

SKRIPSI

**PENGARUH PARAMETER PROSES ELEKTROSPINNING
TERHADAP KARAKTERISTIK NANOFIBER BERBASIS
HIDROKSIAPATIT *POLYCAPROLACTONE* KOLAGEN
SEBAGAI PENANGANAN CACAT TULANG**



EKY SARI SEPTIANA PUTRI

**PROGRAM STUDI FISIKA
DAPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS AIRLANGGA
SURABAYA
2022**

LEMBAR PERNYATAAN SKRIPSI

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains
Bidang S1 FISIKA Pada Fakultas Sains dan Teknologi Universitas
Airlangga

Oleh:

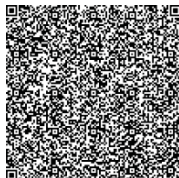
EKY SARI SEPTIANA PUTRI

081811333026

Tanggal Lulus:
21-07-2022

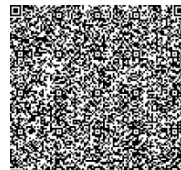
Disetujui Oleh:

Pembimbing 1



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

Pembimbing 2



ADRI SUPARDI drs., M.S.
NIP. 196810281993032003

LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI

Judul : Pengaruh Parameter Proses
Elektrospinning terhadap Karakteristik
Nanofiber Berbasis Hidroksiapatit
Polycaprolactone Kolagen sebagai
Penanganan Cacat Tulang

Penyusun : Eky Sari Septiana Putri

Nim : 081811333026

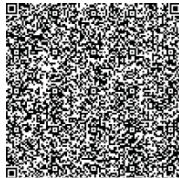
Pembimbing I : Dr. Ir. Aminatun, M.Si.

Pembimbing II : Drs. Adri Supardi, M.S.

Tanggal Seminar : 21-07-2022 9:00 AM

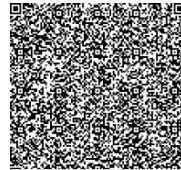
Disetujui oleh,

Pembimbing 1



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

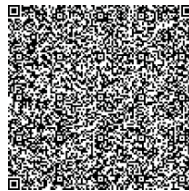
Pembimbing 2



ADRI SUPARDI drs., M.S.
NIP. 196810281993032003

Mengetahui,

Ketua Program Studi S1 Fisika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Airlangga



HERRI TRILAKSANA S.Si., M.Si., Ph.D
NIP. 197712282003121003

PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

Skripsi ini tidak dipublikasikan, namun tersedia di perpustakaan dalam lingkungan Universitas Airlangga. Diperkenankan untuk dipakai sebagai referensi keperpustakaan, tetapi pengutipan seizin penulis dan harus menyebutkan sumbernya sesuai kebiasaan ilmiah.

Dokumen skripsi ini merupakan hak milik Universitas Airlangga.

SURAT PERNYATAAN ORSINALITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Eky Sari Septiana Putri

Nim : 081811333026

Program Studi : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Jenjang : Sarjana (S1)

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

PENGARUH PARAMETER PROSES ELEKTROSPINNING TERHADAP KARAKTERISTIK NANOFIBER BERBASIS HIDROKSIAPATIT *POLYCAPROLACTONE* KOLAGEN SEBAGAI PENANGANAN CACAT TULANG.

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

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya

Surabaya, 30 Juni 2022



Eky Sari Septiana Putri
NIM.081811333026

Eky Sari Septiana Putri, 2022. **Pengaruh Parameter Proses Elektrosinning terhadap Karakteristik Nanofiber Berbasis Hidroksiapatit Polycaprolactone Kolagen sebagai Penanganan Cacat Tulang.** Skripsi ini dibawah bimbingan Dr. Aminatun., M.Si. dan Drs. Adri Supardi, M.Si. program Studi S1 Fisika, Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga.

ABSTRAK

Kerusakan tulang sebagai penyebab terbanyak keempat dari cedera di Indonesia. Kerusakan tulang memiliki dampak buruk untuk kesehatan dan ekonomi masyarakat. Penyembuhan kerusakan tulang dapat diatasi dengan rekayasa jaringan tulang. Pada penelitian ini dilakukan sintesis nanofiber berbasis Hidroksiapatit (HA)-*Polycaprolactone*(PCL)-Kolagen untuk menciptakan lingkungan mirip dengan *ekstraseluler* matriks (ECM) yang mendukung *remodeling* tulang. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi jarak antara *needle* ke *collector* dan tegangan pada proses *electrospinning* terhadap karakteristik elektrospon nanofiber HA/PCL//Kolagen dengan komposisi masing-masing adalah 50:25:25 (wt%). Karakteristik terbaik sebagai kandidat *bone scaffold* dimiliki oleh sampel A₃₁ dengan jarak 15 cm dan tegangan 15 kV, dimana pada uji morfologi SEM diperoleh nilai diameter fiber sebesar 803 ± 406 nm; memiliki nilai porositas sebesar $81.49 \pm 4.21\%$; serta nilai ultimate tensile strength dan modulus elastisitas sebesar 10.00 ± 1.98 MPa dan 10.96 ± 1.00 MPa. Namun pada sampel A₃₁ menunjukkan hasil pada uji XRD dan uji degradasi yang belum memenuhi syarat *bone scaffold*. Pada uji XRD memiliki rerata ukuran kristal 36.92 nm dengan tingkat kristalin sebesar 43.60%. Sedangkan pada uji degradasi memiliki laju degradasi 4.34×10^{-6} dengan waktu terdegradasi selama 3 bulan.

Kata Kunci: *Bone Scaffold*, Hidroksiapatit, *Polycaprolactone*, Kolagen, *Electrospinning*, *Nanofiber*

Eky Sari Septiana Putri, 2022. **Pengaruh Parameter Proses Elektrosinning terhadap Karakteristik Nanofiber Berbasis Hidroksiapatit *Polycaprolactone* Kolagen sebagai Penanganan Cacat Tulang.** Skripsi ini dibawah bimbingan Dr. Aminatun., M.Si. dan Drs. Adri Supardi, M.Si. program Studi S1 Fisika, Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga.

ABSTRACT

Bone injury damage is the fourth most common cause of injury in Indonesia. Bone injury has a negative impact on people's health condition and economical situation. The healing of bone injury can be solved with bone tissue engineering. In this study, a hydroxyapatite (HA)-Polycaprolactone (PCL)-Collagen based nanofiber was synthesized to create an environment similar to the extracellular matrix (ECM) that supports bone remodelling. The purpose of this study was to determine the effect of variations in the distance and voltage of the electrospinning process on the characteristics of the electrospun nanofiber HA/PCL/Collagen with their respective compositions being 50:25:25 (wt%). The best characteristics as a bone scaffold candidate are sample A₃₁ with a distance of 15 cm and a voltage 15 kV, which the SEM morphology test obtained a fiber diameter of 803 ± 406 nm; has a porosity value of $81.49 \pm 4.22\%$; and the ultimate strength and modulus of elasticity are 10.00 ± 1.98 MPa and 10.96 ± 1.00 MPa. However, in sample A₃₁, the results of the XRD test and degradation test did not meet the requirements of the bone scaffold. The XRD test has an average crystal size of 36.92 nm with a crystallinity level of 43.60. Meanwhile, the degradation test has a degradation rate of 4.34×10^{-6} with degradation time of 3 months.

Keyword: *Bone Scaffold, Hidroksiapatit, Polycaprolactone, Kolagen, Electrospinning, Nanofiber*

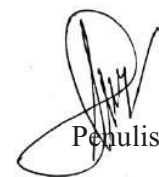
KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya atas selesainya naskah skripsi ini dengan judul **“Pengaruh Parameter Proses Elektrosinning terhadap Karakteristik Nanofiber Berbasis Hidroksiapatit *Polycaprolactone* Kolagen sebagai Penanganan Cacat Tulang**”. Skripsi ini memiliki tujuan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai gelar Sarjana Sains (S.Si) pada program S1 Fisika Universitas Airlangga, Surabaya. Penulis sangat menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan berbagai pihak, sangat sulit bagi penulis untuk menyusun dan menyelesaikan skripsi ini. Oleh sebab itu dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menyampaikan banyak berterimakasih bagi seluruh pihak yang telah memberikan kemudahan dan dukungan baik secara moril ataupun materil, khususnya kepada:

1. Kedua orang tua, Bapak Saryono dan Almh Ibu Subandiyah serta seluruh keluarga besar penulis yang turut mendoakan dan memberi dukungan dalam segala bentuk kepada penulis.
2. Bapak Herri Trilaksana, S.Si. selaku Ketua Departemen Fisika dan Ketua Program Studi S1 Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga yang telah memberi kesempatan pada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
3. Ibu Dr. Ir. Aminatun, M.Si. dan Drs. Adri Supardi, M.S. sebagai dosen pembimbing yang memberikan ilmu, bimbingan, nasihat, dan motivasi kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan proposal skripsi ini.
4. Seluruh keluarga dan sahabat yang senantiasa memberikan berbagai bentuk dukungan kepada penulis.

Semoga skripsi ini memberikan manfaat bagi seluruh pembaca khususnya dikalangan mahasiswa.

Surabaya, 2022



Penulis

DAFTAR ISI

SKRIPSI.....	i
LEMBAR PERNYATAAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI.....	iii
PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI	iv
SURAT PERNYATAAN ORSINALITAS	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	8
1.3 Batasan Masalah.....	8
1.4 Tujuan Penelitian	8
1.5 Manfaat Penelitian	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	10
2.1 Tulang	10
2.2 Bone Defect.....	14
2.3 Bone Scaffold.....	17
2.4 Komposit.....	18
2.4.1 Hidroksiapatit.....	18
2.4.2 Polycaprolactone (PCL).....	20
2.4.1 Kolagen	22
2.5 Elektrospinning	23
2.6 Parameter yang Mempengaruhi Hasil Elektrospinning	25
2.6.1 DC higt voltage	25

2.6.2	Laju Aliran (Flowrate)	27
2.6.3	Viskositas Larutan dan Konsentrasi Larutan	27
2.6.4	Konduktivitas Larutan.....	28
2.7	Karakteristik Sampel.....	29
2.7.1	Uji Scanning Elektron Microscope (SEM)	29
2.7.2	Uji X-Ray Diffraction (XRD)	30
2.7.3	Uji Porositas	32
2.7.4	Uji Degradasi	33
2.7.5	Uji Kuat Tarik	34
BAB III METODE PENELITIAN.....		37
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	37
3.2	Alat dan Bahan Penelitian.....	37
3.2.1	Alat Penelitian.....	37
3.2.2	Bahan Penelitian.....	38
3.3	Variabel Penelitian	38
3.4.1	Preparasi Larutan HA.....	41
3.4.2	Preparasi Larutan Kolagen.....	41
3.4.3	Preparasi Larutan PCL	41
3.4.4	Fabrikasi Elektrospun Nanofiber	41
3.4.5	Karakterisasi Sampel.....	42
BAB IV		48
HASIL DAN PEMBAHASAN.....		48
1.6	Hasil Sintesis Hidroksiapatit, PCL, dan Kolagen	48
1.1	Hasil Karakteristik Morfologi SEM.....	48
1.2	Hasil Karakteristik XRD	59
1.3	Hasil Karakteristik Uji Porositas.....	62
1.4	Hasil Karakteristik Uji Degradasi	63
1.5	Hasil Karakteristik Uji Tarik.....	65
1.6	Potensi <i>Bone Scaffold</i> HA/PCL/kolagen untuk Menangani <i>Bone Defect</i>	68
BAB V.....		70
KESIMPULAN DAN SARAN.....		70

5.1	Kesimpulan	70
5.2	Saran.....	70
DAFTAR PUSTAKA		72
Lampiran		79
Lampiran 1. Preparasi Larutan dan Proses Elecrospinng.....		79
Lampiran 2. Morfologi SEM.....		81
Lampiran 3. Hasil Uji XRD		89
Lampiran 4. Hasil Uji Porositas		98
Lampiran 5. Hasil Uji Degradasi		101
Lampiran 6. Hasil Uji tarik		107

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul Gambar	Halaman
Gambar 2.1	Tahapan Proses <i>Remodeling</i> Tulang (Compston,2021)	11
Gambar 2.2	Fraktur <i>calcaneus</i> kanan, <i>navicular</i> dan <i>cuboideus</i> , dan dislokasi sendi <i>calaneocuboid</i> dan <i>talonavicular</i>	15
Gambar 2.3	Pencitraan SEM dan Nanofiber (Fei Han, 2015)	18
Gambar 2.4	Struktur <i>Polycaprolactone</i>	21
Gambar 2.5	Struktur Kolagen	22
Gambar 2.6	Skema Proses <i>electrospinning</i> (Huang <i>et al</i> , 2003).	24
Gambar 2.7	Mekanisme Efek Tegangan Tinggi terhadap Muatan pada liquid droplet	26
Gambar 2.8	Skematik SEM (researchgate.net)	29
Gambar 2.9	Pemantulan Berkas sinar-X monokromatis oleh dua bidang dalam kristal, dengan sudut sebesar θ dan jarak antara bidang kisi sebesar d_{hkl}	30
Gambar 2.10	Pola Difraksi Hasil XRD (Luthfia,2021)	32
Gambar 2.11	Uji Tarik	36
Gambar 3.1	Diagram Alir Prosedur Penelitian	40
Gambar 3.2	<i>Aparatus Electrospinning</i>	42
Gambar 3.3	Alat Uji SEM Shimadzu (Luthfia,2021)	45
Gambar 3.4	Uji Porositas	45
Gambar 3.5	Sampel Uji Tarik Berbentuk <i>Dogbone</i>	46
Gambar 3.6	Perendaman Sampel dengan Larutan PBS (<i>Buffer Phosphate Saline</i>)	47
Gambar 4.1	(a) Hasil Proses <i>Electrospinning</i> (b) Proses <i>Electrospinning</i>	48
Gambar 4.2	Hasil Citra SEM (kiri) dan Distribusi Diameter Nanofiber (kanan)	50
Gambar 4.3	Analisis Fraksi Gelap Terang Sampel	55
Gambar 4.4	Grafik Fraksi Gelap Terang Sampel	58

Gambar 4.5	Grafik Fraksi Terang Sampel	59
Gambar 4.6	Pola Difraksi Hasil Uji XRD	60
Gambar 4.7	Perbandingan Porositas Sampel	63
Gambar 4.8	Grafik Presentase Massa Hilang	64
Gambar 4.9	Laju Degradasi	64
Gambar 4.10	Perbandingan Ultimate tensil strength, Modulus Elastisitas dan Elongasi	67

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul Tabel	Halaman
Tabel 1.1	Sifat biomekanik tulang sehat	12
Table 2.2	Kandungan Unsur Mineral dalam Tulang	13
Table 2.3	Sifat Fisika Hidroksiapatit (Khoirudin,2015)	19
Tabel 3.1.	Nama sampel penelitian berdasarkan variasi tegangan dan jarak <i>needle</i> ke <i>collector</i>	38
Tabel 4.1	Rata-rata Diameter <i>Nanofiber</i>	49
Table 4.2	Ukuran Kristal dan Drajat Kristalinitas Sampel	61
Table 4.3.	Hasil Rerata Uji Porositas	62
Table 4.4	Laju dan Waktu Degradasi Sampel	64
Tabel 4.5	Hasil Uji Kuat Tarik	66