80

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Karakteristik umum dari <i>polylactid acid</i> produksi Nature Works Company.....	15
Tabel 2.2. Kecepatan pengujian pada ASTM	22
Tabel 3.1. Spesifikasi 3D <i>Printer</i> Pursa-I3	24
Tabel 3.2. Spesifikasi alat uji kuat tarik Zwick roell Z020	29
Tabel 3.3. <i>Data Sheet of eSUN 3D Filament</i>	32
Tabel 3.4. Parameter proses dan level.....	36
Tabel 3.5. Parameter proses <i>default</i>	37
Tabel 3.6. Parameter proses untuk kecepatan	37
Tabel 3.7. Desain faktorial $L_9 (3^4)$	38
Tabel 3.8. Dimensi ASTM-D638.....	40
Tabel 3.9. Dimensi spesimen ASTM D-638 tipe 1	45
Tabel 4.1. Desain eksperimen	47
Tabel 4.2. Rata-rata Massa dan Waktu Proses	48
Tabel 4.3 Data hasil pengukuran dimensi produk.....	49
Tabel 4.4. Nilai <i>Fmax</i>	51
Tabel 4.5. Data hasil perhitungan <i>tensile strength</i>	53
Tabel 4.6. Respon dimensi LO.....	54
Tabel 4.7. Respon SNR dimensi WO.....	55
Tabel 4.8. Respon SNR dimensi w	56
Tabel 4.9. Respon SNR dimensi T.....	57
Tabel 4.10. Respon SNR dimensi TS.....	58
Tabel 4.11. Persen kontribusi parameter untuk dimensi LO dengan ANOVA.....	64
Tabel 4.12. Persen kontribusi parameter untuk dimensi WO dengan ANOVA.....	65
Tabel 4.13. Persen kontribusi parameter untuk dimensi W dengan ANOVA	65
Tabel 4.14. Persen kontribusi parameter untuk dimensi T dengan ANOVA.....	66
Tabel 4.15. Persen kontribusi parameter untuk dimensi TS dengan ANOVA	66
Tabel 4.16. Level parameter proses optimum berdasarkan SNR.....	67

Tabel 4.17. Parameter proses optimum berdasarkan SNR.....	68
Tabel 4.18. Parameter proses optimum berdasarkan ANOVA	68
Tabel 4.19. Perhitungan dimensi <i>error</i>	71
Tabel 4.20. Parameter proses dan level optimum untuk respon kekuatan tarik.....	75
Tabel 4.21. Hasil ANOVA akhir	76
Tabel 4.22. Hasil pengujian tarik eksperimen konfirmasi	78

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

FDM	: <i>Fused Deposition Modeling</i>
PLA	: <i>Polylactic Acid</i>
DOE	: <i>Design of Experiments</i>
ANOVA	: <i>Analysis of Variance</i>
SNR	: <i>Signal to Noise Ratio</i>
DF	: <i>Degrees of Freedom</i>
Sq	: <i>Sum of Squares</i>
Mq	: <i>Mean squares</i>
F	: <i>Factor Ratio</i>
P	: <i>Probability Value</i>
CI	: <i>Confidence interval</i>
$\rho\%$: <i>Persen Kontribusi</i>
α	: <i>Alpha-error</i>
μ	: <i>Rata-Rata Prediksi</i>
ASTM	: <i>American Standard Testing and Material</i>
σ	: <i>Tegangan Tarik</i>
LO	: <i>Length Overall</i>
WO	: <i>Width Overall</i>
W	: <i>Width Of Narrow</i>
T	: <i>Thickness</i>
TS	: <i>Tensile Strength</i>

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Tabel Data Massa 9 Percobaan pada Produk 3D *printing* PLA
- Lampiran 2. Tabel Data Waktu Proses 9 Percobaan pada Produk 3D *printing* PLA
- Lampiran 3. Tabel Data analisis SNR NTB menggunakan *Software* Minitab 2017 pada respon Akurasi Dimensi
- Lampiran 4. Tabel Data analisis SNR LTB menggunakan *Software* Minitab 2017 pada respon Kekuatan Tarik
- Lampiran 5. Kurva F_{max} Hasil Pengujian Tarik Percobaan 1 (R1-3)
- Lampiran 6. Kurva F_{max} Hasil Pengujian Tarik Percobaan 2 (R1-3)
- Lampiran 7. Kurva F_{max} Hasil Pengujian Tarik Percobaan 3 (R1-3)
- Lampiran 9. Kurva F_{max} Hasil Pengujian Tarik Percobaan 4 (R1-3)
- Lampiran 10. Kurva F_{max} Hasil Pengujian Tarik Percobaan 5 (R1-3)
- Lampiran 11. Kurva F_{max} Hasil Pengujian Tarik Percobaan 6 (R1-3)
- Lampiran 12. Kurva F_{max} Hasil Pengujian Tarik Percobaan 7 (R1-3)
- Lampiran 13. Kurva F_{max} Hasil Pengujian Tarik Percobaan 8 (R1-3)
- Lampiran 14. Kurva F_{max} Hasil Pengujian Tarik Percobaan 9 (R1-3)
- Lampiran 15. Kurva F_{max} Hasil Pengujian Tarik Eksperimen Konfirmasi (R1-3)
- Lampiran 16. Tabel F-Distribusi