

SKRIPSI

**ANALISA DISTRIBUSI TEMPERATUR PANAS PADA MESIN
EXTRUDER FILAMENT 3D PRINTING FUSED DEPOSITION
MODELLING**



*Mencerdaskan &
Memartabatkan Bangsa*

Oleh :

Eldo Wahid Zufardi Fadnan

1502618017

Skripsi Ini Ditulis Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Dalam Mendapatkan
Gelar Sarjana Pendidikan

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2023**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI I

Judul : Analisa Distribusi Temperatur Panas pada Mesin *Extruder Filament 3D Printing Fused Deposition Modelling*

Penyusun : Eldo Wahid Zufardi Fadnan

NIM : 1502618017

Pembimbing 1 : Ahmad Kholil., S.T., M.T.

Pembimbing 2 : Dr. Eko Arif Syaefudin, M.T.

Disetujui Oleh:

Pembimbing I

Pembimbing II



Ahmad Kholil., S.T., M.T.

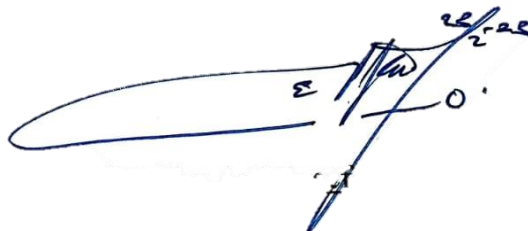
NIP. 197908312005011001



Dr. Eko Arif Syaefudin, M.T.

NIP. 198310132008121002

Mengetahui,
Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Mesin



Dr. Eko Arif Syaefudin, M.T.

NIP. 198310132008121002

LEMBAR PENGESAHAN II

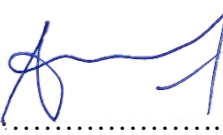
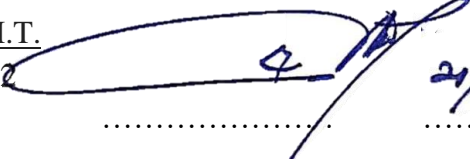
Judul : Analisa Distribusi Temperatur Panas pada Mesin *Extruder Filament 3D Printing Fused Deposition Modelling*

Penyusun : Eldo Wahid Zufardi Fadnan

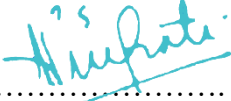


NIM : 1502618017

Tanggal Ujian: 17 Februari 2023

Telah diperiksa dan disetujui oleh :


Nama Dosen	Tanda Tangan	Tanggal
<u>Ahmad Kholil., S.T., M.T.</u> NIP. 197908312005011001 (Dosen Pembimbing I)		20/02/2023
<u>Dr. Eko Arif Syaefudin, M.T.</u> NIP. 198310132008121002 (Dosen Pembimbing II)		20/2 - 2023

PENGESAHAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

<u>Prof. Dr. Zulfiati, M.Pd.</u> NIP. 195008071976032001 (Ketua Penguji)		20/02/2023
<u>Ahmad Lubi, M.Pd., M.T.</u> NIDK. 8984150022 (Sekretaris)		20/02 2023
<u>Rani Anggrainy, S.Pd., M.Pd.</u> NIP. 199201102022032005 (Dosen Ahli)		20/02/2023

Mengetahui

Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Mesin


Dr. Eko Arif Syaefudin, M.T.
NIP. 198310132008121002

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Skripsi saya yang berjudul “Analisa Distribusi Temperatur Panas Pada Mesin *Extruder Filament 3D Printing Fused Deposition Modelling*“
2. Karya tulis ilmiah ini murni gagasan, rumusan dan penelitian saya dengan arahan dosen pembimbing
3. Karya tulis ilmiah ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis tercantum sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan aturan yang berlaku.

Jakarta, 20 Februari 2023

Yang membuat pernyataan



Eldo Wahid Zufardi Fadnan

NIM. 1502618017



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
UPT PERPUSTAKAAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220
Telepon/Faksimili: 021-4894221
Laman: lib.unj.ac.id

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Negeri Jakarta, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Eldo Wahid Zufardi Fadnan
NIM : 1502618017
Fakultas/Prodi : Teknik/Pendidikan Teknik Mesin
Alamat email : eldowahidzf@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

Skripsi Tesis Disertasi Lain-lain (.....)

yang berjudul :

“Analisa Distribusi Temperatur Panas pada Mesin *Extruder Filament 3D Printing Fused Deposition Modelling*”

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 27 Februari 2023
Penulis

Eldo Wahid Zufardi Fadnan

KATA PENGANTAR

Puji serta Syukur atas ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan Hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul “Analisa Distribusi Temperatur Panas pada Mesin *Extruder Filament 3D Printing Fused Deposition Modelling*”. Skripsi ini merupakan salah satu persyaratan yang dilakukan untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan Teknik Mesin pada Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta. Peneliti paham dalam menyelesaikan penelitian ini tidak mungkin dilakukan tanpa bantuan, bimbingan, arahan serta dukungan dari berbagai pihak, oleh karena itu dengan rasa hormat penulis mengucapkan terima kasih kepada :

Selama pelaksanaan penulisan skripsi ini, Penulis telah menerima bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:


1. Allah SWT yang selalu melimpahkan rahmat serta karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Kedua Orang tua dan keluarga, atas doa dan dukungan baik secara moral maupun material.
3. Bapak Dr. Eko Arif Syaefudin, M.T. selaku Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta dan Dosen Pembimbing 2 dalam penelitian dan penulisan skripsi, yang telah memberikan pencerahan dan solusi kepada saya untuk menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak Ahmad Kholil., S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing 1 dalam penelitian dan penulisan skripsi, yang telah memberikan arahan kepada saya untuk menyelesaikan skripsi ini.
5. Bapak dan Ibu dosen Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta yang telah memberikan ilmu dan pembelajaran nya.
6. Bapak dan Ibu dosen Rekayasa Keselamatan Kebakaran, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta yang telah memberikan ilmu dan pembelajaran nya.

7. Seluruh staff dan karyawan akademik Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta yang telah memberikan ilmu dan pengalamannya.
8. Seluruh rekan mahasiswa Pendidikan Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta, khususnya angkatan 2018 yang selalu memberikan dukungan kepada penulis sehingga Skripsi ini dapat selesai.
9. Rekan – rekan tim *3D Printing* yang selalu membantu, mendukung dan memberikan semangat dalam melaksanakan penelitian dan penulisan ini.
10. Rekan – rekan Batavia Tim Universitas Negeri Jakarta yang selalu memberikan dukungan dan tempat untuk melakukan penelitian ini.
11. Seluruh pihak yang tidak bisa saya sebutkan satu-persatu namanya, yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Skripsi ini.

Penulis menyadari masih terdapat kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, Penulis berharap adanya kritik dan saran yang membangun. Akhir kata, Penulis mengucapkan Terima Kasih.

Jakarta, 20 Februari 2023

Penulis



Eldo Wahid Zufardi Fadnan
NIM. 1502618017

ABSTRAK

Proses ekstrusi pada *filament* ABS biasanya memiliki panas lebih dari 150°C, dan hanya pada jenis plastik tertentu yang akan diproses berdasarkan temperatur *melting* atau suhu dimana material plastik dapat meleleh [1]. Untuk mengetahui fenomena distribusi temperatur yang terjadi dan juga pengaruhnya terhadap hasil *filament* maka penelitian ini bertujuan untuk menganalisa proses distribusi temperatur panas dan kecepatan *outlet filament* pada rancangan mesin *Extruder Filament 3D* dengan menggunakan simulasi *Computational Fluid Dynamics* melalui *software Ansys Academic Workbench 2022*. Simulasi dilakukan dengan dua simulasi yang berbeda yang akan menggunakan pemanasan dengan variasi temperatur 195°C, 210°C, dan 225°C. Berdasarkan dari data hasil simulasi bahwa temperatur pada sistem ekstrusi mengalami pemanasan dan pendistribusian temperatur yang merata saat proses pencetakan karena menggunakan elemen pemanas *band-heater* pada uji coba. Hal ini menghasilkan beberapa kesimpulan temperatur yang sesuai untuk produk *filament* yaitu pada temperatur 210°C.

Kata kunci: Plastik, Ekstrusi, 3D *Printing*, CFD, Filamen, ABS, Ansys.

ABSTRACT

Extrusion process on ABS filament usually has heat of more than 150°C, and only certain types of plastic will be processed based on the melting temperature or the temperature at which the plastic material can melt [1]. To find out the temperature distribution phenomenon that occurs and also its effect on filament yield, this study aims to analyze the distribution process of fluid flow and hot barrel temperature in the 3D Extruder Filament machine design using Computational Fluid Dynamics simulation through Ansys Academic Workbench 2022 software. The simulation is carried out using two different simulations that will use heating with temperature variations of 195°C, 210°C, and 225°C. based on the simulation results data that the temperature in the extrusion system experiences heating and an even temperature distribution during the printing process because it uses a band-heater heating element in the trial. This results in several temperature conclusions suitable for the filament product is at temperature 210°C.

Keywords : *Plastic, Extruction, 3D Printing, CFD, Filament, ABS, Ansys.*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI I	i
LEMBAR PENGESAHAN II	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	2
1.3. Pembatasan Masalah	3
1.4. Perumusan Masalah.....	3
1.5. Tujuan Penelitian.....	3
1.6. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II KAJIAN TEORI	
2.1 Mesin <i>Extruder</i>	5
2.2 Laju Perpindahan Panas	10
2.3 <i>Heat Generation Rate</i>	15
2.4 <i>3D Printing Fused Deposition Modelling (FDM)</i>	16
2.5 <i>Filament 3D Printing</i>	17
2.6 <i>Computational Fluid Dynamics (CFD)</i>	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	26
3.2. Alat dan Bahan	26
3.3. Diagram Alir Penelitian.....	26
3.3.1 Uraian Diagram Alir	28
3.4. Prosedur Penelitian.....	29

3.4.1.	Persiapan Alat dan Bahan	29
3.4.2.	Pengukuran <i>Extruder Filament 3D Printing</i>	30
3.4.3.	Mendesain <i>Extruder Filament 3D Printing</i> dengan CAD	30
3.4.4.	Perhitungan Kondisi Batas.....	31
3.4.5.	Simulasi Distribusi Temperatur Panas dengan <i>Software Ansys Academic Steady-State Thermal 2022</i>	35
3.4.6.	Simulasi Distribusi Temperatur Panas Dan Kecepatan <i>Outlet</i> dengan <i>Software Ansys Academic Fluent 2022</i>	41
3.5.	Teknik Analisis Data	49
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHSAN		
4.1.	Deskripsi Hasil Penelitian	51
4.1.1.	Desain Mesin <i>Extruder Filament 3D Printing</i>	51
4.1.2.	Spesifikasi Material <i>Extruder Filament 3D Printing</i>	53
4.1.3.	Perhitungan Kondisi Batas dan Nilai Parameter.....	53
4.1.4.	Perbandingan Distribusi Temperatur pada <i>Barrel</i>	61
4.1.5.	Perbandingan Distribusi Temperatur Panas dan Kecepatan <i>Outlet</i> di Dalam <i>Barrel Extruder</i>	66
4.1.6.	Struktur Mikro pada Spesimen	71
4.2.	Analisis Data	73
4.2.1.	Distribusi Temperatur Panas Pada <i>Barrel</i>	73
4.2.2.	Distribusi Temperatur Panas dan Kecepatan <i>Outlet di Dalam Ruang Barrel</i>	74
4.3.	Pembahasan.....	74
4.4.	Aplikasi Hasil Penelitian.....	75
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1.	Kesimpulan.....	76
5.2.	Saran.....	77
DAFTAR PUSTAKA		

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Faktor Kemiringan Sudut <i>Screw</i>	15
Tabel 2. 2 Aplikasi CFD dalam berbagai bidang	19
Tabel 3. 1 <i>Material Properties</i>	31
Tabel 4. 1 <i>Material Properties</i>	53
Tabel 4. 2 Perbandingan distribusi temperatur barrel hasil uji coba (<i>Celsius</i>)	61
Tabel 4. 3 Distribusi temperatur barrel hasil simulasi CFD (<i>Celsius</i>)	61
Tabel 4. 4 Perbandingan distribusi temperatur didalam <i>barrel</i> hasil simulasi CFD (<i>celsius</i>)	66
Tabel 4. 5 Perbandingan Kecepatan <i>outlet filament</i> pada hasil simulasi	69
Tabel 4. 6 Struktur Makro spesimen <i>filament</i>	72



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Prinsip kerja mesin ekstruder	5
Gambar 2. 2 Mesin <i>Extruder Filament 3D Printing</i>	6
Gambar 2. 3 <i>Band Heater Stainless Steel</i>	7
Gambar 2. 4 <i>Barrel Stainless steel</i>	8
Gambar 2. 5 Nozzle Kuningan Diameter Lubang 2mm	9
Gambar 2. 6 Konstruksi Motor <i>Stepper</i>	9
Gambar 2. 7 <i>Ball Bearing</i>	10
Gambar 2. 8 Perpindahan panas secara konveksi	12
Gambar 2. 9 <i>3D Printing Fused Deposition Modelling (FDM)</i>	17
Gambar 2. 10 Filamen <i>3D Printing</i>	17
Gambar 2. 11 Filamen <i>3D Printing Acrylonitrile Butadiene Styrene</i>	18
Gambar 2. 12 <i>Finite Different Method (FDM)</i>	23
Gambar 2. 13 <i>Finite Element Method (FEM)</i>	24
Gambar 2. 14 <i>Finite Volume Method (FVM)</i>	24
Gambar 3. 1 Diagram Alir	27
Gambar 3. 2 Desain <i>Extruder Filament 3D Printing FDM</i>	30
Gambar 3. 4 <i>Input Engineering Data</i>	35
Gambar 3. 5 <i>Input Geometry Extruder Filament 3D Printing</i>	36
Gambar 3. 6 Part-part tiap Material	36
Gambar 3. 7 <i>Meshing</i>	37
Gambar 3. 8 <i>Assignment Materials</i>	38
Gambar 3. 9 <i>Initial Temperature</i>	38
Gambar 3. 10 <i>Analysis Settings</i>	39
Gambar 3. 11 Temperatur <i>Heater</i>	39
Gambar 3. 12 Temperatur Udara ruangan	40
Gambar 3. 13 <i>Solver Temperature</i>	40
Gambar 3. 14 <i>Input Geometry Extruder Filament 3D Printing</i>	41
Gambar 3. 15 <i>Volume Extract</i>	42
Gambar 3. 16 <i>Meshing</i>	42
Gambar 3. 17 <i>Input Named Selections</i>	43
Gambar 3. 18 <i>Setup General</i>	43
Gambar 3. 19 <i>Energy Equation (ON)</i>	44
Gambar 3. 20 <i>Viscous Models</i>	44
Gambar 3. 21 <i>Set Materials Barrel</i>	45
Gambar 3. 22 <i>Set Materials Inlet Fluid</i>	45
Gambar 3. 23 <i>Mass Flow Inlet</i>	46
Gambar 3. 24 <i>Thermal Inlet</i>	46
Gambar 3. 25 <i>Set Wall 1</i>	47
Gambar 3. 26 <i>Set Wall 2</i>	47
Gambar 3. 27 <i>Set Hybrid Initialization</i>	48

Gambar 3. 28 <i>Models Solver</i>	48
Gambar 4. 1 Desain <i>Extruder Filament 3D Printing FDM</i>	51
Gambar 4. 2 Desain 3D Bagian Utama Mesin <i>Extruder</i>	52
Gambar 4. 3 Desain 2D Bagian Utama Mesin <i>Extruder</i>	52
Gambar 4. 4 Grafik perbandingan temperatur hasil uji dengan simulasi pada <i>heater 195⁰C</i>	62
Gambar 4. 5 Grafik perbandingan temperatur hasil uji dengan simulasi pada <i>heater 210⁰C</i>	63
Gambar 4. 6 Grafik perbandingan temperatur hasil uji dengan simulasi pada <i>heater 225⁰C</i>	64
Gambar 4. 7 Gambar <i>contour</i> pada <i>barrel</i> simulasi 195 ⁰ C	65
Gambar 4. 8 Gambar <i>contour</i> pada <i>barrel</i> simulasi 210 ⁰ C	65
Gambar 4. 9 Gambar <i>contour</i> pada <i>barrel</i> simulasi 225 ⁰ C	65
Gambar 4. 10 <i>contour</i> dalam <i>barrel</i> di suhu <i>heater 195⁰C</i>	67
Gambar 4. 11 <i>contour</i> dalam <i>barrel</i> di suhu <i>heater 210⁰C</i>	68
Gambar 4. 12 <i>contour</i> dalam <i>barrel</i> di suhu <i>heater 225⁰C</i>	69
Gambar 4. 13 <i>contour</i> kecepatan <i>outlet</i> pada temperatur 195 ⁰ C	70
Gambar 4. 14 <i>contour</i> kecepatan <i>outlet</i> pada temperatur 210 ⁰ C	70
Gambar 4. 15 <i>contour</i> kecepatan <i>outlet</i> pada temperatur 225 ⁰ C	71



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumentasi Produk yang Dihasilkan	80
Lampiran 2 Mesin <i>Extruder Filament</i>	80
Lampiran 3 Desain 3D Mesin <i>Extruder Filament</i>	81
Lampiran 4 Desain 2D Bagian Sistem <i>Extruder</i>	81
Lampiran 5 Mesin 3D <i>Printing Up Box</i>	83
Lampiran 6 Distribusi Temperatur Panas pada Hasil Uji Coba.....	83
Lampiran 7 <i>Pellet Acrylonitrile Butadiene Styrene</i>	84

