

**OPTIMASI MULTIRESPON FLOW RESTRICTOR DENGAN  
MESIN 3D PRINTING PADA RESPON KEAKURATAN  
DIMENSI DAN DURASI CETAK DENGAN METODE  
TAGUCHI DAN PCR-TOPSIS**

Skripsi



**VIRSHA ALVIASHA**

**I0317095**

**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA  
2021**

**OPTIMASI MULTIRESPON FLOW RESTRICTOR DENGAN  
MESIN 3D PRINTING PADA RESPON KEAKURATAN  
DIMENSI DAN DURASI CETAK DENGAN METODE  
TAGUCHI DAN PCR-TOPSIS**

**Skripsi**

Sebagai Persyaratan untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



**VIRSHA ALVIASHA**

**I0317095**

**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA  
2021**

**LEMBAR PENGESAHAN****OPTIMASI MULTIRESPON FLOW RESTRICTOR DENGAN  
MESIN 3D PRINTING PADA RESPON KEAKURATAN  
DIMENSI DAN DURASI CETAK DENGAN METODE  
TAGUCHI DAN PCR-TOPSIS****S K R I P S I**

oleh :


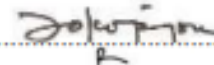

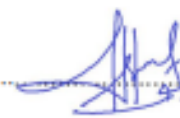
**Virsha Alviasha**  
**I 0317095**

Telah disidangkan di Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas  
Sebelas Maret dan diterima guna memenuhi persyaratan untuk mendapat gelar  
Sarjana Teknik.

Pada Hari : Jumat

Tanggal : 30 Juli 2021 Tim

Penguji :

1. Dr. Ir. Eko Pujianto, S.Si., M.T.  
NIP. 197006121997021001 (  )
2. Dr. Joko Triyono, S.T., M.T.  
NIP. 19711104 199903 1 001 (  )
3. Dr. Ir. Lobes Herdiman, M.T.  
NIP. 196410071997021001 (  )
4. Yusuf Priyandari, S.T., M.T.  
NIP. 197912222003121001 (  )

**Mengesahkan,**

Kepala Program Studi Sarjana Teknik Industri  
Fakultas Teknik UNS



**Dr. Eko Liquidanu S.T., M.T.**  
**NIP. 19710128 199802 1 001**



## SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS KARYA ILMIAH

Saya mahasiswa Program Studi Sarjana Teknik Industri Fakultas Teknik UNS yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Virsha Alviasha

NIM : 10317095

Judul tugas akhir : Optimasi Multirespon *Flow Restrictor* dengan Mesin 3D Printing pada Respon Keakuratan Dimensi dan Durasi Cetak dengan Metode Taguchi dan PCR-TOPSIS

Dengan ini saya menyatakan bahwa Tugas Akhir atau Skripsi yang saya susun tidak mencontoh atau melakukan plagiat dari karya tulis orang lain. Jika terbukti Tugas Akhir yang saya susun tersebut merupakan hasil plagiat dari karya orang lain maka Tugas Akhir yang saya susun tersebut dinyatakan batal dan gelar sarjana yang saya peroleh dengan sendirinya dibatalkan atau dicabut.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan apabila di kemudian hari terbukti melakukan kebohongan maka saya sanggup menanggung segala konsekuensinya.

Surakarta, 27 Agustus 2021

  
Virsha Alviasha  
10317095



## SURAT PERNYATAAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Saya mahasiswa Program Studi Sarjana Teknik Industri UNS yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Virsha Alviasha

NIM : 1 0317095

Judul tugas akhir : Optimasi Multirespon *Flow Restrictor* dengan *Mesin 3D Printing* pada Respon Keakuratan Dimensi dan Durasi Cetak dengan Metode Taguchi dan PCR-TOPSIS

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir atau Skripsi yang saya susun sebagai syarat kelulusan Sarjana S1 telah disusun secara bersama-sama dengan Pembimbing I dan Pembimbing II. Bersamaan dengan syarat pernyataan ini bahwa hasil penelitian dari Tugas Akhir atau Skripsi yang saya susun bersedia digunakan untuk publikasi dari prosiding, jurnal, atau media penerbit lainnya baik di tingkat nasional maupun internasional sebagaimana mestinya yang merupakan bagian dari publikasi karya ilmiah.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan apabila di kemudian hari terbukti melakukan kebohongan maka saya sanggup menanggung segala konsekuensinya.

Surakarta, 27 Agustus 2021



Virsha Alviasha  
10317095

## ABSTRAK

**Virsha Alviasha, I0317095. OPTIMASI MULTIRESPON FLOW RESTRICTOR DENGAN MESIN 3D PRINTING PADA RESPON KEAKURATAN DIMENSI DAN DURASI CETAK DENGAN METODE TAGUCHI DAN PCR-TOPSIS. Skripsi. Surakarta: Program Studi Sarjana Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Juli 2021**

Pandemi Covid-19 menyebabkan dampak yang besar terhadap permintaan ventilator. Oleh karena itu para peneliti berusaha untuk menemukan solusi dalam memenuhi tingginya permintaan ventilator dengan waktu yang singkat. *3D Printing* telah menjadi salah satu solusi yang menjanjikan untuk memproduksi struktur yang kompleks secara cepat. Namun, untuk mendapatkan kualitas yang terbaik dan waktu produksi optimal, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut. Dalam penelitian ini, dilakukan eksperimen terhadap *flow restrictor* dengan menggunakan teknologi *3D Printing* dengan beberapa parameter. PLA (*Polylactic Acid*) dipilih sebagai filamen yang digunakan dengan 4 respon yaitu panjang, diameter dalam, diameter luar dan durasi cetak. Eksperimen didesain sesuai dengan metode Taguchi, karena terdapat 4 respon maka diperlukan metode PCR-TOPSIS sebagai metode optimasi multirespon. Kemudian, diperlukan eksperimen konfirmasi untuk melakukan verifikasi bahwa parameter yang didapatkan sudah optimal dan valid. Hasil dari penelitian ini yaitu *setting* parameter optimal didapatkan pada *nozzle temperature*, *infill density* 75%, dan *layer height* 0,1 mm.

**Kata kunci:** *setting* parameter optimal, metode taguchi, *3D Printing*, *flow restrictor*, keakuratan dimensi, optimasi durasi.  
ix + 112 halaman; 41 gambar; 42 tabel  
Daftar Pustaka: 32 (2013-2020)

## ABSTRACT

**Virsha Alviasha, I0317095. MULTICRITERIA OPTIMIZATION OF 3D PRINTED FLOW RESTRICTOR USING TAGUCHI METHOD AND PCR-TOPSIS FOR DIMENSIONAL ACCURACY AND PRINTING DURATION.**  
**Thesis. Surakarta: Industrial Engineering Undergraduate Study Program, Faculty of Engineering, Sebelas Maret University, July 2021**

*Covid-19 outbreak had a great impact on the demand of ventilator. Thus, researches are concern to find solutions to fulfill the high demand within short time. 3D printing has been one of the promising solutions to build complex structure rapidly. However, to achieve the best quality and optimal production time, a further research is needed. In this research, an experiment of 3D printed flow restrictor with various parameters is observed. PLA (Polylactic Acid) is chosen as the filament with 4 responses which are length, inside diameter, outside diameter and printing duration. The experiment is designed based on Taguchi method, since there are 4 responses the PCR-TOPSIS method is used to obtain the optimum parameter setting. Then, the confirmation experiment is required to verify that the parameter is valid and optimal. The result of this research which is the optimum parameter are 225°C nozzle temperature, 75% infill density, and 0,1 mm layer height.*

**Keywords:** *optimal parameter setting, taguchi method, 3D printing, flow restrictor, dimensional accuracy, durational optimization.*

*ix + 112 pages; 41 pictures; 42 tables*

*References: 32 (2013-2020)*



## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT karena atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi dengan judul “Optimasi Multirespon *Flow Restrictor* dengan Mesin *3D Printing* pada Respon Keakuratan Dimensi dan Durasi Cetak dengan Metode Taguchi dan PCR-TOPSIS” dengan lancar. Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Indonesia.

Dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan laporan skripsi ini, penulis menghadapi beberapa kendala yang sulit untuk diselesaikan sendiri. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih atas dukungan dan bimbingan yang tak ternilai kepada pihak-pihak berikut:

1. Allah SWT yang selalu memberikan rahmat dan menemani selama proses penyelesaian tugas akhir ini.
2. Mama Vivi Alfiah, Papa Riyaldi G.S. dan Adik Fridha Vemigha yang selalu memberikan dukungan moral, meyakinkan dan menenangkan penulis dalam menghadapi segala kendala yang ada.
3. Diri sendiri untuk terus maju dan bertahan serta tidak putus asa saat menghadapi kegagalan, serta untuk tidak menangis selama proses penyelesaian tugas akhir.
4. Bapak Dr. Ir. Eko Pujiyanto, S.Si., M.T. selaku dosen pembimbing karena telah senantiasa mendampingi serta memberikan masukan, arahan, dan waktu dengan sabar kepada penulis dalam proses bimbingan penyelesaian penelitian dan penyusunan laporan skripsi.
5. Bapak Dr. Joko Triyono, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang senantiasa mendampingi serta memberikan masukan, arahan, dan waktu dengan sabar kepada penulis dalam penyelesaian penelitian dan penyusunan laporan skripsi.
6. Bapak Dr. Ir. Lobes Herdiman, M.T. dan Bapak Yusuf Priyandari, S.T., M. T. selaku dosen penguji karena telah memberikan kritik dan saran yang



membangun dan berguna, baik bagi penelitian ini, maupun bagi penelitian kedepannya.

7. Bapak Yusuf Priyandari, S.T.,M.T. selaku dosen pembimbing akademik karena telah memberikan bimbingan dan nasehat sejak tahun pertama penulis menempuh studi di Program Studi Teknik Industri, Universitas Sebelas Maret.
8. Ibu Fakhрина Fahma, STP., M.T. selaku dosen kepala Laboratorium Sistem Kualitas yang telah memberikan bimbingan dan nasehat selama penulis tergabung dalam Laboratorium Sistem Kualitas di Program Studi Teknik Industri, Universitas Sebelas Maret.
9. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Industri, Universitas Sebelas Maret karena telah mengajarkan dan memberikan ilmu dengan sabar dan ramah selama penulis menempuh studi.
10. Bagian Tata Usaha Teknik Industri (TU-TI) antara lain Pak Agus, Mbak Rina, Mbak Yayuk dan Mas Agus atas bantuan dan keramahannya dalam melengkapi berkas-berkas selama proses perkuliahan hingga skripsi.
11. Bapak Dr. Eko Liquiddanu S.T.,M.T., selaku Kepala Program Studi Sarjana Teknik Industri UNS yang telah memberikan motivasi, semangat dan dukungan.
12. BTS group terutama Park Jimin yang telah mencerahkan kehidupan penulis sejak awal tahun 2021 dan selalu menjadi penyemangat dalam menjalani hari-hari penulis, serta selalu hadir dan mengisi *playlist* penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.
13. Benedicta Amadea Karina Dewi, Dewani Asmara Sekartaji Pangau, Aurelia Salsabila Putri dan Qonita Puteri Andrianing Mumtaza yang telah menemani masa studi 4 tahun penulis melalui baik dan buruk, mendengarkan segala keluh kesah, serta memberikan banyak pengalaman baru dalam hidup penulis.
14. Olivia Rizky Ramadhani yang telah menemani penulis sejak duduk di bangku SMP yang telah memberikan dukungan moral kepada penulis untuk dapat segera menyelesaikan masa studi.
15. Ryan Adesta Yudhatama sebagai teman belajar dan *partner strolling around the city* selama beberapa waktu terakhir di kota Solo.

16. Adik tingkat Arissa Dwi Pangestu dan Silvia Dhea untuk selalu menyemangati dengan ceria dan mendukung penulis.
17. Al Garret Tanra dan Adeal Zahri Tanra sebagai *partner* badminton selama beberapa bulan terakhir yang telah memberikan energi positif kepada penulis sehingga dapat mengatasi beban *stress* selama penyelesaian tugas akhir.
18. Teman-teman HRD dan Asisten LSK yang telah memberikan banyak pengalaman non akademis kepada penulis selama masa studi.
19. Teman-teman Teknik Industri UNS angkatan 2017 (SIEGEN) yang tidak dapat disebutkan satu-satu oleh penulis. Terima kasih karena telah bersama-sama membangun cerita selama perkuliahan dan melewati masa-masa sulit bersama.
20. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu. Terima kasih atas segala bantuan dan dukungan yang telah diberikan.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Skripsi ini masih terdapat kekurangan. Untuk itu, adanya kritik dan saran yang membangun diperlukan agar Skripsi ini menjadi lebih baik. Semoga Skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak.

Surakarta, 31 Agustus 2021

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>I-2</b>
1.1 Latar Belakang.....	I-2
1.2 Rumusan Masalah .....	I-5
1.3 Batasan Masalah.....	I-6
1.4 Tujuan Penelitian.....	I-6
1.5 Manfaat Penelitian.....	I-6
1.6 Asumsi Penelitian.....	I-6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>II-1</b>
2.1 Ventilator.....	II-1
2.2 <i>Flow Restrictor</i> .....	II-3
2.3 Additive Manufacturing .....	II-4
2.3.1 Proses additive manufacturing .....	II-4
2.3.2 Metode <i>Additive Manufacturing</i> .....	II-5
2.3.3 Jenis Filamen pada FDM.....	II-7
2.3.4 Mesin <i>3D Printing</i> tipe FDM.....	II-8
2.4 Metode Optimasi .....	II-12
2.4.1 Metode Taguchi.....	II-12
2.4.2 Orthogonal Array.....	II-15
2.4 PCR-TOPSIS .....	II-16
2.5 Respon Eksperimen.....	II-19
2.6 <i>Confidence Interval</i> .....	II-21
2.7 Posisi Penelitian.....	II-24
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>III-1</b>
3.1 Tahap Awal Penelitian.....	III-2
3.1.1 Studi Literatur.....	III-2
3.1.2 Studi Lapangan.....	III-3
3.1.3 Identifikasi Masalah .....	III-3



3.1.4	Perumusan Masalah.....	III-3
3.1.5	Penentuan Tujuan Penelitian .....	III-4
3.1.6	Penentuan Batasan Masalah dan Asumsi .....	III-4
3.2	Tahap Perancangan Eksperimen .....	III-4
3.2.1	Penentuan Respon .....	III-4
3.2.2	Penentuan Parameter Proses.....	III-5
3.2.3	Penentuan Level .....	III-5
3.2.4	Penentuan <i>Orthogonal Array</i> .....	III-5
3.3	Tahap Pelaksanaan Eksperimen .....	III-6
3.3.1	Persiapan Mesin, Bahan dan Alat Pendukung.....	III-6
3.3.2	Pelaksanaan Eksperimen .....	III-6
3.4	Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data.....	III-7
3.4.1	Pencatatan <i>Dimensional Accuracy</i> Panjang .....	III-7
3.4.2	Pencatatan <i>Dimensional Accuracy</i> Diameter Dalam.....	III-7
3.4.3	Pencatatan <i>Dimensional Accuracy</i> Diameter Luar.....	III-7
3.4.4	Pencatatan Durasi Cetak.....	III-7
3.4.5	Optimasi Menggunakan Metode Taguchi .....	III-7
3.5	Tahap Akhir Penelitian.....	III-8
3.5.1	Analisis Hasil Eksperimen .....	III-8
3.5.2	Kesimpulan dan Saran.....	III-8
<b>BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....</b>		<b>IV-1</b>
4.1	Gambaran Umum .....	IV-1
4.2	Pengumpulan Data .....	IV-2
4.2.1	Hasil Pengukuran Dimensi Panjang (L) .....	IV-5
4.2.2	Hasil Pengukuran Diameter Dalam (d1) .....	IV-7
4.2.3	Hasil Pengukuran Diameter Luar (d2) .....	IV-9
4.2.4	Hasil Pengukuran Durasi Cetak (t).....	IV-11
4.3	Pengolahan Data Hasil Eksperimen.....	IV-12
4.3.1	Perhitungan Analisis Variansi (ANOVA) Terhadap Nilai <i>Mean</i> Persentase Delta Panjang (% $\Delta L$ ).....	IV-12
4.3.2	Perhitungan Analisis Variansi (ANOVA) Terhadap Nilai <i>Mean</i> Persentase Delta Diameter Dalam (% $\Delta d1$ ) .....	IV-15
4.3.3	Perhitungan Analisis Variansi (ANOVA) Terhadap Nilai <i>Mean</i> Persentase Delta Diameter Luar (% $\Delta d2$ ).....	IV-18

4.3.4	Perhitungan Analisis Variansi (ANOVA) Terhadap Nilai <i>Mean</i> Durasi Cetak (t) .....	IV-21
4.3.5	Perhitungan Signal to Noise Ratio Persentase Delta Panjang (% $\Delta L$ ) .....	IV-24
4.3.6	Perhitungan Signal to Noise Ratio Persentase Delta Diameter Dalam (% $\Delta d_1$ ) .....	IV-25
4.3.7	Perhitungan Signal to Noise Delta Diameter Luar (% $\Delta d_2$ ).....	IV-26
4.3.8	Perhitungan Signal to Noise Durasi Cetak (t) .....	IV-27
4.4	Analisis Multirespon dengan Metode PCR-SNR.....	IV-28
4.4.1	Perhitungan PCR-SNR untuk Persentase Delta Panjang (% $\Delta L$ ) .....	IV-29
4.4.2	Perhitungan PCR-SNR untuk Persentasi Delta Diameter Dalam (% $\Delta d_1$ ).....	IV-30
4.4.3	Perhitungan PCR-SNR untuk Persentase Diameter Luar (% $\Delta d_2$ ) .....	IV-32
4.4.4	Perhitungan PCR-SNR untuk Durasi Cetak (t) .....	IV-33
4.4.5	Perhitungan PCR-TOPSIS.....	IV-34
4.4.6	Penentuan Kondisi Optimal.....	IV-36
4.4.7	Perhitungan Analisis Variansi (ANOVA) terhadap Nilai <i>Mean</i> PCR-TOPSIS.....	IV-38
4.5	Tahap Verifikasi.....	IV-39
4.5.1	Hasil Pengujian Eksperimen Konfirmasi .....	IV-39
4.5.2	Perbandingan Hasil Spesimen <i>Default</i> dan Eksperimen Konfirmasi .....	IV-41
4.5.3	Menentukan Nilai Prediksi Respon dan Selang Kepercayaan Terhadap Nilai <i>Mean</i> Persentase Delta Panjang (% $\Delta L$ ).....	IV-43
4.5.4	Menentukan Nilai Prediksi Respon dan Selang Kepercayaan Terhadap Nilai <i>Mean</i> Persentase Delta Diameter Dalam (% $\Delta d_1$ ).....	IV-45
4.5.5	Menentukan Nilai Prediksi Respon dan Selang Kepercayaan Terhadap Nilai <i>Mean</i> Persentase Delta Diameter Luar (% $\Delta d_2$ ) .....	IV-49
4.5.6	Menentukan Nilai Prediksi Respon dan Selang Kepercayaan Terhadap Nilai <i>Mean</i> Durasi Cetak (t) .....	IV-50
<b>BAB V ANALISIS DAN INTERPRETASI HASIL.....</b>		<b>V-1</b>
5.1	Analisis <i>Setting</i> Level Optimal Menggunakan Metode Taguchi dan PCR-TOPSIS .....	V-1

5.2	Analisis Persentase Delta Dimensi Panjang ( $\% \Delta l$ ) .....	V-2
5.2.1	Analisis Faktor <i>Nozzle Temperature</i> .....	V-2
5.2.2	Analisis Faktor <i>Infill Density</i> .....	V-3
5.2.3	Analisis Faktor <i>Layer Height</i> .....	V-4
5.2.4	Analisis <i>Confidence Interval</i> .....	V-5
5.3	Analisis Persentase Delta Diameter Dalam ( $\% \Delta d1$ ) .....	V-5
5.3.1	Analisis Faktor <i>Nozzle Temperature</i> .....	V-5
5.3.2	Analisis Faktor <i>Infill Density</i> .....	V-6
5.3.3	Analisis Faktor <i>Layer Height</i> .....	V-7
5.3.4	Analisis <i>Confidence Interval</i> .....	V-8
5.4	Analisis Persentase Delta Diameter Luar ( $\% \Delta d2$ ) .....	V-9
5.4.1	Analisis Faktor <i>Nozzle Temperature</i> .....	V-9
5.4.2	Analisis Faktor <i>Infill Density</i> .....	V-10
5.4.3	Analisis Faktor <i>Layer Height</i> .....	V-11
5.4.4	Analisis <i>Confidence Interval</i> .....	V-12
5.5	Analisis Durasi Cetak ( <i>t</i> ) .....	V-12
5.5.1	Analisis Faktor <i>Nozzle Temperature</i> .....	V-12
5.5.2	Analisis Faktor <i>Infill Density</i> .....	V-13
5.5.3	Analisis Faktor <i>Layer Height</i> .....	V-14
5.5.4	Analisis <i>Confidence Interval</i> .....	V-15
5.6	Analisis Perbandingan Spesimen <i>Default</i> dan Eksperimen Konfirmasi .....	V-15
5.6.1	Analisis Perbandingan Persentase Delta Dimensi Panjang .....	V-16
5.6.2	Analisis Perbandingan Persentase Delta Diameter Dalam .....	V-16
5.6.3	Analisis Perbandingan Persentase Delta Diameter Luar .....	V-16
5.6.4	Analisis Perbandingan Durasi Cetak .....	V-16
<b>BAB VI KESIMPULAN .....</b>		<b>VI-1</b>
6.1	Kesimpulan .....	VI-1
6.2	Saran .....	VI-1
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Summary of Materials, Application, Benefits and Drawbacks of the Main Methods of Additive Manufacturing.....	II-6
Tabel 2.2	Spesifikasi part mesin FDM tipe Cartesian .....	II-11
Tabel 2.3	Perbandingan Selang Kepercayaan.....	II-24
Tabel 2.4	Posisi Penelitian .....	II-25
Tabel 3.1	<i>Orthogonal Array</i> L9 .....	III-6
Tabel 4.1	Desain Parameter Proses L9.....	IV-2
Tabel 4.2	Data Awal Pengukuran Dimensi Panjang.....	IV-5
Tabel 4.3	Hasil Pengukuran Persentase Delta Panjang.....	IV-7
Tabel 4.4	Data Awal Pengukuran Diameter Dalam.....	IV-7
Tabel 4.5	Hasil Pengukuran Persentase Delta Diameter Dalam .....	IV-9
Tabel 4.6	Data Awal Pengukuran Diameter Luar.....	IV-9
Tabel 4.7	Hasil Pengukuran Persentase Delta Diameter Luar .....	IV-11
Tabel 4.8	Hasil Pengukuran Durasi Cetak .....	IV-11
Tabel 4.9	Hasil Rata-rata Persentase Delta Panjang .....	IV-13
Tabel 4.10	Tabel Respon Persentase Delta Panjang.....	IV-14
Tabel 4.11	Hasil Perhitungan Anova terhadap Nilai Mean Persentase Delta Panjang .....	IV-14
Tabel 4.12	Hasil Rata-rata Persentase Delta Diameter Dalam.....	IV-16
Tabel 4.13	Tabel Respon Persentase Delta Diameter Dalam .....	IV-17
Tabel 4.14	Hasil Perhitungan Anova terhadap Nilai Mean Persentase Delta Diameter Dalam .....	IV-17
Tabel 4.15	Hasil Rata-rata Persentase Delta Diameter Luar.....	IV-19
Tabel 4.16	Tabel Respon Persentase Delta Diameter Luar .....	IV-20
Tabel 4.17	Hasil Perhitungan Anova terhadap Nilai Mean Persentase Delta Diameter Luar .....	IV-20
Tabel 4.18	Hasil Rata-rata Persentase Durasi Cetak .....	IV-22
Tabel 4.19	Tabel Respon Persentase Durasi Cetak .....	IV-23
Tabel 4.20	Hasil Perhitungan Anova terhadap Nilai Mean Durasi Cetak .....	IV-23
Tabel 4.21	Perhitungan SNR Delta Panjang .....	IV-24
Tabel 4.22	Perhitungan SNR Delta Diameter Dalam .....	IV-25

Tabel 4.23	Perhitungan SNR Delta Diameter Luar .....	IV-27
Tabel 4.24	Perhitungan SNR Durasi Cetak .....	IV-28
Tabel 4.25	Perhitungan PCR-SNR Persentase Delta Panjang .....	IV-30
Tabel 4.26	Perhitungan PCR-SNR Persentase Delta Diameter Dalam .....	IV-31
Tabel 4.27	Perhitungan PCR-SNR Persentase Delta Diameter Luar .....	IV-33
Tabel 4.28	Perhitungan PCR-SNR Persentase Durasi Cetak .....	IV-34
Tabel 4.29	Perhitungan PCR-TOPSIS .....	IV-36
Tabel 4.30	Rekapitulasi PCR-TOPSIS .....	IV-37
Tabel 4.31	Respon PCR-TOPSIS .....	IV-38
Tabel 4.32	Hasil Perhitungan Anova PCR-TOPSIS .....	IV-39
Tabel 4.33	Pengukuran Eksperimen Konfirmasi PCR-TOPSIS .....	IV-40
Tabel 4.34	Hasil Pengujian Eksperimen Konfirmasi PCR-TOPSIS .....	IV-41
Tabel 4.35	Data Awal Pengukuran Eksperimen <i>Default</i> .....	IV-41
Tabel 4.36	Hasil Pengukuran Spesimen <i>Default</i> .....	IV-42
Tabel 4.37	Perbandingan Hasil Spesimen <i>Default</i> dengan Eksperimen Konfirmasi .....	IV-42

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Ventilator Machine</i> .....	II-1
Gambar 2.2	<i>2-Port Ventilator Splitter</i> .....	II-2
Gambar 2.3	<i>4- Port Ventilator Splitter by Simel</i> .....	II-2
Gambar 2.4	<i>4- Port Ventilator Splitter by Alexander Clarke</i> .....	II-3
Gambar 2.5	Model CAD pada gambar kiri dan format STL pada gambar kanan .....	II-4
Gambar 2.6	<i>Cartesian FDM Machine</i> .....	II-9
Gambar 2.7	<i>Delta FDM Machine</i> .....	II-9
Gambar 2.8	<i>Polar FDM Machine</i> .....	II-10
Gambar 2.9	<i>Scara FDM Machine</i> .....	II-10
Gambar 2.10	Mesin <i>3D Printing</i> Prusa tipe i4 .....	II-12
Gambar 3.1	<i>Flowchart</i> Penelitian .....	III-1
Gambar 3.1	<i>Flowchart</i> Penelitian (lanjutan) .....	III-2
Gambar 4.1	2D Drawing Flow restrictor 22mm .....	IV-1
Gambar 4.2	Mesin <i>3D Printing</i> Prusa i4 .....	IV-3
Gambar 4.3	2D Proses <i>printing</i> dengan Mesin <i>3D Printing</i> Prusa i4 .....	IV-3
Gambar 4.4	Filamen Polylite tipe PLA .....	IV-3
Gambar 4.5	Proses Pelaksanaan Eksperimen .....	IV-4
Gambar 4.6	Spesimen Eksperimen .....	IV-5
Gambar 4.7	Dimensi Pengukuran Panjang .....	IV-6
Gambar 4.8	Pengukuran Panjang dengan Alat Ukur .....	IV-6
Gambar 4.9	Dimensi Pengukuran Diameter Dalam .....	IV-8
Gambar 4.10	Pengukuran Diameter Dalam dengan Alat Ukur .....	IV-8
Gambar 4.11	Dimensi Pengukuran Diameter Luar .....	IV-10
Gambar 4.12	Pengukuran Diameter Luar dengan Alat Ukur .....	IV-10
Gambar 4.13	Waktu yang Terbaca pada LCD .....	IV-12
Gambar 4.14	Spesimen Cetak Eksperimen Konfirmasi .....	IV-40
Gambar 4.15	Perbandingan Nilai Selang Kepercayaan Delta Panjang .....	IV-45
Gambar 4.16	Perbandingan Nilai Selang Kepercayaan Delta Diameter Dalam .....	IV-47
Gambar 4.17	Perbandingan Nilai Selang Kepercayaan Delta Diameter Luar .....	IV-50



Gambar 4.18	Perbandingan Nilai Selang Kepercayaan Durasi Cetak.....	IV-53
Gambar 5.1	Grafik Respon Persentase Delta Dimensi Panjang berdasarkan Faktor <i>Nozzle Temperature</i> .....	V-2
Gambar 5.2	Grafik Respon Persentase Delta Dimensi Panjang berdasarkan Faktor <i>Infill Density</i> .....	V-3
Gambar 5.3	Grafik Respon Persentase Delta Dimensi Panjang berdasarkan Faktor <i>Layer Height</i> .....	V-4
Gambar 5.4	Grafik Respon Persentase Delta Diameter Dalam berdasarkan Faktor <i>Nozzle Temperature</i> .....	V-6
Gambar 5.5	Grafik Respon Persentase Delta Dimensi Diameter Dalam berdasarkan Faktor <i>Infill Density</i> .....	V-7
Gambar 5.6	Grafik Respon Persentase Delta Dimensi Diameter Dalam berdasarkan Faktor <i>Layer Height</i> .....	V-8
Gambar 5.7	Grafik Respon Persentase Delta Dimensi Diameter Luar berdasarkan Faktor <i>Nozzle Temperature</i> .....	V-9
Gambar 5.8	Grafik Respon Persentase Delta Dimensi Diameter Luar berdasarkan Faktor <i>Infill Density</i> .....	V-10
Gambar 5.9	Grafik Respon Persentase Delta Dimensi Diameter Luar berdasarkan Faktor <i>Layer Height</i> .....	V-11
Gambar 5.10	Grafik Respon Durasi Cetak berdasarkan Faktor <i>Nozzle Temperature</i> .....	V-13
Gambar 5.11	Grafik Respon Durasi Cetak berdasarkan Faktor <i>Infill Density</i> .....	V-14
Gambar 5.12	Grafik Respon Durasi Cetak berdasarkan Faktor <i>Layer Height</i> .....	V-15