

# **SKRIPSI**

## **SIMULASI DISTRIBUSI TEMPERATUR KOMPONEN NOSEL EKSTRUDER FILAMEN PLA DAN EKSPERIMENTAL PENGARUH TEMPERATUR PEMANAS PADA HASIL FILAMEN**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana  
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



**ADITYA HERLIN PRADANA**

**03051281621059**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2021**

# **SKRIPSI**

## **SIMULASI DISTRIBUSI TEMPERATUR KOMPONEN NOSEL EKSTRUDER FILAMEN PLA DAN EKSPERIMENTAL PENGARUH TEMPERATUR PEMANAS PADA HASIL FILAMEN**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana  
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



**OLEH :**

**ADITYA HERLIN PRADANA**

**03051281621059**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2021**

# HALAMAN PENGESAHAN

## **SIMULASI DISTRIBUSI TEMPERATUR KOMPONEN NOSEL EKSTRUDER FILAMEN PLA DAN EKSPERIMENTAL PENGARUH TEMPERATUR PEMANAS PADA HASIL FILAMEN**

### **SKRIPSI**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana  
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh:

**ADITYA HERLIN PRADANA**  
**03051281621059**

Indralaya, Juli 2021

Diperiksa dan disetujui oleh :

Pembimbing Skripsi

Mengetahui,

(Ketua Jurusan Teknik Mesin



**Irsyadi Yani S.T, M.Eng, Ph.D**

**NIP. 197112251997021001**



**Prof. Dr. Ir. H. Hasan Basri**

**NIP. 195802011984031002**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**Agenda No.** ;  
**Diterima Tanggal** :  
**Paraf** :

**SKRIPSI**

**NAMA** : **ADITYA HERLIN PRADANA**  
**NIM** : **03051281621059**  
**JURUSAN** : **TEKNIK MESIN**

**JUDUL** : **SIMULASI DISTRIBUSI TEMPERATUR KOMPONEN  
NOSEL EKSTRUDER FILAMEN PLA DAN  
EKSPERIMENTAL PENGARUH TEMPERATUR  
PEMANAS PADA HASIL FILAMEN**

**DIBERIKAN** : **17 FEBRUARI 2020**  
**SELESAI** : **23 JUNI 2021**

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin



**Irsyadi Yani S.T, M.Eng, Ph.D**

**NIP. 197112251997021001**

Indralaya, Juli 2021

Diperiksa dan disetujui oleh :

Pembimbing Skripsi



**Prof. Dr. Ir. H. Hasan Basri**

**NIP.195802011984031002**

## HALAMAN PERSETUJUAN

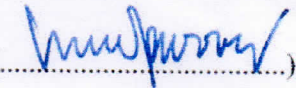
Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul “Simulasi Distribusi Temperatur Komponen Nosel Ekstruder Filamen PLA dan Eksperimental Pengaruh Temperatur Pemanas pada Hasil Filamen” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Sriwijaya pada 23 Juni 2021.

Indralaya, Juli 2021

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Berupa Skripsi,

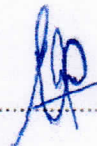
Ketua :

1. Dr. Ir. Irwin Bizzy, M.T.  
NIP. 196005281989031002

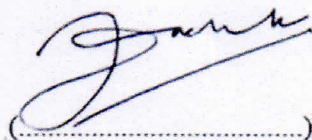
()

Anggota :

2. Dr. Dendy Adanta, S.Pd., M.T.  
NIP. 199306052019031000

()

3. Ir. M. Zahri Kadir, M.T.  
NIP. 195908231989031001

()

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin

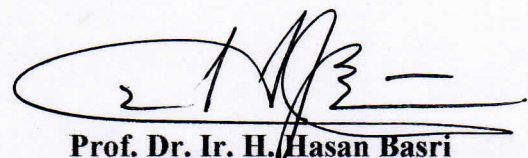
  
Irsyadi Yan S.T, M.Eng, Ph.D

NIP. 197112251997021001

Indralaya, Juli 2021

Diperiksa dan disetujui oleh :

Pembimbing Skripsi



Prof. Dr. Ir. H. Hasan Basri

NIP. 195802011984031002

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Aditya Herlin Pradana  
NIM : 03051281621059  
Judul : Simulasi Distribusi Temperatur Komponen Nosel Ekstruder  
Filamen PLA dan Eksperimental Pengaruh Temperatur Pemanas  
pada Hasil Filamen

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (Corresponding author)

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Indralaya, Juli 2021



Aditya Herlin Pradana  
NIM. 03051281621059

# HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Aditya Herlin Pradana  
NIM : 03051281621059  
Judul : Simulasi Distribusi Temperatur Komponen Nosel Ekstruder  
Filamen PLA dan Eksperimental Pengaruh Temperatur Pemanas  
pada Hasil Filamen

Menyatakan bahwa Skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Indralaya, Juli 2021



Aditya Herlin Pradana

NIM. 03051281621059

# KATA PENGANTAR

*Assalammualaikum wa rahmatullahi wa barakatuh*

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir (Skripsi) yang dibuat untuk memenuhi syarat mengikuti sidang sarjana pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya dengan judul “SIMULASI DISTRIBUSI TEMPERATUR KOMPONEN NOSEL EKSTRUDER FILAMEN PLA DAN EKSPERIMENTAL PENGARUH TEMPERATUR PEMANAS PADA HASIL FILAMEN”.

Pada kesempatan kali ini dengan setulus hati penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya atas semua bimbingan dan bantuan yang telah diberikan dalam penyusunan Skripsi ini kepada:

1. Allah SWT atas segala rahmat dan kasih sayang-Nya, sehingga penulis mampu menyelesaikan penyusunan Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi;
2. Keluarga saya di rumah, Heri Juarsah, Nirliati, Amanda Surya Putri, dan Arga Januar Abiyasa yang selalu setia memberi support dan pelajaran berharga akan kehidupan serta menjadi tempat pulang paling menyenangkan disaat masa-masa sulit;
3. Prof. Dr. Ir. H. Hasan Basri selaku pembimbing skripsi;
4. Prof. Dr. Ardiyansyah Syahrom yang telah membimbing dan membagi ilmunya selama di Johor;
5. Prof. Dr. Ir. Kaprawi Sahim, DEA. selaku dosen pembimbing akademik;
6. Dr. Ir. Irwin Bizzy, M.T., Dr. Dendy Adanta, S.Pd., M.T., dan Ir. M. Zahri Kadir, M.T. selaku dosen penguji skripsi pada sidang sarjana;
7. Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D selaku ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya dan Amir Arifin, S.T., M.Eng. Ph.D selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya;
8. Seluruh staff pengajar dan karyawan di Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya serta seluruh koordinator Laboratorium Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya;



9. Teman-teman seperjuangan, kakak-kakak, serta adik-adik keluarga besar BEM KM FT UNSRI yang sudah menjadi rumah di kampus selama 3 periode kepengurusan, yang sudah memberi ratusan kisah, ilmu, serta pengalaman yang sangat berharga di luar ruang kuliah;
10. Akbar Teguh Prakoso S.T., M.T. sebagai teman diskusi di laboratorium yang telah banyak bermurah hati meluangkan waktu untuk membagi ilmunya;
11. Fathur sebagai kawan seperjuangan di Johor;
12. Teman-teman kost mimar sinan yang telah meramaikan kost dan membagi energi positif nya dalam pengerjaan karya ini;
13. Teman-teman teknik mesin angkatan 2016 yang telah menjadi bagian dari tanda M solver;
14. Teman-teman aktivis dakwah FT angkatan 2016 (Metamorfosa Awam) yang senantiasa memberikan udara segar akan perjuangan berorganisasi di tengah sulitnya dunia perkuliahan;
15. Kakak-kakak tingkat aktivis dakwah FT yang dengan rendah hatinya sering membagi ilmu dan pengalaman serta membimbing diri ini menjadi lebih baik;
16. Teman-teman liqo' serta murobbi-murobbi yang senantiasa memberi nafas segar untuk keimanan diri ini setiap pekan;
17. Teman-teman IMMETA SUMSEL yang telah menemani perjuangan di periode saya menjadi ketua umum;

Penulis menyadari bahwa Skripsi yang dilakukan ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar Skripsi ini menjadi lebih baik dikemudian hari. Akhir kata penulis berharap agar Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan semua pihak yang berkepentingan.

*Wassalammualaikum wa rahmatullahi wa barakatuh.*

Indralaya, Juli 2021



Aditya Herlin Pradana

NIM. 0305128162105

# RINGKASAN

SIMULASI DISTRIBUSI TEMPERATUR KOMPONEN NOSEL EKSTRUDER FILAMEN PLA DAN EKSPERIMENTAL PENGARUH TEMPERATUR PEMANAS PADA HASIL FILAMEN.

Karya Tulis Ilmiah Berupa Skripsi, 15 Juni 2021

Aditya Herlin Pradana; Dibimbing Oleh Prof. Dr. Ir. H. Hasan Basri.

TEMPERATURE DISTRIBUTION SIMULATION OF THE PLA FILAMENT EXTRUDER COMPONENTS AND EXPERIMENTAL INFLUENCE OF HEATER TEMPERATURE ON FILAMENT RESULTS.

XXV + 42 halaman, 5 tabel, 27 gambar, 3 Lampiran

## RINGKASAN

Gangguan kondisi tulang telah meningkat tajam di seluruh dunia. Rekayasa jaringan tulang dianggap sebagai alternatif potensial untuk penggunaan konvensional cangkok tulang. Salah satu produk dari rekayasa jaringan tulang yakni *biodegradable scaffolds*. *Biodegradable scaffolds* biasa difabrikasi dengan berbagai macam metode, diantaranya metode *additive manufacturing*. Beberapa tahun belakangan ini, *additive manufacturing* mengalami perkembangan yang signifikan. *Additive manufacturing* merupakan metode manufaktur yang memanfaatkan penumpukkan lapis per lapis dari suatu material bahannya. Salah satu klasifikasi dari proses *additive manufaktur* adalah *3D printing*. *3D printing* adalah proses percetakan 3 dimensi dengan menggunakan material yang dilelehkan lalu direkatkan bersama kemudian dibentuk lapis per lapis di atas alas percetakan. Bentuk dari cetakan yang dihasilkan berasal dari data yang didapat dari penggambaran *Computer Aided Design (CAD)*. Material yang digunakan pada *3D printing* ini yang paling umum ditemukan dalam bentuk filamen plastik. Untuk filamen dengan material yang cocok untuk *biodegradable scaffolds* diperlukan material khusus asam polilaktat dan Magnesium (Mg). Filamen plastik yang digunakan untuk material *3D printing* diproduksi melalui mesin ekstrusi filamen. Mesin ekstrusi filamen bekerja dengan cara melelehkan pellet plastik lalu

dilelehkan dan kemudian dicetak menjadi filamen plastik panjang yang siap untuk dijadikan material pada proses *3D printing*. Dalam mencetak filamen ini sangat penting dan perlu diperhatikan parameter-parameter yang mempengaruhi hasil dari filamen ini, terutama untuk memperhatikan kesesuaian diameter hasil sudah sesuai atau belum dengan diameter yang diinginkan, begitu juga untuk pemerataan diameter sepanjang filamen yang dihasilkan seragam atau belum. Penelitian ini dilakukan dengan metode simulasi untuk melihat distribusi temperatur pada komponen nosel serta *polylactic acid* cair yang sedang diproses di dalamnya. Dalam penelitian ini juga dilakukan eksperimen untuk mencari parameter temperatur pemanas yang cocok untuk mendapatkan hasil filamen dengan diameter yang sesuai dengan yang diinginkan. Simulasi dan pemodelan dilakukan dengan aplikasi *Solidworks 2020*. Hasil yang didapat dari penelitian ini adalah penampakan bagian dalam dari komponen nosel yang sudah disimulasikan perpindahan panasnya sehingga dapat dilihat distribusi temperatur di seluruh bagian komponen nosel. Hasil yang sama didapat untuk model *polylactic acid* cair yang sudah disimulasikan perpindahan panasnya. Lalu dari eksperimen didapat parameter temperatur pemanas yang menghasilkan filamen ekstrusi dengan diameter paling mendekati hasil yang diinginkan. Eksperimen ini membandingkan berbagai hasil filamen yang menggunakan temperatur pemanas yang berbeda. Dari penelitian ini dapat disimpulkan distribusi temperatur pada komponen nosel dan *polylactic acid* cair serta karakteristik dari filamen yang masih terlalu getas untuk digunakan. Hasil filamen juga masih tidak terlalu merata diameternya di sepanjang filamen yang dihasilkan, dan juga belum bisa mencetak filamen untuk ukuran yang sangat panjang. Dari penelitian ini juga disarankan untuk penelitian selanjutnya untuk melengkapi alat dengan *cooling and forming system* untuk mendapatkan hasil filamen yang lebih baik dan juga simulasi *polylactic acid* cair dengan kondisi dinamis untuk mendapatkan hasil simulasi yang lebih baik.

Kata Kunci : Mesin Ekstrusi Filamen, Simulasi Perpindahan Panas, Filamen, Komponen Nosel, Metode Elemen Hingga.

Kepustakaan : 26 ( 2003 -2019 )

# SUMMARY

SIMULATION OF THE TEMPERATURE DISTRIBUTION OF THE PLA FILAMENT EXTRUDER COMPONENTS AND EXPERIMENTAL INFLUENCE OF HEATER TEMPERATURE ON FILAMENT RESULTS. Scientific Writing in the Form of a Script, 15<sup>th</sup> June 2021

Aditya Herlin Pradana; Supervised by Prof. Dr. Ir. H. Hasan Basri.

SIMULASI DISTRIBUSI TEMPERATUR KOMPONEN NOSEL EKSTRUDER FILAMEN PLA DAN EKSPERIMENTAL PENGARUH TEMPERATUR PEMANAS PADA HASIL FILAMEN.

XV + 42 pages, 5 tables, 27 images, 3 attachment

## SUMMARY

Bone disorders have been on the rise worldwide. Bone tissue engineering is considered a potential alternative to the conventional use of bone grafts. One of the products of bone tissue engineering is biodegradable scaffolds. Biodegradable scaffolds are usually fabricated by various methods, including additive manufacturing methods. In recent years, additive manufacturing has experienced significant developments. Additive manufacturing is a manufacturing method that utilizes layer by layer stacking of a material. One of the classifications of additive manufacturing processes is 3D printing. 3D printing is a 3-dimensional printing process using material that is melted and then glued together and then formed layer by layer on a printing base. The shape of the resulting print comes from the data obtained from the drawing of Computer Aided Design (CAD). The material used in 3D printing is most commonly found in the form of plastic filaments. For filaments with materials suitable for biodegradable scaffolds, special materials are needed for polylactic acid and magnesium (Mg). Plastic filaments used for 3D printing materials are produced through a filament extrusion machine. The filament extrusion machine works by melting plastic pellets and then melting them and then printing them into long plastic filaments that are ready to be used as material in the 3D printing process. In printing this filament, it is very important

and it is necessary to pay attention to the parameters that affect the results of this filament, especially to pay attention to whether the diameter of the result is appropriate or not with the desired diameter, as well as for the evenness of the diameter along the resulting filament is uniform or not. This research was conducted using a simulation method to see the temperature distribution of the nozzle component and the liquid polylactic acid being processed in it. In this study, experiments were also carried out to find suitable heating temperature parameters to obtain filaments with the desired diameter. Simulation and modeling were carried out with the Solidworks 2020 application. The results obtained from this study are the appearance of the inside of the nozzle component whose heat transfer has been simulated so that the temperature distribution can be seen in all parts of the nozzle component. The same results were obtained for the liquid polylactic acid model which has simulated heat transfer. Then from the experiment, the heating temperature parameter was obtained which produced the extruded filament with the diameter closest to the desired result. This experiment compares the results of various filaments using different heating temperatures. From this research, it can be concluded that the temperature distribution of the nozzle component and liquid polylactic acid and the characteristics of the filament are still too brittle to be used. The results of the filament are also still not very evenly distributed in diameter along the resulting filament, and also cannot print filaments for very long sizes. From this research, it is also recommended for further research to equip the tool with a cooling and forming system to get better filament results and also simulation of liquid polylactic acid under dynamic conditions to get better simulation results.

Key Word : Filament Extruder, Heat Transfer Simulation, Filament, Nozzle Components, Finite Element Method.

Literature : 26 ( 2003 -2019 )

# DAFTAR ISI

<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xxi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xxiii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xxv</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Penelitian .....	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	4
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1 Studi Literatur .....	5
2.2 Mesin Ekstrusi Filamen.....	7
2.2.1 Komponen Utama Mesin Ekstrusi Filamen .....	8
2.3 Nosel.....	8
2.4 Elemen Pemanas .....	8
2.5 Filamen.....	9
2.6 Filamen Polylactic Acid (PLA).....	9
2.7 Magnesium .....	10
2.8 Teori Dasar Perpindahan Panas.....	11
2.9 Perpindahan Panas Konduksi Pada Media Silinder .....	14
2.10 Kondisi Batas .....	16
2.10.1 Properties Polylactid Acid Cair.....	17
2.10.2 Properties S45C.....	17
2.10.3 Properties Stainless Steel AISI304.....	18
2.11 Simulasi Perpindahan Panas Pada SolidWorks 2020.....	18
2.12 Metode Elemen Hingga.....	18
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>21</b>
3.1 Diagram Alir .....	21

3.2	Pengambilan Data .....	22
3.3	Geometri dan Dimensi Komponen Nosel .....	24
3.4	Pemodelan .....	24
3.5	Analisa SolidWorks 2020.....	25
3.5.1	Penentuan Konveksi Udara .....	25
3.5.2	Penentuan Temperatur.....	27
3.5.3	Meshing.....	28
3.6	Pengolahan Data.....	30
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>31</b>
4.1	Studi Independensi .....	31
4.2	Hasil Simulasi Perpindahan Panas SolidWorks 2020 .....	32
4.3	Hasil Simulasi Perpindahan Panas SolidWorks 2020 Pada PLA Cair.....	35
4.4	Hasil Ekstrusi Filamen .....	38
4.5	Pembahasan .....	40
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>41</b>
5.1	Kesimpulan .....	41
5.2	Saran .....	42
<b>DAFTAR RUJUKAN.....</b>		<b>i</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>		<b>i</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	<i>Research Gap</i> .....	6
Gambar 2.2	Mesin ekstrusi filamen .....	7
Gambar 2.3.	Pemanas nosel mesin ekstrusi filamen untuk 3D printer.....	9
Gambar 2.4	Perpindahan panas pada pipa silinder.....	15
Gambar 2.5	Silinder berongga.....	16
Gambar 2.6	Analogi listrik silinder berongga.....	16
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian .....	21
Gambar 3.2	Proses memasukkan pellet plastik ke dalam corong feed. ....	23
Gambar 3.3	Cairan filamen keluar dari nosel.....	23
Gambar 3.4	Komponen nosel mesin ekstrusi filamen.....	24
Gambar 3.5	Komponen nosel mesin ekstrusi filamen dengan section view .....	25
Gambar 3.6	Plot konveksi udara pada desain.....	26
Gambar 3.7	Plot konveksi udara pada desain dengan section view. ....	27
Gambar 3.8	Plot syarat batas temperature pada heater 1. ....	28
Gambar 3.9	Plot syarat batas temperature pada heater 2. ....	28
Gambar 3.10	Mesh komponen nosel.....	29
Gambar 4.1	Hasil simulasi perpindahan panas dengan temperatur pemanas 1 sebesar 150° C. ....	32
Gambar 4.2	Hasil simulasi perpindahan panas dengan temperatur pemanas 1 sebesar 160° C. ....	33
Gambar 4.3	Hasil simulasi perpindahan panas dengan temperatur pemanas 1 sebesar 170° C. ....	33
Gambar 4.4	Hasil simulasi perpindahan panas dengan temperatur pemanas 1 sebesar 180° C. ....	34
Gambar 4.5	Hasil simulasi perpindahan panas dengan temperature heater 1 sebesar 150° C. ....	36



Gambar 4.6	Hasil simulasi perpindahan panas dengan temperature heater 1 sebesar 160° C.....	36
Gambar 4.7	Hasil simulasi perpindahan panas dengan temperature heater 1 sebesar 170° C.....	37
Gambar 4.8	Hasil simulasi perpindahan panas dengan temperature heater 1 sebesar 180° C.....	37
Gambar 4.9	Hasil filamen yang diekstrusi dengan mesin ekstrusi filamen.....	39
Gambar 4.10	Temperatur terendah pada simulasi dengan variasi temperatur pemanas 1.....	40
Gambar 4.11	Diameter filamen vs Temperatur pemanas 1. ....	41

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Properties dari PLA cair.....	17
Tabel 2.2 Properties S45C yang diperlukan.....	17
Tabel 2.3 Properties Stainless Steel AISI 304 yang diperlukan .....	18
Tabel 4.1 Perbandingan studi independensi mesh. ....	31
Tabel 4.2 Temperatur pemanas 1 yang digunakan dan diameter filamen yang dihasilkan.....	39

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Gangguan kondisi tulang telah meningkat di seluruh dunia, terutama pada kalangan lansia karena pengaruh aktifitas fisik yang buruk dan obesitas. Rekayasa jaringan tulang dianggap sebagai alternatif untuk penggunaan konvensional cangkok tulang, karena dari stok yang tak terbatas dan tak ada penularan penyakit (Amini et al., 2012).

Salah satu produk dari rekayasa jaringan tulang yakni biodegradable scaffolds. Biodegradable scaffolds difabrikasi dengan berbagai macam metode diantaranya: electrospinning (Yoshimoto et al., 2003), templating (Tao and Desai, 2007), dan modified rapid prototyping (Yeong et al., 2004). Namun di era tren additive manufacturing, fabrikasi menggunakan metode additive manufacturing belum terlalu difokuskan.

Beberapa tahun belakangan ini, kebutuhan akan material yang ringan namun tetap kuat pada bidang aerospace dan automobile mendorong para insinyur dan ilmuwan untuk mencari cara lain selain metode-metode manufaktur tradisional lain. Dengan alasan inilah additive manufacturing mengalami perkembangan yang signifikan dalam beberapa tahun terakhir. Additive manufacturing merupakan metode manufaktur yang memanfaatkan penumpukkan lapis per lapis dari suatu material bahannya. Metode ini juga dapat mengurangi limbah yang dibuang dan mengurangi biaya produksi secara efisien. Lebih lanjutnya, metode ini juga dapat menerapkan geometri-geometri yang kompleks dan juga dapat mengurangi waktu produksi dan fabrikasi.

Salah satu klasifikasi dari proses additive manufaktur adalah 3D printing. 3D printing adalah proses percetakan 3 dimensi dengan menggunakan material yang dilelehkan lalu direkatkan bersama kemudian dibentuk lapis per lapis di atas alas percetakan. Bentuk dari cetakan yang dihasilkan berasal dari data yang didapat dari penggambaran Computer Aided Design (CAD). Material yang

digunakan pada 3D printing ini beragam, dan yang paling umum ditemukan dalam bentuk filamen plastik. Filamen dengan material yang cocok untuk biodegradable scaffolds masih sulit ditemukan di pasaran.

Untuk itu diperlukan mesin ekstrusi filamen dengan material khusus. Material yang dipilih yakni asam polilaktat atau polylactic acid (PLA) sebagai basis karena material ini merupakan material yang paling banyak digunakan sebagai material filamen di pasaran dan juga bersifat biodegradable. Lalu material campurannya yakni Magnesium (Mg) karena diantara biomaterials yang lain karakteristik mekanisnya paling mirip dengan tulang manusia, kandungan ion alami yang punya peran penting dalam sistem fisiologis, dan karakteristik biodegradasi in vivo Mg dalam cairan tubuh (Yazdimamaghani et al., 2016).

Filamen plastik yang digunakan untuk material 3D printing diproduksi melalui mesin ekstrusi filamen. Mesin ekstrusi filamen bekerja dengan cara melelehkan pellet plastik lalu dilelehkan dan kemudian dicetak menjadi filamen plastik panjang. Perlu diperhatikan parameter-parameter yang mempengaruhi hasil dari filamen ini, seperti temperatur pemanas yang mempengaruhi kesesuaian diameter filamen hasil dan juga pemerataan diameter sepanjang filamen yang dihasilkan seragam atau belum. Oleh karena itu perlu diketahui parameter temperatur yang tepat untuk menghasilkan filamen keperluan 3D printing.

Pengkajian perpindahan panas dengan cara simulasi juga perlu dilakukan dengan tujuan untuk melihat penampakan distribusi temperatur di dalam komponen karena kualitas dari filamen yang dihasilkan dipengaruhi juga oleh nilai temperatur dan distribusi temperatur di komponen nosel dimana temperturnya harus mencapai titik leleh dari PLA dan terdistribusi secara merata disepanjang bagian komponen sehingga tidak terjadi penyumbatan atau pengkristalan PLA di dalam komponen dan juga PLA cair yang keluar dari nosel tidak terlalu cair hingga sulit dibentuk.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Perlu dilakukannya studi simulasi perpindahan panas tersendiri untuk mengetahui distribusi temperatur pada komponen nosel setelah mencapai titik

stabil dan juga perlu dilakukan analisis pengaruh dari temperatur pemanas terhadap diameter dan bentuk dari filamen yang dihasilkan, hingga didapat penggunaan parameter temperatur yang tepat pada saat penggunaan mesin, sehingga didapatkan hasil filamen yang ideal untuk digunakan pada proses *3D printing*.

### 1.3 Batasan Penelitian

Adapun batasan penelitian yang dipakai dalam simulasi perpindahan panas pada nosel mesin ekstrusi filamen untuk tugas akhir ini, antara lain:

1. Pemodelan geometri menggunakan perangkat lunak SolidWorks 2020.
2. Dimensi dan ukuran model dapat dilihat secara rinci pada Lampiran 1.
3. *Properties* material fluida yang digunakan ialah *PLA* cair.
4. *Properties* material nosel yang digunakan yakni *S45C*.
5. *Properties* material elemen pemanas dan barrel yang digunakan yakni *Stainless Steel AISI304*.
6. Titik leleh dari *PLA* yang digunakan yakni  $180^{\circ}\text{C}$
7. Titik beku atau titik transisi kristalisasi dari *PLA* adalah  $60\text{-}65^{\circ}\text{C}$ .
8. Kecepatan screw 20 rpm.
9. Temperature pemanas 2 sebesar  $180^{\circ}\text{C}$ .
10. Temperatur pemanas yang digunakan adalah  $150^{\circ}\text{C}$ ,  $160^{\circ}\text{C}$ ,  $170^{\circ}\text{C}$ , dan  $180^{\circ}\text{C}$
11. Temperatur awal simulasi dimulai dari temperatur ruangan (*ambient temperature*) yakni 300.15 K.
12. Simulasi perpindahan panas menggunakan perangkat lunak SolidWorks 2020.
13. Proses simulasi tidak termasuk simulasi dinamis dari pergerakan fluida dan komponen nosel, hanya terbatas sampai proses stabil.

#### **1.4 Tujuan**

Tujuan penulisan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan distribusi temperatur dari komponen nosel.
2. Mendapatkan distribusi temperatur dari PLA cair.
3. Mendapatkan pengaturan pemanas 1 untuk mendapatkan hasil filamen yang optimal dengan diameter sebesar 1,75 mm.
4. Mendapatkan gambaran keadaan fisik dari filamen hasil ekstrusi mesin.

#### **1.5 Manfaat**

1. Bentuk kontribusi untuk perkembangan ilmu pengetahuan tentang mesin ekstrusi filamen di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
2. Tidak terjadinya penyumbatan material di dalam barrel mesin ekstrusi karena temperatur pemanas yang didapat tepat sehingga material tidak lebih dulu mengkristal sebelum keluar dari nosel.
3. Hasil filamen yang didapat tidak terlalu cair hingga mudah dibentuk.

## DAFTAR RUJUKAN

- Amini, Ami R., Laurencin, Cato T., dan Nukavarapu, Syam P. 2012. "Bone tissue engineering: Recent advances and challenges." *Critical Reviews in Biomedical Engineering* 40(5): 363-408.
- Antoniac, Iulian, dkk. 2019. "Magnesium filled polylactic acid (PLA) material for filament based 3D printing." *Materials* 12(5): 1-13.
- AZOMaterials. "Stainless Steel - Grade 316L - Properties, Fabrication and Applications (UNS S31603)." 13 Februari 2020. <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=2382>
- Digiware. 2019. "Panduan Memilih Filament 3D Printer." 13 Februari 2020. [https://digiwarestore.com/id/digiware-news/54\\_memilih-filament-untuk-3d-printer](https://digiwarestore.com/id/digiware-news/54_memilih-filament-untuk-3d-printer)
- D'Amico Anthony dan Peterson Amy M. 2018. "An adaptable FEA simulation of material extrusion additive manufacturing heat transfer in 3D." *Additive Manufacturing* 21:422-430.
- Farah, Shady, Anderson, Daniel G., dan Langer, Robert. 2016. "Physical and mechanical properties of PLA, and their functions in widespread applications — A comprehensive review." *Advanced Drug Delivery Reviews* 107: 367-392.
- Go Jamison, dkk. 2017. "Rate limits of additive manufacturing by fused filament fabrication and guidelines for high-throughput system design." *Additive Manufacturing* 16:1-11.
- Gulfcoast. "MK8 EXTRUDER NOZZLE 0.4MM FOR 3D PRINTER HOTEND MAKERBOT CREALITY CR-10 S4 S5 AND ENDER-3." 13 Februari 2020. <https://gulfcoast-robotics.com/products/copy-of-mk8-nozzle-for-reprap-3d-printer-prusa-makerbot-extruders-hotend-0-4mm>
- Haryanto, Budi. 2008. "Pengaruh Pemilihan Kondisi Batas, Langkah Ruang, Langkah Waktu, dan Koefisien Difusi pada Model Difusi." *Aplika* 8:1.

- Hofstätter Thomas, Pimentel Rodrigo, Pedersen David B, Mischkot Michael, dan Hansen Hans N. 2015. "Simulation of a Downsized FDM Nozzle." *COMSOL Conference 2015*.
- Lyman. 2014. "Lyman Filament Extruder v4.1 Construction Manual." Creative Commons.
- MatWeb. "AISI Type 316L Stainless Steel, annealed and cold drawn bar." 13 Februari 2020. <http://www.matweb.com/search/datasheet.aspx?matguid=c02b8c0ae42e459a872553e0ebfab648&ckck=1>
- Logan, Daryl L. 2007. "A First Course in the Finite Element Method.", 5<sup>th</sup> edition, United States: Cengage Learning.
- Mpik. 2018. "Bagaimana Cara Memilih Nozzle Printer 3D." 13 Februari 2020. <http://indoprinter3d.com/printer-3d/komponen/bagaimana-cara-memilih-nozzle-printer-3d/>
- Nienhaus Vinzenz, dkk. 2019. "Investigations on nozzle geometry in fused filament fabrication." *Additive Manufacturing* 28:711-718.
- Optimim. "MIM-316L." 13 Februari 2020. <https://www.optimim.com/en/metal-injection-molding-mim/material-options/stainless-steel/mim-316l>
- Parai, Rohan dan Bandyopadhyay-Ghosh, Sanchita. 2019. "Engineered bio-nanocomposite magnesium scaffold for bone tissue regeneration." *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials* 96(February): 45-52.
- Pennstainless. 2013. "Differences between 316 and 316L Stainless Steel." 13 Februari 2020. <http://www.pennstainless.com/blog/2013/06/differences-between-316-and-316l-stainless-steel/>
- Prajapati Hardikkumar, Ravoori Darshan, dan Jain Ankur. 2018. "Measurement and modeling of filament temperature distribution in the standoff gap between nozzle and bed in polymer-based additive manufacturing." *Additive Manufacturing* 24:224-231.
- Printedsolid. 2018. "HOW TO SELECT THE RIGHT NOZZLE FOR 3D PRINTING." 13 Februari 2020. <https://www.printedsolid.com/blogs/news/how-to-select-the-right-nozzle-for-3d-printing>



- Safepiercing. 2019. "Association of Professional Piercers (APP) Initial Jewelry Standards." 13 Februari 2020.  
[https://safepiercing.org/jewelry\\_standards.php](https://safepiercing.org/jewelry_standards.php)
- Siregar, Jhon Fitter dan Sinaga, Jorfri. 2013. "Perancangan Alat Uji Gesekan Aliran Di Dalam Saluran." *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin FEMA* 1(1).
- Tao SL, Desai TA. 2007. "Aligned arrays of biodegradable poly(epsilon-caprolactone) nanowires and nanofibers by template synthesis." *Nano Lett* 7(6):1463–1468.
- Yazdimamaghani, Mostafa. 2017. "Porous magnesium-based scaffolds for tissue engineering." *Materials Science and Engineering C* 71: 1252-1266.
- Yeong WY, Chua CK, Leong KF, Chandrasekaran M. 2004. "Rapid prototyping in tissue engineering: challenges and potential." *Trends Biotechnol* 22(12):643–652.
- Yoshimoto H, Shin YM, Terai H, Vacanti JP. 2003. "A biodegradable nanofiber scaffold by electrospinning and its potential for bone tissue engineering." *Biomaterials* 24(12):2077–2082.
- Zhang Fan, Ma Guofeng, dan Tan Yuegang. 2017. "The Nozzle Structure Design and Analysis for Continuous Carbon Fiber Composite 3D Printing." 136:193-199.