

SKRIPSI

**DESAIN *SCAFFOLD* 3D *PRINTING* BERBASIS *POLYLACTIC ACID* DILAPISI HIDROKSIAPATIT/ KITOSAN/
KONDROITIN SULFAT UNTUK REKONSTRUKSI
MANDIBULA**



Oleh:

SONIA ADILINA HARTATI

NIM 081811733054

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK BIOMEDIS

DEPARTEMEN FISIKA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS AIRLANGGA

SURABAYA

2022

**DESAIN *SCAFFOLD* 3D *PRINTING* BERBASIS *POLYLACTIC ACID*
DILAPISI HIDROKSIAPATIT/ KITOSAN/ KONDROITIN SULFAT UNTUK
REKONSTRUKSI MANDIBULA**

SKRIPSI

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Bidang
Teknik Biomedis Pada Fakultas Sains dan Teknologi**

Universitas Airlangga

Oleh :

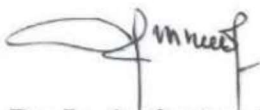
Sonia Adilina Hartati

081811733054

Tanggal lulus :

Disetujui Oleh :

Pembimbing I



Dr. Ir. Aminatun, M.Si

NIP.196810281993032003

Pembimbing II



Jan Ady, S.Si, M.Si

NIP.197201262002121002

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Judul : Desain *Scaffold* 3D *Printing* Berbasis *Polylactic Acid*
Dilapisi Hidroksiapatit/Kitosan/Kondroitin Sulfat untuk
Rekonstruksi Mandibula

Penyusun : Sonia Adilina Hartati

NIM : 081811733054

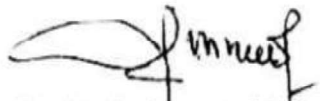
Pembimbing I : Dr. Ir. Aminatun, M.Si.

Pembimbing II : Jan Ady, S.Si, M.Si

Tanggal Seminar : 18 Agustus 2022

Disetujui oleh,

Pembimbing I,



Dr. Ir. Aminatun, M.Si.
NIP. 196810281993032003

Pembimbing II,



Jan Ady, S.Si, M.Si.
NIP.197201262002121002

Mengetahui,

Ketua Departemen Fisika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Airlangga



Herri Trilaksana, S.Si., M.Si., Ph.D.
NIP. 196703121991021001

Ketua Program Studi
S-1 Teknik Biomedis
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Airlangga



Dr. Riries Rulaningtyas S.T., M.T.
NIP.197903152003122002

SURAT PERNYATAAN TENTANG ORISINALITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini, saya :

Nama : Sonia Adilina Hartati

NIM : 081811733054

Program Studi : Teknik Biomedis

Fakultas : Sains dan Teknologi

Jenjang : Sarjana (S1)

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan tindakan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul :

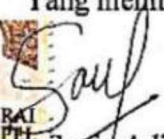
DESAIN BERBASIS *POLYLACTIC ACID* DILAPISI HIDROKSIAPATIT/
KITOSAN/ KONDROITIN SULFAT UNTUK REKONSTRUKSI MANDIBULA

Apabila suatu saat nanti terbukti melakukan tindakan plagiat, maka saya menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 18 Agustus 2022

Yang membuat pernyataan


METERAI
TEMPEL
16886AKX031575349
Sonia Adilina Hartati
NIM.081811733054

PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

Skripsi ini tidak dipublikasikan, namun tersedia di perpustakaan dalam lingkungan Universitas Airlangga, diperkenankan untuk dipakai sebagai referensi kepustakaan, tetapi pengutipan harus seizin penyusun dan harus menyebutkan sumbernya sesuai dengan kebiasaan ilmiah

Dokumen ini merupakan hak milik Universitas Airlangga

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi dengan baik yang berjudul “Desain *Scaffold* 3D *Printing* Berbasis *Polylactic Acid* Dilapisi Hidroksiapatit/ kitosan/ kondroitin Sulfat untuk Rekonstruksi Mandibula”. Dalam pemenuhan tanggung jawab untuk menyelesaikan program sarjana ini, Penulis sadar bahwa dalam penelitian dan penulisan naskah skripsi ini melibatkan banyak bantuan, arahan, dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segala rasa hormat dan ketulusan hati penulis sampaikan terima kasih sebesar – besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dan mendukung penulis baik secara langsung maupun tidak langsung, terutama kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi pada waktu yang terbaik.
2. Keluarga tercinta, Mama Menik Radin, Papa Moh. Mutadi, Kakak Aditya Putra serta Pops Jim Larkin yang senantiasa mendoakan dan mendukung dalam segala hal selama ini sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi dan menuntaskan studi S1.
3. Bapak Herri Trilaksana, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku Ketua Departemen Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga yang telah memberikan kesempatan bagi penulis untuk menyelesaikan naskah skripsi ini.
4. Ibu Dr. Riries Rulaningtyas S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi S-1 Teknik Biomedis Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga yang telah memberikan kesempatan dan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan naskah skripsi ini.
5. Ibu Dr. Ir. Aminatun, M.Si selaku Pembimbing I serta bapak Jan Ady, S.Si, M.Si selaku Pembimbing II penulis yang senantiasa memberi ilmu, nasihat, mencurahkan tenaga, memfasilitasi dalam penelitian serta membimbing penulis dengan sangat luar biasa hingga skripsi ini selesai.
6. Ibu Dr. Prihartini Widiyanti, drg., M.Kes., S.Bio., CCD. selaku dosen wali dan dosen penguji I yang senantiasa memberikan bimbingan dan arahan, motivasi, ilmu yang bermanfaat, dan sabar selama 4 tahun masa perkuliahan penulis.

7. Bapak Franky Chandra Satria Arisgraha S.T., M.T yang telah bersedia menjadi dosen penguji II, memberikan ilmu yang bermanfaat dan memberi banyak masukan terkait kepenulisan naskah skripsi ini.
8. Dosen dan karyawan Program Studi Teknik Biomedis Departemen Fisika Universitas Airlangga yang senantiasa memberi ilmu dan bantuan pada penulis.
9. Seluruh keluarga besar Teknik Biomedis Universitas Airlangga yang senantiasa memberikan semangat kepada penulis.
10. Balqish Setyawijaya, Amalia Inaba, Blessvalenta, Roshina Mufidah, Zaina Nisa, Indira, Cakra Abdillah, Aldaffan Sheva, dan Fauzan Alwa yang selalu ada selama 4 tahun perkuliahan serta membantu, mendukung penulis untuk bisa menyelesaikan naskah skripsi ini.
11. Bapak Nanang Kosim dan segenap Keluarga Pejuang Muda Subang yang senantiasa membantu dan menjadi *support System* penulis selama penyusunan skripsi serta memberikan dukungan dan doa dari jauh agar penulis bisa menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
12. *Last but always be the first*, terimakasih terhadap diri sendiri yang telah mau berdamai dan berjuang selama ini dan mampu membuktikan kepada diri bahwa semuanya akan menjadi baik-baik saja pada akhirnya.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, sangat diharapkan kritik dan saran yang membangun. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi masyarakat umum dan untuk kemajuan teknik biomedis pada khususnya.

Surabaya, 21 Agustus 2022

Sonia Adilina Hartati

Sonia Adilina Hartati: 2022, **Desain Scaffold 3D Printing Berbasis Polylactic Acid Dilapisi Hidroksiapatit/Kitosan/Kondroitin Sulfat untuk Rekonstruksi Mandibula**, Skripsi ini dibawah bimbingan Dr. Ir. Aminatun, M.Si. dan Jan Ady, S.Si, M.Si, Program Studi Teknik Biomedis, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Airlangga.

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang karakterisasi *scaffold* 3D-printing PLA dengan pelapisan hidroksiapatit-kitosan-kondroitin sulfat dengan variasi desain piramida (p) dan rhombicuboctahedron (r) untuk rekonstruksi mandibula *Scaffold* dibuat dari bahan *polylactid acid* (PLA) dengan *metode fused diffusion method* (FDM). Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh modifikasi variasi desain dan pelapisan pada PLA terhadap karakterisasi yang dilakukan. Bahan pelapis dibuat dari pencampuran hidroksiapatit-kitosan-kondroitin sulfat dengan variasi komposisi (wt%) secara berturut-turut yaitu A (60:40:0), B (60:35:5), C (60:30:10). Seluruh sampel dikarakterisasi melalui uji morfologi permukaan, uji FTIR, uji *compressive strength*, uji *bending*, uji porositas, uji sudut kontak dan uji antibakteri. Hasil yang diperoleh yaitu *scaffold* PLA dengan pelapisan hidroksiapatit-kitosan-kondroitin sulfat memiliki dinding permukaan yang kasar dengan pori terinterkoneksi, rentang *compressive strength* yaitu 11.3-12.6 MPa pada desain piramida dan pada rhombicuboctahedron yaitu, pada rentang 16.7-17.6 MPa. Nilai *bending strength* pada 3.2- 5.3 MPa ukuran porositas sekitar 20-43%, dan nilai sudut kontak antara 45°-77°. Hasil nilai zona penurunan bakteri dengan diameter sekitar 14.56 mm - 21.61mm. Hasil sampel Bp dan Cp dengan komposisi pelapisan HA-kitosan-kondroitin sulfat (60:35:5) dan (60:30:10) dengan memiliki hasil uji antibakteri tertinggi, serta memenuhi rentang nilai ideal *scaffold* dari uji porositas, uji mekanik dan uji sudut kontak.

Kata kunci : *Scaffold*, 3D-printing, PLA, hidroksiapatit, kitosan, kondroitin sulfat.

Sonia Adilina Hartati: 2022. Design for Scaffold 3D Printing Based on Hydroxyapatite/Chitosan/Chondroitin Sulfate Coated Polylactic Acid for Mandibular Reconstruction. Dr. Ir. Aminatun, M.Si. and Jan Ady, S. Si, M. Si., Study Program, Faculty of Science and Technology, Universitas Airlangga

ABSTRACT

The Research has studied the characterization of a 3D-printed PLA scaffold with hydroxyapatite-chitosan-chondroitin sulfate coating with variations in pyramid design (p) and rhombicuboctahedron (r) for mandibular reconstruction. The scaffold is made of polylactic acid (PLA) with the fused diffusion method (FDM). This study aimed to determine the effect of modification of design and coating variations on PLA on the characterization carried out. Hydroxyapatite-chitosan-chondroitin sulfate for coating with various compositions (wt%) A (60:40:0), B (60:35:5), C (60:30:10). Samples were characterized by surface morphology test, FTIR test, compressive strength test, bending test, porosity test, contact angle test, and antibacterial test. The results obtained are PLA scaffold with hydroxyapatite-chitosan-chondroitin sulfate coating has interconnected pores with rough surface walls, the compressive strength range is 11.3-12.6 MPa in pyramid design and rhombicuboctahedrons in the range 16.7-17.6 MPa. The bending strength value is around 3.2-5.3 MPa, the porosity is about 20-43%, and the contact angle is between 45°-77°. The results of the value of the bacterial reduction zone with a diameter of approximately 14.56 mm - 21.61 mm. The results of Bp and Cp samples with coating compositions of HA-chitosan-chondroitin sulfate (60:35:5) and (60:30:10) with the highest antibacterial test results, and match the range of ideal scaffold values from porosity tests, mechanical tests and tests contact angle.

Key words: Scaffold, 3D-printing, PLA, hydroxyapatite, chitosan, chondroitin sulfate

DAFTAR ISI

JUDUL	I
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	5
1.3. Tujuan	6
1.4. Batasan Masalah.....	6
1.5. Manfaat	6
1.5.1 Teoritik.....	6
1.5.2 Praktik	6
TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Mandibula	7
2.2 Rekonstruksi Mandibula	8
2.3 Scaffold	9
2.4 3D-Printing.....	10
2.5 Desain Geometri Permukaan.....	12
2.6 Polylactic acid (PLA).....	12
2.7 Hidroksiapatit	13
2.8 Kitosan	14
2.9 Kondroitin Sulfat.....	15
2.10 Karakterisasi.....	16
2.10.1. Uji Morfologi Permukaan	16
2.10.2. Uji Fourier Transform InfraRed (FTIR).....	17
2.10.3. Uji Porositas	18
2.10.4. <i>Compressive Strength</i>	19
2.10.5. Bending Test	20

2.10.6. Sudut Kontak.....	21
2.10.7. Antibakteri.....	22
METODE PENELITIAN	24
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	24
3.2 Skema Penelitian	25
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	26
3.4 Prosedur Penelitian.....	28
3.4.1 Pembuatan Sampel	28
3.4.2 Karakterisasi Sampel.....	31
HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1. Hasil Scaffold 3D-Printing.....	36
4.2. Hasil Karakterisasi	37
4.3. Pembahasan.....	46
KESIMPULAN DAN SARAN	53
5.1. Kesimpulan.....	53
5.2. Saran.....	54
Daftar Pustaka	55
Lampiran	65

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1. Penamaan Sampel.....	27
Tabel 3. 2. Spesifikasi Desain Scaffold	28
Tabel 4. 1 Tabel Analisa Hasil FTIR	39
Tabel 4. 2 Grafik Hasil <i>Compressive Strength</i> sampel scaffold berbahan PLA dengan HA-Kitosan- Kondroitin Sulfat	40
Tabel 4. 3. Tabel Grafik Hasil Uji <i>Bending</i> Sampel <i>Scaffold</i>	41
Tabel 4. 4. Tabel Grafik Hasil Uji Porositas sampel <i>scaffold</i> berbahan PLA dengan HA-Kitosan- Kondroitin Sulfat.....	43
Tabel 4. 5. Tabel Grafik Hasil Uji Sudut Kontak Sampel <i>Scaffold</i> Berbahan PLA dengan HA-Kitosan- Kondroitin Sulfat	44
Tabel 4. 6 . Data Hasil Uji Antibakteri	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Tulang Mandibula.....	8
Gambar 2. 2 Bedah Rekonstruksi Mandibula (Boyd <i>et al.</i> , 2012).....	9
Gambar 2. 3 Skema FDM (L. Zhang <i>et al.</i> , 2019).....	11
Gambar 2. 4 Contoh unit polihedral dan gabungannya (An <i>et al.</i> , 2015).....	12
Gambar 2. 5 Struktur PLA(Suryanegara, 2018)	13
Gambar 2. 6 Struktur Kimia Hidroksiapatit(Gomes <i>et al.</i> , 2019).....	14
Gambar 2. 7 Struktur Kimia Kitosan(Rodríguez-Vázquez <i>et al.</i> , 2015)	15
Gambar 2. 8 Struktur Kimia Kondroitin Sulfat (Mishra & Ganguli, 2021)	16
Gambar 2. 9. Alat Mikroskop Digital	17
Gambar 2. 10 Skematik Interferometer (Stuart, 2005)	18
Gambar 2. 11. Uji Porositas dengan Metode Liquid Displacement(Loh & Choong, 2013)	19
Gambar 2. 12. Mesin yang Digunakan untuk Uji Compressive pada Sampel Tulang Mandibula (Lakatos <i>et al.</i> , 2014).....	20
Gambar 2. 13. Mesin yang Digunakan untuk Uji <i>Bending</i> pada Sampel Scaffold (Hazwani & Todo, 2021)	21
Gambar 2. 14. teknis pengukuran sudut kontak (Wiguna dan Kelen, 2018)	21
Gambar 3.1. Desain tahapan awal bangun ruang piramida dan rhombicuboctahedron.....	28
Gambar 3. 2. Pembuatan pori dengan pembuatan strut	29
Gambar 3. 3. Penyusunan Sel satuan	29
Gambar 3. 4. Proses Pencetakan Scaffold.....	30
Gambar 3. 5. Proses Pembuatan larutan dan pelapisan PLA Karakterisasi Sampel	31
Gambar 3. 6. Alat Uji FTIR ATR Bruker Alpha II	32
Gambar 3. 7. Proses Perendaman Sampel Scaffold dengan Etanol 96%.....	33
Gambar 3. 8. Proses Uji <i>compressive strength</i>	33
Gambar 3. 9. Proses Uji <i>Bending</i>	34
Gambar 3. 10. Proses pengamatan Sudut Kontak.....	34
Gambar 3. 11. Proses Penghitungan Zona Penurunan Aktivitas Bakteri.....	35