

SKRIPSI

**PENGARUH DISTRIBUSI TEMPERATUR PADA RUANG
HEATED – CHAMBER MESIN 3D PRINTING TERHADAP
HASIL CETAKAN**



*Mencerdaskan &
Memartabatkan Bangsa*

Oleh :

Andika Juniar

1502618022

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 : Pengaruh Distribusi Temperatur Ruang *Heated – Chamber 3D Printing* Terhadap Hasil Cetakan.

Penyusun : Andika Juniar

NIM : 1502618022

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

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

Disetujui Oleh

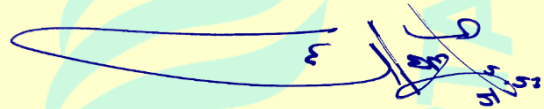
Pembimbing I



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

NIP. 197908312005011001

Pembimbing II



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 SKRIPSI II

Judul : Pengaruh Distribusi Temperatur Ruang *Heated* –
Chamber 3D Printing Terhadap Hasil Cetakan.

Penyusun : Andika Juniar

NIM : 1502618022

Tanggal Ujian : 9 Februari 2023

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

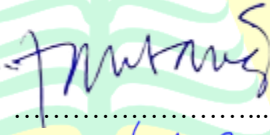
Nama Dosen (Dosen Pembimbing I)	Tanda Tangan	Tanggal
<u>Ahmad Kholil, S.T., M.T.</u> NIP. 197908312005011001 (Dosen Pembimbing II)	13 Feb 2023.....
<u>Dr. Eko Arif Syaefudin, M.T.</u> NIP. 198310132008121002	2/2-2023.....

PENGESAHAN PANITIA UJIAN SKRIPSI


(Ketua Sidang)

<u>Drs. Syamsuir, M.Pd.</u> NIP:196705151993041001	13/02/2023.....
---	--	----------------------

(Sekertaris)

<u>Drs. Tri Bambang AK, M. Pd.</u> NIP:196412021990031002	17/02/2023.....
--	--	----------------------

(Dosen Ahli)

<u>Drs. Sirojuddin, M.T.</u> NIP:196010271990031003	16/02/2023.....
--	---	----------------------

Mengetahui

Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Mesin



Dr. Eko Arif Syaefudin, M.T.

NIP. 198310132008121002

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Skripsi yang berjudul “Pengaruh Distribusi Temperatur Ruang *Heated – Chamber 3D Printing* Terhadap Hasil Cetakan”
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 di publikasi kan 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 ketidak benaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan aturan yang berlaku.

Jakarta, 12 Januari 2023
Yang membuat pernyataan



Andika Juniar
NIM. 1502618022



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 : Andika Juniar
NIM : 1502618022
Fakultas/Prodi : Fakultas Teknik/ Pendidikan Teknik Mesin
Alamat email : andikajuniar11@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 :

PENGARUH DISTRIBUSI TEMPERATUR PADA RUANG HEATED – CHAMBER
MESIN 3D PRINTNG TERHADAP HASIL CETAKAN

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, 23 Februari 2023

Penulis

(Andika Juniar)

nama dan tanda tangan

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji dan syukur atas ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan Rahmat dan Hidayah-nya, sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “ Pengaruh Distribusi Temperatur Ruang *Heated – Chamber 3D Printing* Terhadap Hasil Cetakan”. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana di Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta. Dalam menyelesaikan skripsi ini saya berterima kasih kepada pihak – pihak yang telah membantu saya untuk menyelesaikan skripsi ini, pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati saya mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Eko Arif Syaefudin, M.T. selaku Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta dan Dosen Pembimbing II saya yang telah memberikan pencerahan, solusi serta bantuan kepada saya untuk menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Ahmad Kholil, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I saya yang telah memberikan arahan, dukungan serta motivasi kepada saya untuk menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta yang tidak dapat saya sebut kan satu – persatu yang telah memberikan ilmu bermanfaat kepada saya untuk dapat menyelesaikan skripsi ini.
4. Seluruh staff dan karyawan akademik Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta yang senantiasa membantu dan memfasilitasi saya untuk menyelesaikan skripsi ini.
5. Ibu Dan Ayah serta keluarga besar yang telah memberikan dukungan moril maupun materi dan do ‘a yang terbaik.
6. Seluruh rekan – rekan Rumpun Mesin UNJ, terkhusus Pendidikan Teknik Mesin UNJ 2018 yang telah memberikan dukungan kepada saya dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Muhamad Khoirul Rohim sebagai rekan penelitian saya kali ini yang telah membantu menyelesaikan penelitian ini.

8. Yusuf Mahardika Sandy, S.Pd. dan Noval Navi'an Nur Sya'ban sebagai salah satu teman saya yang selalu memberikan dukungan dan motivasi dalam menyelesaikan skripsi ini.
9. Putri Aminah Artika, S.A.P. yang selalu memberikan semangat dan dukungan kepada saya untuk menyelesaikan skripsi ini.
10. Seluruh pihak yang telah mendukung, membantu serta memberikan motivasi kepada saya yang tidak bisa saya sebutkan satu – persatu

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan. Untuk itu saya mohon maaf apabila terdapat kesalahan baik dari segi isi ataupun tulisan baik yang disengaja ataupun tidak disengaja. Akhir kata saya berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat khususnya bagi diri saya sendiri dan umumnya bagi para pembaca.

Jakarta, 12 Januari 2023

Penulis

ABSTRAK

3D Printing *fused deposition modeling* (FDM) merupakan salah satu proses *additive manufacturing* dengan cara mencetak lapis demi lapis material hingga membentuk suatu produk tiga dimensi. Pada saat proses pencetakan diperlukan temperatur lingkungan yang tepat untuk menghasilkan produk yang baik, oleh karena itu dibutuhkan ruang ber pemanas untuk mengatur temperatur saat proses pencetakan. Maka diperlukan simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD) yang bertujuan untuk menganalisis distribusi temperatur yang terjadi di dalam ruang ber pemanas saat proses pencetakan.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan *software CFD Ansys 2022*. Simulasi dijalankan dengan dua kondisi berbeda yaitu menonaktifkan pemanas tambahan dan pemanas tambahan dinyalakan dengan variasi temperatur 70°C, 80°C, 90°C dan 100°C dengan kecepatan aliran udara sebesar 3 m/s. Material produk yang digunakan adalah *acrylonitrile butadiene styrene* (ABS) dengan ukuran 70 x 30 x 30 mm dengan variasi geometry X, Y dan Z.

Berdasarkan dari data hasil simulasi bahwa temperatur di dalam ruang ber pemanas mengalami peningkatan dan pendistribusian temperatur yang merata saat proses pencetakan seiring dengan peningkatan variasi temperatur pada pemanas tambahan hal ini juga menyebabkan pendistribusian *heat flux* pada produk merata.

Kata Kunci : *3D Printing*, *Ansys 2022*, *CFD*, Distribusi Temperatur, ABS

ABSTRACT

3D Printing fused deposition modeling (FDM) is one of the additive manufacturing processes by printing layer by layer of material to form a three-dimensional product. At the time of the printing process, the right ambient temperature is needed to produce good products, therefore a heated – chamber is needed to set the temperature during the process printing. Therefore a Computational Fluid Dynamics (CFD) simulation is needed which aims to analyze the temperature distribution that occurs in a heated – chamber during the printing process.

This research uses an experiment method with the CFD Ansys 2022 software. The simulation was carried out under two different conditions, the additional heater was turned off and the additional heater was turned on with a Temperatur variation of 70°C, 80°C, 90°C and 100°C with an airflow speed of 3 m/s. Product material used is acrylonitrile butadiene styrene (ABS) with a size of 70 x 30 x 30 mm with variations of geometry X, Y and Z.

Based on simulated data, the temperature in the heated – chamber has increased and the Temperatur distribution is evenly distributed during the printing process along with the increase in temperature variations in the Additional heating This also leads to an even distribution of the heat flux in the product.

Keywords: 3D Printing, Ansys 2022, CFD, Temperature Distribution, ABS

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI I	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI 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
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	4
1.3 Pembatasan Masalah	4
1.4 Perumusan Masalah	5
1.5 Tujuan Penelitian	5
1.6 Kegunaan Penelitian	6
BAB II KAJIAN TEORI	7
2.1 <i>3D Printing Fused Deposition Modelling (FDM)</i>	7
2.2 Pengaruh Temperatur Lingkungan Pada Proses Pencetakan	9
2.3 Perpindahan Panas	9
2.4 Konveksi	10
2.5 <i>Heat Generation Rate</i>	19
2.6 <i>Computational Fluid Dynamics (CFD)</i>	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	28
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	28
3.1.1 Tempat Penelitian	28
3.1.2 Waktu Penelitian	28
3.2 Alat dan Bahan	28

3.3	Diagram Alir Penelitian	29
3.4	Prosedur Penelitian.....	30
3.4.1	Studi Literatur.....	30
3.4.2	Mendesain <i>Heated Chamber</i> Dengan CAD.....	30
3.4.3	Perhitungan Kondisi Batas.....	32
3.4.4	Simulasi Aliran Fluida dan Distribusi Temperatur di <i>Ansys Academic Fluid 2022</i>	34
3.4.5	Desain Objek 3D Printing.....	42
3.4.6	Persiapan Parameter Pencetakan	42
3.4.7	Foto Struktur Mikro	46
3.5	Teknik Analisis Data.....	48
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		51
4.1	Deskripsi Hasil Penelitian.....	51
4.1.1	Perbandingan Distribusi Temperatur Dalam <i>Heated – Chamber</i>	51
4.1.2	Perbandingan Aliran Udara Didalam <i>Heated – Chamber</i>	58
4.1.3	Perbandingan <i>Heatflux</i> Pada Spesimen	59
4.2	Analisis Data	64
4.2.1	Distribusi Temperatur Dalam Ruang <i>Heated – Chamber</i>	64
4.2.2	Distribusi Aliran Udara Dalam Ruang <i>Heated – Chamber</i>	64
4.2.3	Distribusi <i>Heatflux</i> Pada Spesimen.....	65
4.2.4	Pengaruh <i>Heatflux</i> Pada Spesimen.....	65
4.3	Pembahasan.....	67
4.4	Aplikasi Hasil Penelitian.....	67
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		69
5.1	Kesimpulan	69
5.2	Saran.....	70
DAFTAR PUSTAKA		71
LAMPIRAN.....		74
RIWAYAT HIDUP		102

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Aplikasi CFD dalam berbagai bidang	21
Tabel 3. 1 <i>Table Properties of 1 atm Pressure</i>	32
Tabel 3. 2 <i>Material Properties</i>	33
Tabel 4. 1 Distribusi temperatur hasil eksperimen (Celsius)	51
Tabel 4. 2 Distribusi temperatur hasil komputasi (Celsius)	51
Tabel 4. 3 Perbandingan nilai rata rata <i>heatflux</i> pada spesimen	59
Tabel 4. 4 <i>Contour heatflux</i> hasil simulasi pada spesimen	61
Tabel 4. 5 Spesimen hasil <i>printing</i>	62
Tabel 4. 6 Struktur mikro dengan perbesaran 4000 μm	63
Tabel 4. 7 Standar deviasi distribusi <i>heatflux</i> pada spesimen	65



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>3D Printing Fused Deposition Modelling (FDM)</i>	8
Gambar 2. 2 Perpindahan panas secara konveksi	11
Gambar 2. 3 Perpindahan panas aliran dalam secara konveksi	11
Gambar 2. 4 Contoh aliran laminar dan turbulen	12
Gambar 2. 5 Konveksi alami pada permukaan <i>horizontal</i>	17
Gambar 2. 6 Konveksi bebas (alami)	19
Gambar 2. 7 <i>Finite difference</i> (Metode beda hingga)	25
Gambar 2. 8 <i>Finite element method</i> (FEM)	25
Gambar 2. 9 <i>Finite volume method</i> (FVM)	26
Gambar 2. 10 CFD <i>flow procces</i>	27
Gambar 3. 1 Diagram alir	29
Gambar 3. 2 Desain <i>heated - chamber</i>	31
Gambar 3. 3 <i>Inlet dan outlet</i>	32
Gambar 3. 4 <i>Input Geometry</i>	34
Gambar 3. 5 <i>Extract Volume</i>	35
Gambar 3. 6 <i>Input Meshing</i>	35
Gambar 3. 7 <i>Input Named Selections</i>	36
Gambar 3. 8 <i>Set General</i>	36
Gambar 3. 9 <i>Set Energy (ON)</i>	37
Gambar 3. 10 <i>Set Viscous Model</i>	37
Gambar 3. 11 <i>Set Material</i>	38
Gambar 3. 12 <i>Set Material Air</i>	38
Gambar 3. 13 <i>Set Momentum Inlet</i>	39
Gambar 3. 14 <i>Set Thermal Inlet</i>	39
Gambar 3. 15 <i>Set Boundary Conditions</i>	40
Gambar 3. 16 <i>Set Intialization</i>	41
Gambar 3. 17 <i>Model Solver</i>	41
Gambar 3. 18 Model spesimen pencetakan (a) geometri X, (b) geometri Z dan (c) geometri Y	42
Gambar 3. 19 <i>Heated – chamber</i>	43
Gambar 3. 20 Tampilan awal <i>software ultimaker cura</i>	43
Gambar 3. 21 Input file stl	44
Gambar 3. 22 <i>Setting material filament dan diameter nozzle</i>	44
Gambar 3. 23 Pengaturan ukuran <i>layer</i>	45
Gambar 3. 24 Pengaturan <i>infill</i> dan temperatur <i>nozzle</i> dan <i>bed</i>	45
Gambar 3. 25 Pengaturan kecepatan pencetakan	45
Gambar 3. 26 Pengaturan <i>support</i> pada awal pencetakan	46
Gambar 3. 27 Alat mikroskopik	47
Gambar 3. 28 Tampilan awal <i>software HiView</i>	47
Gambar 3. 29 Alat kalibrasi mikroskopik	47

Gambar 3. 30 Proses kalibrasi mikroskop digital	48
Gambar 3. 31 Analisa 4 Titik Bidang X	50
Gambar 4. 1 Grafik perbandingan temperatur eksperimen dengan komputasi pada Heater off	52
Gambar 4. 2 Grafik perbandingan temperatur eksperimen dengan komputasi pada Inlet 70°C	53
Gambar 4. 3 Grafik perbandingan temperatur eksperimen dengan komputasi pada Inlet 80°C	54
Gambar 4. 4 Grafik perbandingan temperatur eksperimen dengan komputasi pada Inlet 90°C	55
Gambar 4. 5 Grafik perbandingan temperatur eksperimen dengan komputasi pada Inlet 100°C	56
Gambar 4. 6 <i>Contour of Air Temperatur Heater Off</i> (Konveksi Alami)	57
Gambar 4. 7 <i>Contour of air temperature</i> konveksi paksa (a) <i>Inlet 70°C</i> (b) <i>Inlet 80°C</i> (c) <i>Inlet 90°C</i> dan (d) <i>Inlet 100°C</i>	57
Gambar 4. 8 <i>Streamline Heater off</i>	58
Gambar 4. 9 <i>Streamline</i> (a) <i>Inlet 70°C</i> (b) <i>Inlet 80°C</i> (c) <i>Inlet 90°C</i> dan (d) <i>Inlet 100°C</i>	59
Gambar 4. 10 Grafik perbandingan nilai <i>heatflux</i> pada spesimen	60
Gambar 4. 11 Grafik perbandingan standar deviasi pada distribusi <i>heatflux</i> pada spesimen	66

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Peminjaman Alat dan Ruang	74
Lampiran 2 Mesin <i>3D Printing Ender 5 Plus</i>	77
Lampiran 3 Mesin <i>Heated Chamber</i>	78
Lampiran 4 Desain <i>3D Heated Chamber</i> dengan mesin <i>Ender 5 Plus</i>	79
Lampiran 5 Desain <i>2D Heated Chamber</i>	80
Lampiran 6 Validasi Kecepatan Udara <i>Inlet</i> Menggunakan Anemometer	81
Lampiran 7 Parameter Temperatur Saat Proses Pencetakan	82
Lampiran 8 Pengukuran Temperatur Ruang Dengan Hygrometer Analog	83
Lampiran 9 <i>Table properties of air 1 atm</i>	84
Lampiran 10 Hasil Perhitungan Kondisi Batas	84

