



**LAPORAN SKRIPSI**

**ANALISA MEKANIKA *BONE SCAFFOLD*  
MIKROARSITEKTUR MENGGUNAKAN METODE  
ELEMEN HINGGA**

**MUHAMMAD AULIYA RAHMAN  
NIM. 201854027**

**DOSEN PEMBIMBING**

**Rochmad Winarso S.T.,M.T**

**Qomaruddin S.T.,M.T**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MURIA KUDUS**

**2023**

**HALAMAN PERSETUJUAN**


**ANALISA MEKANIKA *BONE SCAFFOLD*  
MIKROARSITEKTUR MENGGUNAKAN METODE ELEMEN  
HINGGA**

**MUAHAMMAD AULIYA RAHMAN  
NIM. 201854027**

Kudus, 7 Februari 2023

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



**Rochmad Winarso S.T.,M.T**  
NIDN. 0612037201

Pembimbing Pendamping,



**Qomaruddin S.T.,M.T**  
NIDN. 0626097102

Mengetahui

Koordinator Skripsi/Tugas Akhir



**Ratri Rahmawati, S.T., M.Sc.**  
NIDN. 0613049403

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISA MEKANIKA *BONE SCAFFOLD*  
MIKROARSITEKTUR MENGGUNAKAN METODE ELEMEN  
HINGGA

MUHAMMAD AULIYA RAHMAN

NIM. 201854027

Kudus, 7 Februari 2023

Menyetujui,

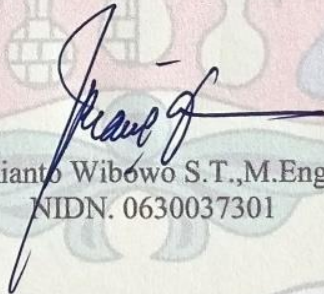
Ketua Penguji,

Anggota Penguji I,

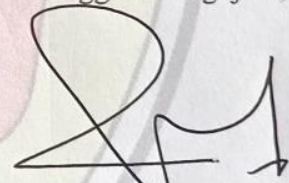
Anggota Penguji II,



Dr. Sugeng Slamet, S.T., M.T  
NIDN. 0622067101



Rianto Wibowo S.T., M.Eng  
NIDN. 0630037301



Rochmad Wiarso S.T., M.T  
NIDN. 0612037201

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi



Mohammad Dahlan, S.T., M.T  
NIP. 0616701000001141



Dr. Akhmad Zidni Hudaya, S.T., M.Eng  
NIP. 19730821005011001

## PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Auliya Rahman  
NIM : 201854027  
Tempat & Tanggal Lahir : Pati, 24 Februari 2000  
Judul Skripsi/Tugas Akhir\* : ANALISA MEKANIKA *BONE SCAFFOLD*  
MIKROARSITEKTUR MENGGUNAKAN  
METODE ELEMEN HINGGA

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan Skripsi ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri, baik untuk naskah laporan maupun kegiatan lain yang tercantum sebagai bagian dari Skripsi ini. Seluruh ide, pendapat, atau materi dari sumber lain telah dikutip dalam Skripsi dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar dan sanksi lain sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Muria Kudus.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak manapun.

Kudus, 7 Februari 2023

Yang memberi pernyataan,



Muhammad Auliya Rahman  
NIM. 201854027

## **Analisa Mekanika *Bone Scaffold* Micoarsitektur Menggunakan Metode Elemen Hingga**

Nama mahasiswa : Muhammad Auliya Rahman

NIM : 201854027

Pembimbing :

1. Rochmad Winarso S.T.,M.T
2. Qomaruddin S.T.,M.T

### **RINGKASAN**

Penyakit tulang biasanya di sebabkan kanker, menurut data dari WHO pada tahun 2008 menggapai 12 juta kasus kanker baru, 7 juta orang meninggal serta 5 juta orang hidup dengan penyakit kanker. Biomaterial adalah material dasar untuk pembuatan implant untuk memperbaiki atau mengganti bagian tulang yang rusak akibat terkena penyakit, kecelakaan atau trauma. Metode yang sering di pakai untuk penggantian tulang biasanya menggunakan metode *bone graft*. Material *bone graft* dapat di bagi menjadi 3 kelompok utama yaitu, *Autograft*, *Allograft*, *Xenograft*. Tidak semua implan menggunakan teknologi *bone graft* memberikan hasil yang baik, terutama yang berkaitan dengan tulang kontak dengan implan. Oleh sebab itu, Penyembuhan kerusakan tulang dengan transplantasi tulang menggunakan metode tissue engineering (rekayasa jaringan) merupakan alternatif dari perawatan konvensional. Permasalahan terkait dengan pengujian tekan yang telah di simulasikan memerlukan biaya serta waktu yang tepat agar dapat memperoleh hasil simulasi yang maksimal. Tujuan kajian ini ingin mengetahui hasil dari simulasi tegangan tekan yang dicari dari mekanika properties menggunakan metode elemen hingga. Metode yang digunakan adalah dimulai dari literatur review, pengembangan bone scaffold media polimer PLA, proses desain mikro arsitektur perancah tulang, penginputan material, validasi, hasil analisa dan hasil simulasi, pembahasan, kesimpulan. Hasil yang di harapkan dari proposal ini meliputi proses uji *Deformation* serta hasil dari perhitungan menggunakan metode elemen hingga.

**Kata kunci** : Bone Scaffold, Simulasi Mekanika Properties, Metode Elemen Hingga

## ***Mechanic Analysis Of Microarchitectural Bone Scaffold Using Finite Element Method***

*Student Name* : Muhammad Auliya Rahman

*Student Identity Number* : 201854027

*Supervisor* :

1. Rochmad Winarso S.T.,M.T
2. Qomaruddin S.T.,M.T

### ***ABSTRACT***

*Bone disease is usually caused by cancer, according to data from WHO in 2008 there were 12 million new cancer cases, 7 million people died and 5 million people were living with cancer. Biomaterials are the basic material for making implants to repair or replace damaged bone parts due to disease, accidents or trauma. The method that is often used for bone replacement usually uses the bone graft method. Bone graft materials can be divided into 3 main groups namely, Autograft, Allograft, Xenograft. Not all implants using bone graft technology give good results, especially those related to bone in contact with the implant. Therefore, healing bone damage with bone transplantation using the tissue engineering method is an alternative to conventional treatment. Problems related to pressure testing that has been simulated require the right cost and time in order to obtain maximum simulation results. The purpose of this study is to find out the results of the compressive stress simulation which is sought from the mechanical properties using the finite element method. The method used is starting from literature review, development of bone scaffold with PLA polymer media, bone scaffolding micro-architecture design process, material input, validation, analysis results and simulation results, discussion, conclusions. The expected results from this proposal include the Deformation test process and the results of calculations using the finite element method.*

***Keywords*** : Bone Scaffold, Simulation of Mechanical Properties, Finite Element Method

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji syukur alhamdulillah kehadiran Allah SWT,akhirnya penulis berhasil menyelesaikan tugas akhir ini, yang berjudul “ ANALISA MEKANIKA *BONE SCAFFOLD* MICROARSITEKTUR MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA”. Penyusunan Skripsi/Tugas Akhir ini ditujukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana teknik ( ST ).

Pelaksanaan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan beberapa pihak untuk itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Keluarga tercinta terutama orang tua dan keluarga yang selalu memberikan do'a, dukungan dan motivasi sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.
2. Bapak Mohamad Dahlan, S.T.,M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muria Kudus.
3. Bapak Dr Akhmad Zidni Hidayana S.T.,M.T. selaku kaprodi teknik mesin.
4. Bapak Dr Sugeng Slamet, S.T.,M.T selaku dosen wali saya.
5. Bapak Rochmad Winarso, S.T.,M.T. selaku dosen pembimbing I yang telah sabar membimbing dalam penyelesaian tugas akhir ini.
6. Bapak Qomaruddin, S.T.,M.T. selaku dosen pembimbing II yang sabar membimbing dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.
7. Bapak Dr Sugeng Slamet, S.T.,M.T. selaku ketua penguji yang telah memberikan masukan dan membantu dalam pemahaman pada laporan tugas akhir ini.
8. Bapak Riyanto Wibowo S.T.,M.Eng. selaku anggota penguji yang telah memberi masukan pada laporan tugas akhir ini.

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>RINGKASAN .....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR SIMBOL .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan .....	4
1.5 Sistematika penulisan.....	4
<b>BAB II LANDASAN TEORI .....</b>	<b>6</b>
2.1 <i>Bone Tissue</i> .....	6
2.2 Tulang ( <i>Bone</i> ).....	6
2.3 Sifat Fisis Dan Sifat Mekanik Tulang.....	7
2.4 Perancah ( <i>Scaffold</i> ) .....	8
2.5 Bio Material .....	9
2.5.1 <i>Polimer Polylactic Acid (PLA)</i> .....	9
2.5.2 <i>Poly (<math>\epsilon</math>-caprolactone) PCL</i> .....	11
2.5.3 <i>Poly-lattice-co-glicolic Acid (PLGA)</i> .....	11
2.6 Konsep Desain Mekanika Properties <i>Scaffold</i> .....	11
2.7 Pengujian Tekan.....	12
2.8 Metode Elemen Hingga.....	14
2.9 <i>Meshing</i> .....	14
2.10 Beban .....	15
2.11 Tegangan.....	15

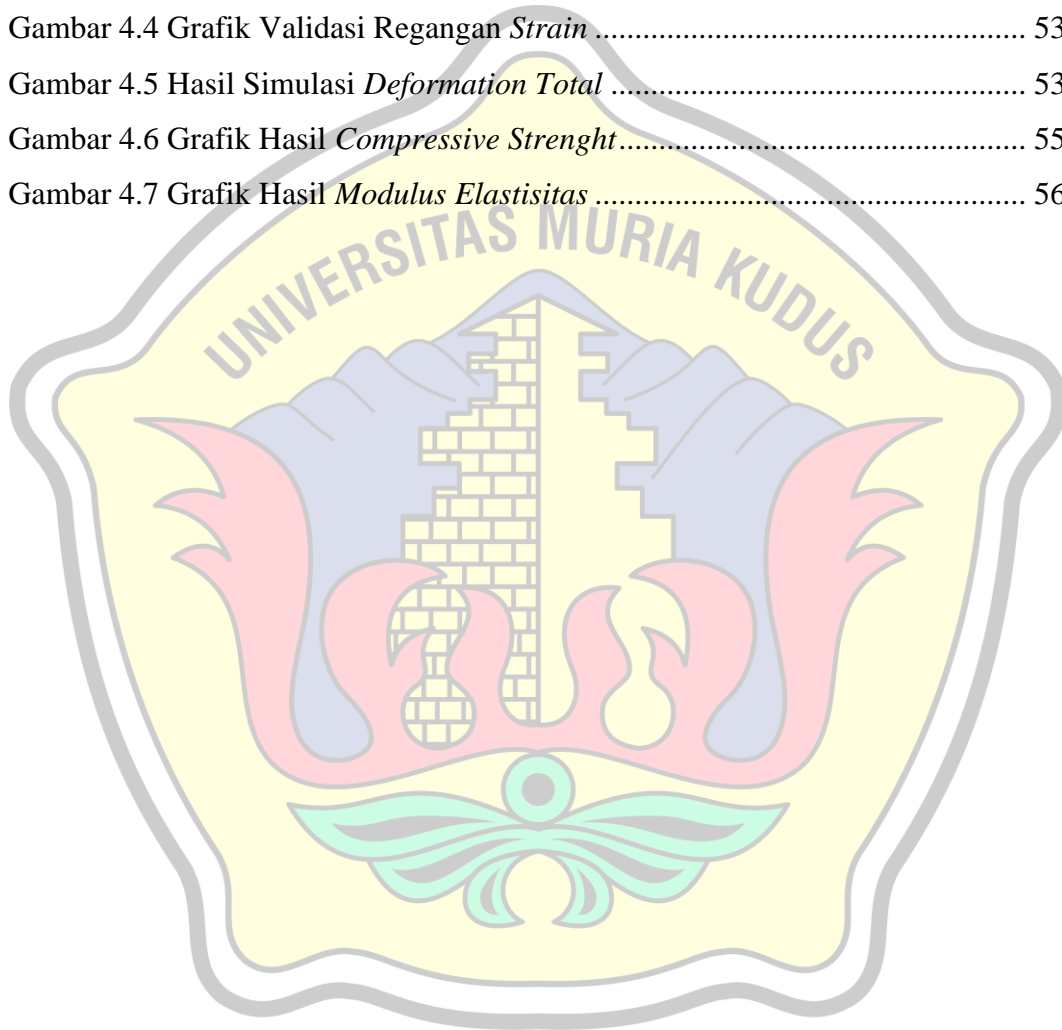


2.12 Metode Komputasi Dalam Merancah <i>Scaffold</i> .....	16
2.12.1 Sel Unit Struktur <i>Scaffold</i> .....	16
2.12.2 Desain <i>Non-Parametrik</i> .....	16
2.12.3 Desain <i>Parametrik</i> .....	17
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>20</b>
3.1 Alur Perancangan .....	20
3.2 Perancangan spesifikasi struktur .....	21
3.3 Proses Desain Mekanika Properties <i>Bone Scaffold</i> .....	22
3.4 Analisa dan simulasi ANSYS .....	27
3.5 Proses Simulasi <i>Ansys Workbench R2</i> .....	27
3.6 Proses Uji Porositas Dan <i>Pore Size</i> .....	32
3.7 Langkah Mencari Porositas.....	34
3.8 Langkah Mencari <i>Pore size</i> .....	36
3.9 Pemberian Beban .....	38
3.10 Hasil Analisa Proses <i>Validasi</i> .....	38
3.10.1 Tegangan <i>Deformation</i> .....	38
3.10.2 <i>Strain</i> .....	39
3.10.3 <i>Compressive Strenght</i> .....	39
3.10.4 <i>Modulus Elastisitas</i> .....	39
3.11 Tabel Hasil Pengujian .....	39
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>40</b>
4.1 Tahap Proses Hasil <i>Porosity</i> Dan <i>Pore Size</i> .....	40
4.1.1 Hasil <i>Porosity</i> .....	40
4.1.2 Hasil Pengukuran <i>Pore Size</i> .....	42
4.2 Hasil Simulasi <i>Ansys Workbench</i> .....	43
4.2.1 <i>Validasi</i> .....	44
4.2.2 <i>Deformation Total</i> .....	48
4.2.3 <i>Compressive Strength</i> .....	54
4.2.4 <i>Elastic Modulus</i> .....	55
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>57</b>
5.1 Kesimpulan .....	57
5.2 Saran.....	57
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>58</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>61</b>
<b>BIODATA PENULIS.....</b>	<b>65</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Setup Pengujian.....	12
Gambar 2.2 <i>bone scaffold</i> yang dihasilkan melalui metode <i>indirect fused</i> .....	12
Gambar 2.3 Skema dari <i>Indirect FDM</i> .....	13
Gambar 2.5 Satuan Voronoi.....	18
Gambar 3.1 Diagram alur perancangan.....	20
Gambar 3.2 Sketsa Dimensi <i>Microarsitektur</i> .....	22
Gambar 3.3 Desain <i>CUBIC</i> .....	23
Gambar 3.4 Desain <i>BCC</i> .....	24
Gambar 3.5 Desain <i>FCC</i> .....	25
Gambar 3.6 Desain <i>BCCFCC</i> .....	26
Gambar 3.7 <i>Ansys Workbench R2</i> .....	27
Gambar 3.8 Tampilan Awal <i>Ansys Workbench R2</i> .....	27
Gambar 3.9 Tampilan Menu <i>Analysis Structural</i> .....	28
Gambar 3.10 Tampilan <i>Engineering Data</i> .....	28
Gambar 3.11 Tampilan <i>Spesifikasi Mekanika Properties</i> .....	28
Gambar 3.12 Tampilan <i>Input Geometry</i> .....	29
Gambar 3.13 Tampilan <i>Materials PLA</i> .....	29
Gambar 3.14 Tampilan <i>Element Size</i> .....	30
Gambar 3.15 Tampilan <i>Fixed Support</i> .....	30
Gambar 3.16 Tampilan <i>Force</i> .....	31
Gambar 3.17 Tampilan <i>Definition</i> .....	31
Gambar 3.18 Tampilan <i>Size Force</i> .....	31
Gambar 3.19 Tampilan <i>Deformation Total</i> .....	32
Gambar 3.20 Tampilan <i>Solve</i> .....	32
Gambar 3.21 <i>Volume Porous</i> .....	33
Gambar 3.22 Desain Mikroarsitektur.....	34
Gambar 3.23 Merubah Jenis Material Menjadi <i>Plastic PLA</i> .....	35
Gambar 3.24 Massa Spesimen .....	35
Gambar 3.25 Menghitung Rumus Dengan Microsoft Exel .....	36
Gambar 3.26 <i>Pore Size</i> .....	36

Gambar 3.27 File Desain Mikroarsitektur Dalam Format JPG.....	36
Gambar 3.28 Memasukan Gambar Ke Dalam <i>Software Image J</i> .....	37
Gambar 3.29 Mengubah Skala Ukuran.....	37
Gambar 3.30 Mengukur <i>Pore Size</i> .....	38
Gambar 4.1 Grafik Simulasi <i>Solid</i> .....	44
Gambar 4.2 Grafik Hasil <i>Deviiasi Analitis Dan Numeric</i> .....	48
Gambar 4.3 Grafik Hasil Deformasi <i>Cubic, Bcc, Fcc, Dan Bccfcc</i> .....	51
Gambar 4.4 Grafik Validasi Regangan <i>Strain</i> .....	53
Gambar 4.5 Hasil Simulasi <i>Deformation Total</i> .....	53
Gambar 4.6 Grafik Hasil <i>Compressive Strenght</i> .....	55
Gambar 4.7 Grafik Hasil <i>Modulus Elastisitas</i> .....	56



## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Kandungan Mineral Tulang Manusia .....	7
Tabel 1.2 Sifat Mekanik Tulang Manusia.....	8
Tabel 1.3 Spesifikasi <i>Mechanical Properties</i> PLA+ esun .....	10
Tabel 1.4 Sifat Fisik PLA.....	10
Tabel 4.1 Hasil Uji <i>Porosity Bone Scaffold</i> .....	40
Tabel 4.2 Hasil <i>Pore Size Bone Scaffold</i> .....	42
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Menggunakan Regresi Linier.....	43
Tabel 4.4 Hasil Simulasi <i>Solid</i> (Pejal).....	44
Tabel 4.5 Hasil Validasi Perhitungan <i>Numeric</i> dan <i>Analitis</i> .....	47
Tabel 4.6 Hasil Simulasi <i>CUBIC</i> .....	49
Tabel 4.7 Hasil Simulasi <i>BCC</i> .....	49
Tabel 4.8 Hasil Simulasi <i>FCC</i> .....	50
Tabel 4.9 Hasil Simulasi <i>BCCFCC</i> .....	50
Tabel 4.10 Hasil Uji <i>Compressive Strenght</i> .....	54
Tabel 4.11 Hasil Uji <i>Elastic Modulus</i> .....	55

## DAFTAR SIMBOL

SIMBOL	KETERANGAN	SATUAN
$\sigma$	Tegangan	N/mm <sup>2</sup>
$F$	Gaya	N
$A$	Luas Penampang	mm
$V$	Volume	mm <sup>3</sup>
$L$	Tinggi	mm
$\delta$	Deformasi	mm
$E$	Modulus Elastisitas	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma$	Compressive Strenght	Mpa
$\epsilon$	Regangan Strain	(%)



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Simulasi <i>CUBIC</i> .....	61
Lampiran 2. Hasil Simulasi <i>BCC</i> .....	62
Lampiran 3. Hasil Simulasi <i>FCC</i> .....	63
Lampiran 4. Hasil Simulasi <i>BCCFCC</i> .....	64
Lampiran 5. Lembar Bimbingan dan Konsultasi.....	65
Lampiran 6. Lembar Revisi Ujian Tugas Akhir.....	72
Lampiran 7. Lampiran Hasil Turnitin.....	75

