

**LEMBAR PENGESAHAN  
SKRIPSI**

**Analisis Pengaruh Parameter Proses 3D-Printing Material PVA Terhadap  
Respon Akurasi Dimensi dan Kekuatan Tarik Menggunakan Metode  
Taguchi**

*Analysis the Influence of 3D-Printing of PVA Material to Response of  
Dimension Accuracy and Tensile Strength Using Taguchi Method*

**Dipersiapkan dan disusun oleh:  
Stiyawan  
20140130032**

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
Pada tanggal, Juli 2018

**Pembimbing Utama**

**Pembimbing Pendamping**

Ir. Aris Widyo Nugroho, M.T., Ph.D  
NIK. 19700307 199509 123022

Cahyo Budiyanoro, S.T., M.Sc., IPM  
NIK. 19711023 201507 123083

**Penguji**

Muh. Budi Nur Rahman.S.T.,M.EnG  
NIK.19790523 200501 1001

**Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan  
untuk memperoleh gelar Sarjana**

Tanggal, Oktober 2018

**Mengetahui,  
Ketua Program Studi S-1 Teknik Mesin FT UMY**

Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D.  
NIK. 19740302 200104 123049

## **HALAMAN PERNYATAAN**

Dengan ini penulis,

**Nama : Setiyawan**

**NIM : 20140130032**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir dengan judul: “Analisis Pengaruh Parameter Proses *3D-Printing* Material PVA 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, Juli 2018**

**Setiyawan**

## **MOTO**

*I have not failed. I've just found 10.000 ways that won't work*  
(Thomas Edison)

## HALAMAN PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillah Rabbil ‘Alamin, puji syukur atas kehadiran 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 Parno dan Ibu Jainab atas doa dan kerja keras dalam memenuhi kebutuhan keluarga. Sumarsih, Suhari, dan Susi susanti 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 Budiyanoro, 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.
4. Rekan seperjuangan satu kelompok topik Tugas Akhir 3D *printing* Rian, Edo, Nur, Dede, dan Ginggi yang selalu memberikan motivasi dan membantu dalam penelitian, terima kasih banyak dan semoga sukses.
5. Arum Bhekti Pratiwi sahabat yang selalu memberikan motivasi dalam mengerjakan penelitian.
6. 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.

## Intisari

*Additive manufacturing* atau 3D printing merupakan salah satu teknologi yang memiliki perkembangan cukup pesat dan banyak diaplikasikan sebagai teknologi rapid prototyping. Cara kerja teknologi ini adalah dengan memanaskan bahan berupa filament pada nozzle kemudian dicetak dengan metode penekanan lapis demi lapis. Filamen Polyvinylalcohol (PVA) merupakan salah satu jenis polimer yang saat ini sering digunakan dalam teknologi 3D printing dan banyak diaplikasikan pada bidang medis. Pada penelitian ini optimasi penelitian yang dilakukan menggunakan metode taguchi. Metode Taguchi merupakan metodologi baru dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses serta dapat menekan biaya dan resources seminimal mungkin. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh parameter proses optimal dan kombinasi level optimal parameter proses pada produk 3D printing pada bahan PVA menggunakan metode Taguchi.

Penelitian ini menggunakan desain eksperimen orthogonal arrays L4 ( $2^2$ ) dimana terdapat empat percobaan dengan dua parameter proses yang digunakan yaitu feed rate dan layer heigh serta dengan dua variasi level pada setiap parameter (80 %, 100 %, 0,2 mm, 0.4 mm),. Respon yang digunakan pada penelitian ini meliputi akurasi dimensi (w, T dan L) dan kekuatan tarik, selanjutnya data hasil respon dianalisis menggunakan SNR dan ANOVA.

Berdasarkan hasil analisis SNR dan ANOVA yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa parameter proses yang paling berpengaruh terhadap respon akurasi dimensi dan kekuatan tarik didominasi oleh parameter *layer heigh* yang diikuti dengan parameter *feed rate*. Hasil dari penelitian ini menunjukkan kombinasi level parameter proses optimal yang dihasilkan dari Metode Taguchi yaitu feed rate 80%, dan layer heigh 0.2 mm menunjukkan hasil kekuatan tarik produk PVA dengan nilai tegangan tarik terbesar yaitu 6.636 Mpa pada interval kepercayaan (CI) 95%.

**Kata Kunci:** 3D Printing, FDM, PVA, *Feed rate*, *Layer heigh*, Taguchi, Kekuatan Tarik, Akurasi Dimensi

## **ABSTRACT**

*Additive manufacturing or 3d printing is one of technology that is currently the development of rapidly and many applied as a technology rapid prototyping .How to work the technology is by heating material in the form of filament in a nozzle was then printed with the methods in layer after layer of emphasis .Filaments polyvinylalcohol ( pva ) is one of the kinds of polymer which when is frequently used in 3d technology printing .The purpose of this research is to find the influence of the process of optimal parameter and a combination of the level of optimal parameter process on 3d products printing on the material pva using taguchi method.*

*The experimental design being used in this research was the orthogonal arrays of L4 (2<sup>2</sup>) that has four experiments with two process parameters used is feed rate and layer heigh three level variations on each parameter (80 %, 100 %, 0,2 mm, 0.4 mm). The responses in this research were dimension accuracy (w, T and l) and tensile strength of 3D printing PVA product, then data response result was analyzed using SNR and ANOVA.*

*Based on the results of SNR and ANOVA analysis shows the most influencing of process parameters on the dimensional accuracy response and tensile strength was dominated by layer heigh, and than feed rate. The result of this research suggests combination parameters optimal level process resulting from taguchi method that feeds rate 80 %, and layer heigh 0.2 mm show results tensile strength pva products with the tensile strength of 6.636 MPa at at a 95% confidence interval (CI).*

**Keywords: 3D Printing, FDM, PVA, feed Rate, Layer High, Taguchi, Tensile strength, Dimension Accuracy.**

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Rabbil ‘Alamin, puji syukur atas kehadiran 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 PVA Terhadap Respon Akurasi Dimensi dan Kekuatan Tarik Menggunakan Metode Taguchi” dengan baik. Tidak lupa shalawat serta salam senantiasa turunkan 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 PVA terhadap respon akurasi dimensi dan nilai kekuatan tarik sebagai salah satu ukuran kualitas produk serta informasi-informasi lain yang berkaitan dengan material PVA. 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 PVA.

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, Juli 2018**  
**Penyusun**

**Setiawan**  
**20140130032**

## DAFTAR ISI

BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	5
1.3..Batasan Masalah.....	5
1.4. Tujuan Penelitian.....	6
1.5. Manfaat Penelitian.....	6
1.6. Sistem penulisan.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	8
2.1. Tinjauan Pustaka.....	8
2.1. DasarTeori.....	12
2.2.1. Fused Deposition Modeling (FDM).....	12
2.2.2. Bagian-bagian mesin 3D printing.....	13
2.2.3. Parameter Pada Mesin 3D Printing.....	17
2.2.4. Slicing (Pembuatan Lintasan).....	18
2.2.5. Poli vinil alkohol (PVA).....	19
2.2.6. Design of Experience (DOE).....	21
2.2.7. Metode Taguchi.....	21
2.2.8. SNR.....	22
2.2.9. Analysis of Variance (ANOVA).....	24
2.2.10. Persen Kontribusi.....	25
2.11. Uji Tarik.....	26
2.12. Modulus Elastisitas.....	27
BAB III METODE PENELITIAN.....	29
3.1. Diagram alir.....	29
3.2. Prosedur Pengujian.....	30
3.3. Tempat Penelitian.....	30
3.4. Tempat pengujian.....	30
3.5. Bahan Penelitian.....	32
3.6. Alat Penelitian.....	32



3.7. Design of Experiment .....	39
3.7.1. Menentukan Variasi Parameter Proses .....	40
3.7.2. Parameter Proses Default .....	44
3.7.3. Variabel respon .....	45
3.7.4. Desain faktorial.....	45
3.8. Pembuatan Desain CAD .....	46
3.9. Slicing .....	47
3.10. Proses Printing.....	50
3.11. Pengukuran Dimensi Spesimen.....	51
<b>BAB IV HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN .....</b>	<b>52</b>
4.1. Hasil Penelitian.....	52
4.1.1. Massa dan Waktu Proses.....	53
4.1.2. Hasil Pengukuran Dimensi Produk.....	54
4.2. Analisis SNR dan ANOVA.....	63
4.2.1. Signal to Noise Ratio .....	63
4.2.2. Analysis of Variance .....	68
4.3. Analisis Parameter Optimum .....	74
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>84</b>
5.1. Kesimpulan .....	84
5.2. Saran .....	85
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>86</b>

## DAFTAR GAMBAR

<u>Gambar 2.1. Bagian-bagian pada mesin FDM (Thomas dkk, 2016)</u>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<u>Gambar 2.2. Filamen</u> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<u>Gambar 2.3. Frame 3D printer</u> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<u>Gambar 2.4. Print head</u> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<u>Gambar 2.5. Bed atau build platform</u> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<u>Gambar 2.6. Bowden</u> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<u>Gambar 2.7. Controler Board</u> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<u>Gambar 2.8. struktur kimia PVA (Wiliastuti, 2006)</u>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<u>Gambar 2.9 peneMPatan material untuk <i>tensile strength</i></u>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<u>Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian</u> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<u>Gambar 3.2. Proses pengujian tarik</u> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<u>Gambar 3.3 filament PVA</u> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<u>Gambar 3.4. 3D Printer Pursa-I3</u> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<u>Gambar 3.5 masking tape</u> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<u>Gambar 3.6 Dell System Inspiron N411Z</u> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<u>Gambar 3.7 spesifikasi Dell System Inspiron N411Z</u>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<u>Gambar 3.8 Kunci L</u> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<u>Gambar 3.9. Inventor Profesional</u> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<u>Gambar 3.10. Slic3r Pursa Edition</u> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<u>Gambar 3.11. Minitab</u> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<u>Gambar 3.12. Vernier Caliper</u> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<u>Gambar 3.13. Repetier-Host</u> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<u>Gambar 3.14. Timbangan</u> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<u>Gambar 3.15. Universal Testing Machine (UTM)</u> ..	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

Gambar 3.16 Layer Height proses printing. (Wu, 2017) **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.17. Pencetakan Spesimen dengan Layer Heigh 0.1 **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.18. Pencetakan Spesimen dengan Layer Heigh 0.2 **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.19. Pencetakan Spesimen dengan Layer Heigh 0.4 **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.20 pengaturan default kecepatan..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.21 Spesimen Hasil Pra-Eksperimen ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.22. Desain CAD spesimen..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.23. ASTM-D638 tipe IV (ASTM Internasional, 2002) **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.24. Pengaturan Layer Heigh..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.25. Pengaturan feed rate..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.27. Hasil slicing ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.28. Proses printing spesimen..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.29. Bagian-bagian spesimen yang diukur **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.2. Panduan Pengukuran Dimensi..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.3. Spesimen A1-D1..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.4. Spesimen A2-D2..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.5. Spesimen A3-D3..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.6 Diagram nilai F-max pengujian tarik .. **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.7. Grafik Fmax percobaan 1 ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.8. Grafik Fmax percobaan 4 ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.9 Pola Infill ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.10. Grafik versus fits ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.11 Grafik Normal probability plot..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.12. Grafik main effect plot untuk SNR dimensi W **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.13. Grafik main effect plot untuk SNR dimensi T **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.14. Grafik *main effect plot* untuk SNR dimensi L**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.15. Grafik *main effect plot* untuk SNR dimensi T**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.16 foto makro pada area patahan *Layer Heigh 0.2***Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.17 foto makro pada area patahan *Layer Heigh 0.4***Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.18 Lapisan spesimen dengan *Layer Heigh 0.2* (Sebelum diuji tarik)**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.19 Lapisan spesimen dengan *Layer Heigh 0.4* (Sebelum diuji tarik)**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.20. *Bounding* pada ekstrusi (Bellehumeur dkk, 2004)**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.21. Grafik nilai tegangan tarik TS pada level *Layer Heigh***Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.22. Efek *Layer Heigh* terhadap dimensi *error***Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.23. Gap pada lapisan terluar spesimen ... **Error! Bookmark not defined.**

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Karakteristik umum dari polivinil alcohol ( sheet of E-sun) .....	21
Tabel 2.2. Kecepatan pengujian tarik ASTM (ASTM Internasional, 2002) .....	28
Tabel 3.1 Spesifikasi 3D Printing Pursa-I3 .....	33
Tabel 3.2. Spesifikasi alat uji kuat tarik Zwick Roell Z020.....	39
Tabel 3.3. parameter proses 3D Printing .....	44
Tabel 3.4. Parameter Proses default.....	45
Tabel 3.5. Desain faktorial L4 (22).....	46
Tabel 3.6. Desain faktorial Berdasarkan Level L4 (22).....	46
Tabel 3.7 Dimensi spesimen ASTM D-638 tipe IV .....	47
Tabel.3.8. Dimensi spesimen ASTM D-638 tipe 1V .....	51
Tabel 4.1. Desain eksperimen .....	52
Tabel 4.2. Rata-rata Massa dan Waktu Proses .....	53
Tabel 4.3. Data hasil pengukuran dimensi produk w dan T.....	53
Tabel 4.4. Data hasil pengukuran dimensi produk L .....	53
Tabel 4.5. Nilai Fmax pengujian tarik .....	55
Tabel 4.6. Hasil perhitungan tensile strength.....	58
Tabel 4.7. Hasil perhitungan Modulus Elastisitas .....	59
Tabel 4.8. Data (sheet of esun).....	60
Tabel 4.9. Respon dimensi w .....	63
Tabel 4.10. Respon SNR dimensi T .....	64
Tabel 4.12. Respon SNR pada TS .....	66
Tabel 4.13. Persen kontribusi paramete untuk dimensi W dengan ANOVA.....	72
Tabel 4.14. Persen kontribusi parameter untuk dimensi T dengan ANOVA.....	73
Tabel 4.15. Persen kontribusi parameter dimensi L dengan ANOVA .....	73
Tabel 4.16. Persen kontribusi parameter untuk TS dengan ANOVA.....	74
Tabel 4.17. Level parameter proses optimum berdasarkan SNR .....	74
Tabel 4.18. Parameter proses optimum berdasarkan SNR.....	75
Tabel 4.19. Parameter proses optimum berdasarkan ANOVA .....	75

## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

ANOVA	: <i>Analysis of Variance</i>
ASTM	: <i>American Standard Testing and Material</i>
CI	: Interval Kepercayaan
DF	: Derajat Kebebasan
DOE	: <i>Design of Experiment</i>
F	: <i>Factor Ratio</i>
FDM	: <i>Fused Deposition Modeling</i>
Mq	: <i>Mean squares</i>
P	: <i>Probability Value</i>
PVA	: <i>Polivynil Alcohol</i>
SNR	: <i>Signal to Noise Ratio</i>
Sq	: <i>Sum of Squares</i>
T	: <i>Thickness</i>
TS	: <i>Tensile Strength</i>
W	: <i>Width Of Narrow</i>
$\alpha$	: <i>Alpha-error</i>
$\rho\%$	: Persen Kontribusi
$\sigma$	: Tegangan Tarik
$\mu$	: Rata-Rata Prediksi