



LAPORAN SKRIPSI

**ANALISA SIFAT MEKANIS *OCTAGONAL-GEOMETRY*
POROUS SCAFFOLD UNTUK *BONE IMPLANT*
MENGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA**

**AGUNG MAULANA
NIM. 201854114**

DOSEN PEMBIMBING

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

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MURIA KUDUS
2024**

HALAMAN PERSETUJUAN

ANALISA SIFAT MEKANIS *OCTAGONAL-GEOMETRY POROUS* *SCAFFOLD* UNTUK *BONE IMPLANT* MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

AGUNG MAULANA
NIM. 201854114

Kudus, 8 Januari 2024

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Dr. Rochmad Winakso S.T.,M.T.,
NIDN. 0612037201

Pembimbing Pendamping,



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

Mengetahui

Koordinator Skripsi



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

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISA SIFAT MEKANIS *OCTAGONAL-GEOMETRY* *POROUS SCAFFOLD* UNTUK *BONE IMPLANT* MENGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

AGUNG MAULANA

NIM. 201854114

Kudus, 8 Januari 2024

Menyetujui,

Ketua Penguji,



Dr. Akmad Zidni Hudaya S.T., M.eng
NIDN. 0613227301

Anggota Penguji I,



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

Anggota Penguji II,



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

Mengetahui

Plt. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Eko Wicaksono, S.Kom., M.Cs.
NIDN. 0610701000001171

Ketua Program Studi Teknik Mesin



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

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Agung Maulana
NIM : 201854114
Tempat & Tanggal Lahir : Jepara, 22 Maret 1999
Judul Skripsi/Tugas Akhir* : Analisa Sifat Mekanis OCTAGONAL-GEOMETRY POROUS SCAFFOLD Untuk BONE IMPLANT Menggunakan Metode Elemen Hingga.

Menegaskan secara resmi bahwa ide-ide, hasil penelitian, dan presentasi asli saya untuk laporan dan kegiatan lain yang tercantum dalam skripsi atau tugas akhir* ini berasal dari saya sendiri. Dalam skripsi ini, semua ide, pendapat, atau materi dari sumber lain telah dikutip dengan referensi yang sesuai.

Pernyataan ini benar-benar saya buat, dan jika di kemudian hari terbukti salah atau tidak benar, saya bersedia menerima konsekuensi akademik seperti pencabutan gelar dan sanksi lainnya sesuai dengan peraturan Universitas Muria Kudus.

Pernyataan ini saya buat tanpa paksaan dari pihak mana pun.

Kudus, 8 Januari 2024

Yang memberi pernyataan,



Agung Maulana
NIM: 201854114

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji syukur kepada Allah SWT, penulis berhasil menyelesaikan tugas akhir ini, yang berjudul “ANALISA SIFAT MEKANIS *OCTAGONAL GEOMETRY POROUS SCAFFOLD* UNTUK *BONE IMPLANT* MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA”. Untuk memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana teknik (ST), skripsi atau tugas akhir ini harus diselesaikan.

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada beberapa orang yang membantu melaksanakan tugas akhir ini, dan mereka adalah:

1. Allah SWT yang memberikan kesehatan dan kekuatan untuk menyelesaikan tugas terakhir ini.
2. Keluarga tercinta, terutama orang tua dan keluarga, yang selalu mendoakan, membiayai, dan mendukung saya untuk menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
3. Bapak Dr. Eko Darmanto, S.Kom., M.Sc. Plt. Dekan Fakultas Teknik Universitas Muria Kudus
4. Bapak Rianto Wibowo, S.T., M.eng. sebagai kaprodi teknik mesin.
5. Bapak Dr. Sugeng Slamet, S.T., M.T., yang bertindak sebagai dosen wali saya
6. Terima kasih kepada Bapak Dr. Rochmad Winarso, S.T.,M.T., sebagai dosen pembimbing I, dan Bapak Qomaruddin, S.T.,M.T., sebagai dosen pembimbing II, yang telah dengan sabar membantu kami menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Bapak Dr. Akhmad Zidni Hidayana S.T., M.T. dan Bapak Rianto Wibowo S.T., M.Eng. sebagai ketua penguji dan anggota penguji, telah memberikan umpan balik dan membantu dalam memahami laporan tugas akhir ini.
8. Terimakasih kepada Hicul, Raqiqi dan Febry yang senantiasa hebat melalui masa perkuliahan, doa terbaik selalu bersama kalian.

ANALISA SIFAT MEKANIS *OCTAGONAL-GEOMETRY POROUS SCAFFOLD* UNTUK *BONE IMPLANT* MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

Nama mahasiswa : Agung Maulana

NIM : 20185411

Pembimbing :

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

RINGKASAN

Patah tulang atau *osteoporosis* adalah masalah besar bagi orang usia lanjut. Catatan pada tahun 2003 di amerika, patah tulang belakang setiap tahun mencapai 1.200.000 kasus. Kemajuan bidang kedokteran dapat membantu mengatasi kerusakan tulang, penyembuhan dilakukan dengan transplantasi tulang. Metode *tissue engineering* (rekayasa jaringan) menjadi alternatif dari perawatan konvensional. Sifat-sifat yang harus dimiliki oleh *bone scaffold* yaitu *biocompatible*, *biodegradable* yang sesuai, *3D highly porous* dan topografi permukaan yang sesuai. Penerapan metode elemen hingga dalam penelitian banyak memberikan kontribusi pada bidang riset dan industri, hal ini dikarenakan metode elemen hingga dapat berperan sebagai alat bantu penelitian dalam eksperimen numerik. Hasil dari penelitian ini didapatkan (A)poritas, (B)pore size, (C)compressive strength dan (D)modulus elastisitas sebagai berikut, (unitsell **3,175**).(A).60,23% (B).2,327 μ m (C). 6,78MPa (D).0,226 GPa. (unitsell **2,54**).(A).59,92% (B).1,826 μ m (C). 7,03MPa (D).0,2343 GPa. (unitsell **2,1**).(A).60,31% (B).1,549 μ m (C). 6,80MPa (D).0,2266 GPa. (unitsell **1,82**).(A).60,13% (B).1,354 μ m (C). 7,08MPa (D).0,236 GPa.

Kata kunci: Rekayasa Jaringan, Bone Scaffold, Metode Elemen hingga, Hasil Penelitian.

ANALYSIS OF MECHANICAL PROPERTIES OF OCTAGONAL-GEOMETRY POROUS SCAFFOLDS FOR BONE IMPLANT USING THE FINITE ELEMENT METHOD

Student Name : Agung Maulana

Student Identity Number : 201854114

Supervisor :

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

ABSTRACT

Bone fracture or *osteoporosis* is a big problem for elderly people. In 2003, bone fracture cases in America reached 1,200,000 each year. The advancement in the medical field can help to overcome bone damage, and its healing is done by bone transplantation. *The tissue engineering method* is an alternative to conventional treatment. This method has provided a highly maintained bone growth and repair system since the scaffold has been designed using non-toxic materials. The qualities that *bone scaffold* must have are *biocompatible*, suitable *biodegradable*, *3D highly porous* and suitable surface topography. The application of the finite element method in research has made many contributions to the fields of studies and industry. Therefore, this method become the finite element which can contribute as a research tool in numerical experiments. The results of this research obtained (A) porosity, (B) pore size, (C) compressive strength and (D) elastic modulus as follows, (unit sell 3.175). (A). 60.23% (B). 2.327 μm (C). 6.78MPa (D).0.226 GPa. (unitsell 2.54).(A).59.92% (B).1.826 μm (C). 7.03MPa (D).0.2343 GPa. (unitsell 2.1).(A).60.31% (B).1.549 μm (C). 6.80MPa (D).0.2266 GPa. (unitsell 1.82).(A).60.13% (B).1.354 μm (C). 7.08MPa (D).0.236 GPa.

Keywords: *Tissue Engineering, Bone Scaffold, Finite Element Method, Research result.*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
KATA PENGANTAR	v
RINGKASAN	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR SIMBOL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 <i>Scaffold</i> (Perancah)	5
2.2 <i>Tissue Engineering</i>	6
2.3 <i>Biomaterial</i>	6
2.3.1 Polimer Polylactic Acid (PLA)	6
2.3.2 Poly (ϵ -caprolactone) PCL	7

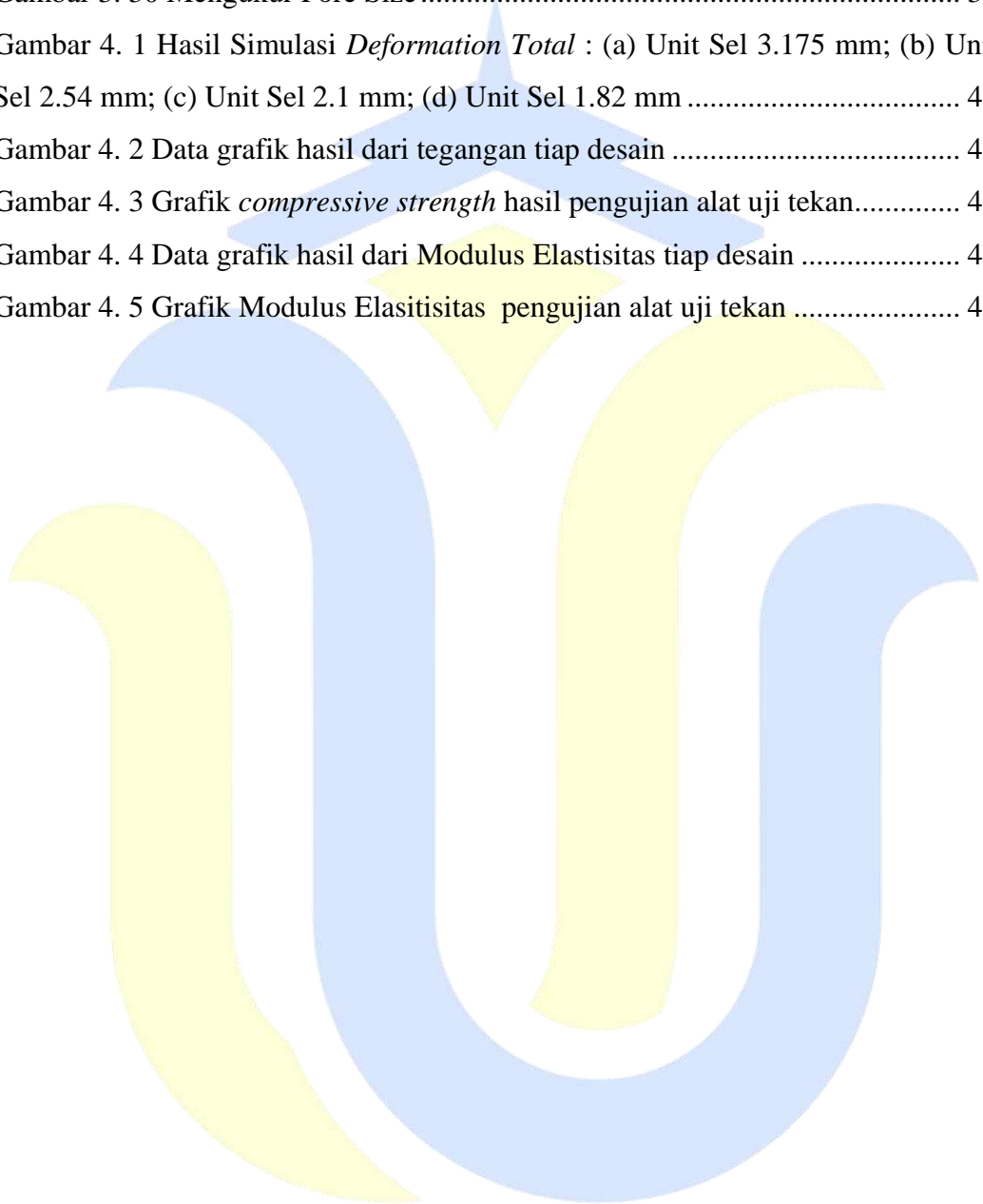
2.3.3 Poly-Lattice-co-Glycolic Acid (PLGA).....	8
2.4. <i>Fused Deposition Modeling</i> (FDM).....	8
2.5 Uji Tekan (<i>Compressive Strength</i>).....	9
2.5.1 Fenomena Pada Uji Tekan	9
2.6. Metode Elemen Hingga.....	11
2.7. Tegangan	11
2.8. VonMises	11
2.9. Kriteria Luluh.....	12
2.10. Meshing.....	12
2.11. Metode Komputasi Merancah <i>Scaffold</i>	12
2.12. Sel Unit Struktur <i>Scaffold</i>	13
2.12.1 Desain Non-Parametrik.....	13
2.12.2 Desain Parametrik	14
BAB III METODOLOGI	16
3.1 Alur perancangan	16
3.2 Perancangan spesifikasi struktur	17
3.3 Proses Desain Mekanika Properties Bone Scaffold.....	18
3.4 Analisa dan simulasi ANSYS	23
3.5 Proses Simulasi Ansys Workbench R2.....	23
3.6 Proses Uji Porositas Dan <i>Pore Size</i>	28
3.6.1 Langkah Mencari Porositas.....	29
3.6.2 Langkah Mencari Pore size.....	31
3.7 Pemberian Beban	33
3.8 Hasil Analisa Proses <i>Validasi</i>	33
3.8.1 Total Deformation.....	33
3.8.2 Strain	34

3.8.3 Compressive Strength	34
3.8.4 Modulus Elastisitas	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1 Tahap Proses Hasil <i>Porosity</i> Dan <i>Pore size</i>	36
4.1.1. Hasil <i>Porosity</i>	36
4.1.2. Hasil Pengukuran <i>Pore Size</i>	36
4.2 Hasil Simulasi <i>Ansys Workbench</i>	38
4.2.1. <i>Deformation Total</i>	38
4.2.2. <i>Compressive Strength</i>	41
4.2.3. <i>Elastic Modulus</i>	43
4.3 Tabel Hasil Pengujian	45
BAB V PENUTUP	48
5.1 Kesimpulan	48
5.2 Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN LAMPIRAN	54
BIODATA PENULIS	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Ilustrasi Teknik FDM (Iqrimavation, 2020).....	9
Gambar 2. 2 (a) spesimen sebelum diuji dan (b) spesimen setelah diuji	10
Gambar 2. 3 (a) spesimen sebelum diuji (b) spesimen setelah diuji	10
Gambar 2. 4 Desain non parametrik BBC dan Unit modifikasinya.....	14
Gambar 2. 5 Gambar Struktur Voronoi.....	15
Gambar 3. 1 Diagram alur perancangan.	16
Gambar 3. 2 Sketsa Dimensi <i>Microarsitektur</i>	18
Gambar 3. 3 Desain Unit sell 1.82	19
Gambar 3. 4 Desain <i>Unit Sell 2.1</i>	20
Gambar 3. 5 Desain <i>Unit Sell 2.54</i>	21
Gambar 3. 6 Desain <i>Unit Sell 3.175</i>	22
Gambar 3. 7 <i>Ansys Workbench R2</i>	23
Gambar 3. 8 Tampilan Awal <i>Ansys Workbench R2</i>	23
Gambar 3. 9 Tampilan Menu <i>Analysis Structural</i>	24
Gambar 3. 10 Tampilan <i>Engineering Data</i>	24
Gambar 3. 11 Tampilan <i>Spesifikasi Mekanika Properties</i>	24
Gambar 3. 12 Tampilan <i>Input Geometry</i>	25
Gambar 3. 13 Tampilan <i>Materials PLA</i>	25
Gambar 3. 14 Tampilan <i>Element Size</i>	26
Gambar 3. 15 Tampilan <i>Fixed Support</i>	26
Gambar 3. 16 Tampilan <i>Displacement</i>	27
Gambar 3. 17 Tampilan <i>Definition</i>	27
Gambar 3. 18 Tampilan <i>Size Force</i>	27
Gambar 3. 19 Tampilan <i>Force Reaction</i>	28
Gambar 3. 20 Tampilan <i>Solve</i>	28
Gambar 3. 21 Volume Porous.....	29
Gambar 3. 22 Desain Mikroarsitektur.....	29
Gambar 3. 23 Merubah Jenis Material Menjad <i>Plastic PLA</i>	30
Gambar 3. 24 Massa Spesimen	30
Gambar 3. 25 Menghitung Rumus Dengan Microsoft Exel	31

Gambar 3. 26 <i>Pore Size</i>	31
Gambar 3. 27 File Desain Mikroarsitektur Dalam Format JPG	31
Gambar 3. 28 Memasukan Gambar Ke Dalam Software Image J.	32
Gambar 3. 29 Mengubah Skala Ukuran.....	32
Gambar 3. 30 Mengukur Pore Size	33
Gambar 4. 1 Hasil Simulasi <i>Deformation Total</i> : (a) Unit Sel 3.175 mm; (b) Unit Sel 2.54 mm; (c) Unit Sel 2.1 mm; (d) Unit Sel 1.82 mm	40
Gambar 4. 2 Data grafik hasil dari tegangan tiap desain	41
Gambar 4. 3 Grafik <i>compressive strength</i> hasil pengujian alat uji tekan.....	42
Gambar 4. 4 Data grafik hasil dari Modulus Elastisitas tiap desain	44
Gambar 4. 5 Grafik Modulus Elastisitas pengujian alat uji tekan	45

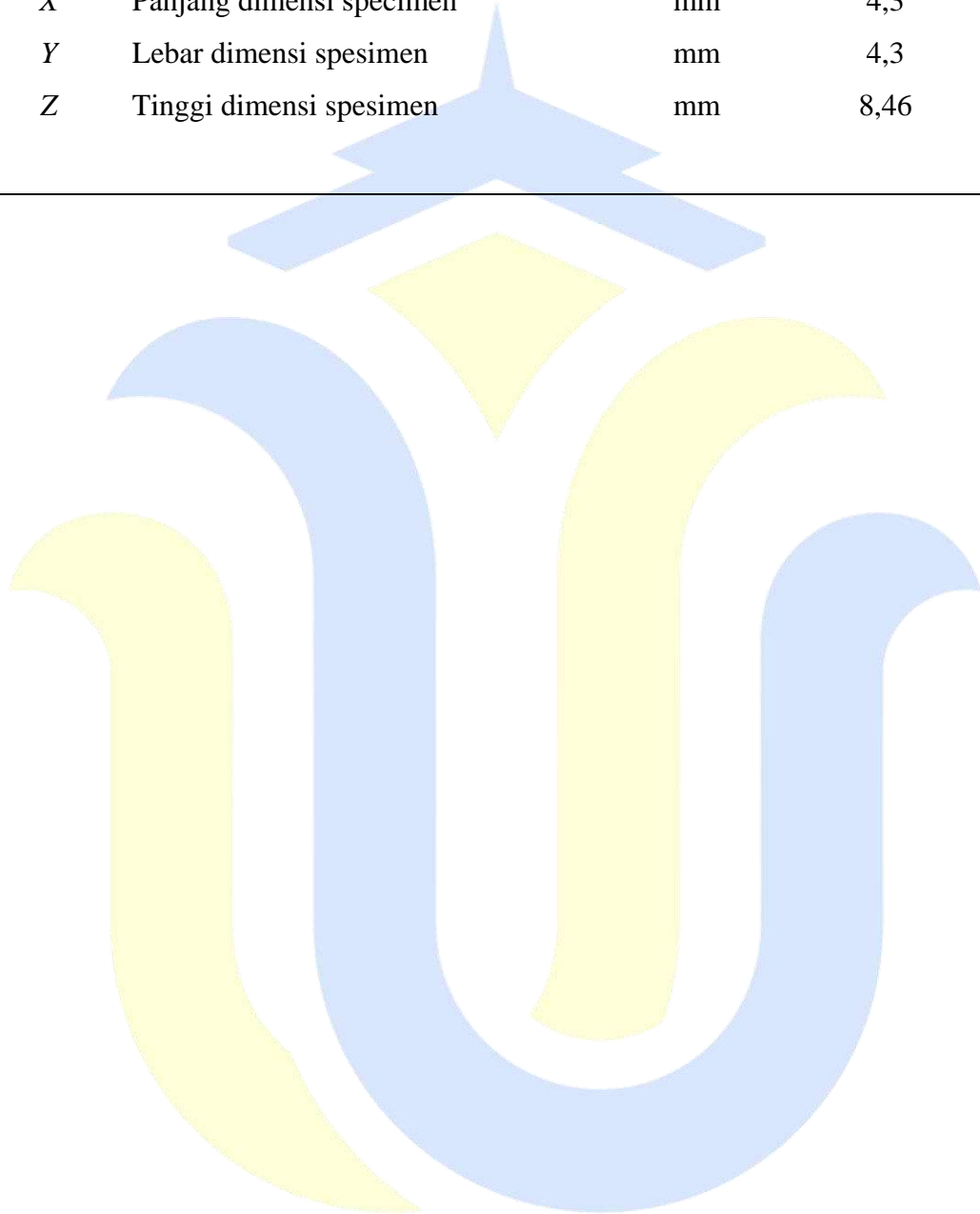


DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 sifat fisik PLA	7
Tabel 4. 1 Hasil Uji <i>Porosity Bone Scaffold</i>	36
Tabel 4. 2 Hasil <i>Pore Size Bone Scaffold</i>	37
Tabel 4. 3 Hasil Simulasi <i>Total Deformation</i>	39
Tabel 4. 4 Tabel hasil analisa tiap desain pengujian alat uji tekan	43
Tabel 4. 5 Hasil Simulasi Serta Analisa Desain.....	46
Tabel 4. 6 Sifat Mekanis Tulang Manusia	46
Tabel 4. 7 Hasil Perbandingan Data Dan Analisa Desain	47

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Satuan	Nomor Persamaan
<i>X</i>	Panjang dimensi specimen	mm	4,3
<i>Y</i>	Lebar dimensi spesimen	mm	4,3
<i>Z</i>	Tinggi dimensi spesimen	mm	8,46



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Gambar Struktur Octagonal	55
Lampiran 2	Gambar Simulasi Ansys	59
Lampiran 3	Data Tabel dan Grafik Analisa Sifat Mekanis	60



DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN

FDM	: <i>Fused Deposition Modelling</i>
CAD	: <i>Computer Aided Design</i>
AM	: <i>Additive Manufacture</i>
PLA	: <i>Polylactid Acid</i>

