

SKRIPSI

**OPTIMASI VARIASI PARAMETER CETAK 3D
UNTUK MEMINIMALKAN *VOID* DAN
KEAUSAN PADA BEARING BERBAHAN
*NYLON***



Oleh :

NAUFAL FELIX FERDIANSYAH
NPM. 21036010048

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK & SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN”
JAWA TIMUR
2025**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**OPTIMASI VARIASI PARAMETER CETAK 3D UNTUK MEMINIMALKAN
VOID DAN KEAUSAN PADA BEARING BERBAHAN NYLON**

Disusun Oleh :

NAUFAL FELIX FERDIANSYAH

NPM.21036010048

Telah di uji, dipertahankan, dan diterima oleh Tim Penguji Skripsi Program Studi
Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
Pada Hari Rabu, 03 Desember 2025

Dosen Penguji I

Dosen Pembimbing

Ahmad Khairul Faizin, S.T., M.Sc
NIP. 199301202024061001

Dr. Wahyu Dwi Lestari, S.Pd., M.T.
NIP. 199101142025062005

Dosen Penguji II

Koordinator Program Studi Teknik Mesin

Dr. M. Danny Pratama Lamura, S.Pd., M.T.
NIP. 199904192024061001

Dr.T.Ir. Luluk Edahwati, M.T.
NIP. 19640611 199203 2 001

Mengetahui
Dekan Fakultas Teknik & Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur

Prof. Dr. Dra. Jarivah, MP.
NIP. 19650403 199103 2 001



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS**

KETERANGAN REVISI

Mahasiswa di bawah ini:

Nama : Naufal Felix F

NPM : 21036010048

Program Studi : ~~Teknik Kimia~~ / ~~Teknik Industri~~ / ~~Teknologi Pangan~~ /
~~Teknik Lingkungan~~ / ~~Teknik Sipil~~ / Teknik Mesin

Telah mengerjakan revisi / ~~tidak ada revisi~~ *) ~~PRA RENCANA (DESAIN)~~ / ~~SEMINAR PROPOSAL~~ / SKRIPSI / TUGASAKHIR Ujian Lisan Periode IV, TA . 2024/2025.

Dengan judul : OPTIMASI VARIASI PARAMETER CETAK 3D UNTUK
MEMINIMALKAN VOID DAN KEAUSAN PADA BEARING
BERBAHAN NYLON

Dosen Penguji yang memerintahkan revisi

1. Ahmad Khairul Faizin, S.T., M.Sc.

2. Dr. M. Danny Pratama Lamura, S. Pd., M.T.

Surabaya, 14 November 2025

Menyetujui,
Dosen Pembimbing

Dr. Wahyu Dwi Lestari, S.Pd., MT.
NIP. 199101142025062005

Catatan: *) coret yang tidak perlu

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Naufal Felix Ferdiansyah
NPM : 21036010048
Program : Sarjana (S1)
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik & Sains

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Skripsi ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dan saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi. Apabila dikemudian hari ditemukan indikasi plagiat pada Skripsi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun juga dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 14 November 2025

Yang Membuat Pernyataan



Naufal Felix Ferdiansyah
21036010048

KATA PENGANTAR

Segala puji dan rasa syukur mendalam saya panjatkan kehadirat Allah subhanahu wa ta'ala, karena berkat limpahan Rahmat, hidayah, dan inayah-Nya maka penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Salawat serta salam semoga selalu tercurah kepada nabi kita Muhammad Shallallahu alaihi wasalam, karena perjuangan beliau kita dapat hidup di peradapan islam yang telah disempurnakan. Sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul “Optimasi Variasi Parameter Cetak 3D Untuk Meminimalkan *Void* Dan Keausan Pada Bearing Berbahan *Nylon*” dengan baik sebagai syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Strata (S1) Teknik Mesin.

Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya atas semua bantuan yang telah diberikan, baik secara langsung maupun tidak langsung selama penyusunan penelitian ini hingga selesai. Secara khusus rasa terimakasih tersebut kami sampaikan kepada:

1. qIbu **Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P.** selaku Dekan Fakultas teknik Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Ibu **Dr. Ir. Luluk Edahwati, M.T.** selaku Koordinator Program Studi Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Ibu **Dr. Wahyu Dwi Lestari, S.Pd., M.T.** selaku Dosen Pembimbing skripsi ini.
4. Bapak **Ahmad Khairul Faizin, S.T., M.Sc.** selaku Dosen Penguji 1 skripsi ini.
5. Bapak **Dr. M. Danny Pratama Lamura, S.Pd., M.T.** selaku Dosen Penguji 2 skripsi ini.
6. Kepada Bapak **Abdul Kadir** dan Ibu **Sumariyanti** selaku orang tua yang senantiasa bersabar terus mendukung penulis serta menjadi sumber motivasi utama bagi penulis untuk bekerja keras dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Kepada semua **teman teman Program Studi Teknik Mesin** yang tidak sempat penulis tuliskan satu persatu dan telah memberikan pelajaran, motivasi, kontribusi secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian studi, dan kesan yang indah selama menyelesaikan perkuliahan ini penulis mengucapkan banyak terimakasih atas bantuannya.

Akhirnya, penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penulisan hasil penelitian ini masih banyak terdapat kekurangan, maka dari itu kritik dan saran yang sifatnya membangun demi kesempurnaan skripsi ini sangat penulis harapkan. Akhir kata penulis menyampaikan terima kasih atas bantuan dari semua pihak dan mudah-mudahan skripsi ini dapat berguna bagi kita semua. Semoga Allah SWT., selalu meridhoi niat baik hamba-Nya. Aamiin.

Surabaya, 14 November 2025

Penulis

Naufal Felix Ferdiansyah

NPM. 21036010048

ABSTRAK

Penelitian ini menganalisis pengaruh parameter proses cetak 3D berbasis *Fused Deposition Modeling* (FDM) terhadap pembentukan *void* dan laju keausan pada bearing berbahan *nylon*. Tiga parameter utama yang diuji ialah *layer height*, *nozzle temperature*, dan *infill density*, masing-masing pada tiga level dengan rancangan eksperimen Taguchi L9 (3^3). *Void* dianalisis melalui citra mikroskop optik menggunakan *ImageJ*, sedangkan laju keausan ditentukan berdasarkan selisih massa sebelum dan sesudah pengujian. Data dianalisis dengan metode Taguchi, ANOVA, dan *Grey Relational Analysis* (GRA) untuk memperoleh kombinasi multirespon optimum. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *infill density* berpengaruh paling besar terhadap pembentukan *void* dengan kontribusi 90% ($p = 0,003$), sedangkan *layer height* dominan terhadap laju keausan dengan kontribusi 71% ($p = 0,021$). Kombinasi optimum (*layer height* 0,12 mm, *nozzle* 270°C, *infill density* 100%) menghasilkan penurunan *void* sebesar 54% dan laju keausan sebesar 22% dibanding kondisi terburuk. Nilai GRG prediksi sebesar 0,95 dan aktual 0,94 menunjukkan model valid secara kuantitatif. Penelitian ini memberikan kontribusi terhadap peningkatan efisiensi dan ketahanan aus komponen polimer hasil manufaktur aditif.

Kata Kunci : 3D Printing, Nylon Bearing, Void, Laju Keausan, Metode Taguchi, ANOVA, Grey Relational Analysis

ABSTRACT

This study analyzes the effect of 3D printing process parameters based on Fused Deposition Modeling (FDM) on void formation and wear rate in nylon bearings. Three main parameters tested were layer height, nozzle temperature, and infill density, each at three levels with a Taguchi L9 (3^3) experimental design. Voids were analyzed through optical microscope images using ImageJ, while the wear rate was determined based on the mass difference before and after the test. Data were analyzed using Taguchi, ANOVA, and Grey Relational Analysis (GRA) methods to obtain the optimum multi-response combination. The results showed that infill density had the greatest effect on void formation with a contribution of 90% ($p = 0.003$), while layer height was dominant on the wear rate with a contribution of 71% ($p = 0.021$). The optimum combination (layer height 0.12 mm, nozzle 270°C, infill density 100%) resulted in a 54% reduction in voids and a 22% reduction in wear rate compared to the worst condition. The predicted GRG value of 0.95 and the actual value of 0.94 indicate the model is quantitatively valid. This research contributes to improving the efficiency and wear resistance of additively manufactured polymer components.

Key Word : 3D Printing, Nylon Bearing, Void, Wear Rate, Taguchi Method, ANOVA, Grey Relational Analysis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	2
LEMBAR BEBAS REVISI.....	iii
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK.....	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Penelitian Terdahulu Terkait Bearing Hasil Cetak 3D	4
2.2 Tribologi	5
2.3 <i>Bearing</i>	6
2.2.1 <i>Journal Bearing</i>	6
2.3 Teknologi 3D <i>Printing</i>	7
2.4 Parameter Pencetakan.....	8
2.5 Filamen	9
2.5.1 Polimer	9
2.5.2 Karakteristik <i>Nylon</i>	10
2.6 <i>Void</i>	10
2.6.1 Mikroskop Optik	11
2.7 Laju Keausan	11
2.8 Metode Analisis.....	13
2.8.1 Taguchi <i>S/N Ratio</i>	13
2.8.2 Metode ANOVA	14
2.8.3 Metode GRA	14
2.9 Hipotesis Penelitian	16

BAB III METODOLOGI.....	17
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	17
3.1.1 Lokasi Penelitian	17
3.1.2 Waktu Penelitian	17
3.2 Diagram Alir Penelitian.....	17
3.2.1 Studi Literatur.....	19
3.2.2 Menentukan Variabel dan Desain Eksperimen	19
3.2.3 Persiapan dan Pencetakan.....	19
3.2.4 Analisis <i>Void</i> dan Pengambilan Data Laju Keausan	19
3.2.5 Pengumpulan Data.....	20
3.3 Alat dan Bahan	20
3.4 Desain Eksperimen.....	21
3.4.1 Variabel Bebas dan Variabel Terikat.....	21
3.4.2 Variabel Kontrol.....	21
3.5 Rancangan eksperimen.....	22
3.6 Desain Produk Eksperimen	22
3.7 Analisis <i>Void</i>	23
3.8 Uji Laju Keausan.....	24
3.9 Metode Analisis Data	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	26
4.1 Pengaruh Variasi Parameter Cetak Terhadap Pembentukan <i>Void</i>	26
4.2 Pengaruh Parameter Cetak Terhadap Keausan.....	30
4.3 Analisa Data Error.....	32
4.4 Optimasi <i>Multi-Response</i> dengan GRA	34
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	37
5.1 Kesimpulan.....	37
5.2 Saran	37
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Journal Bearing</i>	7
Gambar 2. 2 Cara Kerja Mesin 3D Printing	7
Gambar 2. 3 Timbangan <i>Analytical</i>	13
Gambar 3. 1 Diagram Alir	18
Gambar 3. 2 <i>Hexagonal Bearing</i>	23
Gambar 3. 3 <i>Bearing sebelum</i> dan sesudah dipotong	23
Gambar 3. 4 Skema Pengamatan <i>Void</i>	24
Gambar 3. 5 Skema Pengujian <i>Bearing</i>	24
Gambar 3. 6 Kondisi Nyata Pengujian <i>Bearing</i>	25
Gambar 4. 1 <i>Void</i> Pada Penampang <i>Bearing</i> Percobaan 8	26
Gambar 4. 2 Hasil Data Persentase Area <i>Void</i>	27
Gambar 4. 3 Grafik <i>Main Effect Plot</i> Respon <i>Void</i>	29
Gambar 4. 4 Hasil Data Laju Keausan	30
Gambar 4. 5 Grafik <i>Main Effect Plot</i> Respon Laju Keausan	31
Gambar 4. 6 Hasil Perhitungan GRA	35

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Alat dan Bahan	20
Tabel 3. 2 Variabel Bebas dan Terikat	21
Tabel 3. 3 Variabel Kontrol.....	21
Tabel 3. 4 Rancangan Eksperimen	22
Tabel 4. 1 Nilai S/N Rasio Respon <i>Void</i>	27
Tabel 4. 2 Hasil ANOVA Analisis <i>Void</i>	29
Tabel 4. 3 Nilai Rasio S/N Respon Laju Keausan.....	30
Tabel 4. 4 Hasil ANOVA Uji Keausan	32
Tabel 4. 5 Analisa <i>Error</i> Respon <i>Void</i>	33
Tabel 4. 6 Analisa <i>Error</i> Respon Laju Keausan.....	33

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Proses Pencetakan Produk	43
Lampiran 2 Langkah-Langkah Pengujian Void	44
Lampiran 3 Langkah-Langkah Pengujian Keausan.....	48
Lampiran 4 Hasil Pengambilan Data Mentah.....	60
Lampiran 5 Perhitungan Uji Konfirmasi	62
Lampiran 6 Biodata Mahasiswa	63