

**Pengaruh Penambahan Kolagen dan Elastin pada *Scaffold*
Artificial Anterior Cruciate Ligament Berbasis *Polycaprolactone***

SKRIPSI



Andreas Charles Raharjo

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK BIOMEDIS
DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TENOLOGI
UNIVERSITAS AIRLANGGA
2022**

SKRIPSI

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

Andreas Charles Raharjo

NIM. 081811733029

**Telah dinyatakan lulus ujian skripsi
pada tanggal : 19 September 2022**

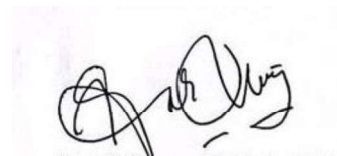
Disetujui Oleh

Pembimbing I,



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

Pembimbing II,



Dyah Hikmawati, S.Si., M.Si.
NIP. 196911281994032001

LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI

Judul : Pengaruh Penambahan Kolagen dan Elastin pada
Scaffold Artificial Anterior Cruciate Ligament Berbasis
Polycaprolactone
Penyusun : Andreas Charles raharjo
NIM : 081811733029
Pembimbing I : Dr.Ir. Aminatun, M.Si.
Pembimbing II : Dyah Hikmawati, S.Si., M.Si.
Tanggal Seminar : 19 september 2022

Disetujui oleh,

Pembimbing I,

Pembimbing II,



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



Dyah Hikmawati, S.Si., M.Si.
NIP. 196911281994032001

Mengetahui,

Koordinator Program Studi S1 Teknik Biomedis
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Airlangga



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

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 kebiasaan ilmiah

Dokumen skripsi ini merupakan hak milik Universitas Airlangga

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Andreas Charles Raharjo

NIM : 081811733029

Program Studi : S1 Teknik Biomedis

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

Pengaruh Penambahan Kolagen dan Elastin pada *Scaffold Artificial Anterior Cruciate Ligament* Berbasis *Polycaprolactone*

Apabila suatu saat nanti saya terbukti melakukan plagiat, saya akan menerima sanksi yang diterapkan.

Demikian Surat ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 16 Oktober 2022



Andreas Charles Raharjo

NIM. 081811733029

Raharjo, Andreas Charles. 2022. Pengaruh Penambahan Kolagen dan Elastin pada *Scaffold Artificial Anterior Cruciate Ligament* Berbasis *Polycaprolactone* (ACL). Skripsi dibawah bimbingan Dr. Ir. Aminatun, M.Si. dan Dyah Hikmawati, S.Si., M.Si. Program Studi S1 Teknik Biomedis, Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga.

ABSTRAK

Kasus cedera *Anterior Cruciate Ligament* (ACL) merupakan hal yang sangat umum terjadi. Pada suatu studi dinyatakan bahwa terjadi peningkatan cedera ACL sebanyak 147.8% dari periode 2005-2015. Cedera ACL sering terjadi pada kegiatan olahraga terutama pada olahraga seperti bola basket dan sepak bola dengan tipe cedera *grade-3 sprain* atau ACL robek total sehingga memerlukan *scaffold* pengganti ACL. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan kolagen (COL) dan elastin (ELA) pada *scaffold* yang berbasis *polycaprolactone* (PCL) yang disintesis menggunakan metode *electrospinning*. Karakterisasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah uji FTIR, uji morfologi SEM, uji kuat tarik, uji sudut kontak, uji degradasi, uji sitotoksitas MTT Assay dan uji porositas. Hasil uji dari FTIR menunjukkan bahwa kelima sampel mengandung kolagen dan elastin. Diameter serat dari kelima sampel memiliki ukuran antara 26-425 nm. Sampel yang memiliki karakteristik terbaik adalah sampel B2 dengan komposisi PCL/Coll/elastin (50/35/15). Nilai modulus elastisitasnya sebesar $8,974 \pm 0,220$ MPa, *ultimate tensile strength* sebesar $3,390 \pm 0,276$ MPa, diameter fiber 109 ± 70 nm, sudut kontak $69,210 \pm 2,850^\circ$, porositas $84 \pm 1,73\%$, viabilitas sel sebesar $84,626 \pm 9,981\%$, dan waktu massa habis selama 115 hari. Variasi penambahan kolagen dan elastin mempengaruhi dalam beberapa pengujian. Kekuatan mekanik dan sudut kontak menuju kearah yang diinginkan seiring dengan penambahan kolagen, sedangkan pada uji yang lain tidak terlihat perbedaan yang signifikan.

Kata kunci: Ligamen, ACL, PCL, Kolagen, Elastin, *Electrospinning*.

Raharjo, Andreas Charles. 2022. Pengaruh Penambahan Kolagen dan Elastin pada *Scaffold Artificial Anterior Cruciate Ligament* Berbasis *Polycaprolactone (ACL)*. Undergraduate Research Paper, Supervised by Dr. Ir. Aminatun, M.Si. dan Dyah Hikmawati, S.Si., M.Si. Undergraduate Study of Biomedical Engineering, Departement of Physics Teknik Biomedis, Airlangga University.

ABSTRACT

Cases of ACL injuries are very common. In one study, it was stated that there was an increase in the occurrence of ACL injuries by 147.8% from the period 2005-2015. ACL injuries often occur in sports activities, especially in sports such as basketball and soccer with a grade-3 sprain type of injury or a completely torn ACL that requires an ACL replacement scaffold. This study aims to determine the addition of collagen and elastin to a polycaprolactone-based scaffold synthesized using the electrospinning method. The characterizations used in this study were FTIR test, SEM morphology test, tensile strength test, contact angle test, degradation test, MTT assay cytotoxicity test, and porosity test. The fiber diameter of the five samples still has a size between 26-425 nm. The sample that displays the best characterization is the B2 sample with the composition PCL/Coll/elastin (50/35/15). The modulus of elasticity was $8,974 \pm 0,220$ MPa, the ultimate tensile strength was $3,390 \pm 0,276$ MPa, the fiber diameter was 109 ± 70 nm, the contact angle was $69,210 \pm 2,850^\circ$, the porosity was $84 \pm 1,73\%$, cell viability was $84,626 \pm 9,981\%$, and the mass was exhausted for 115 days. Variations in the addition of collagen and elastin affect several tests. The mechanical strength and contact angle go in the desired direction along with the addition of collagen, while in the other tests there is no significant difference.

Keyword: Ligament, ACL, PCL, Collagen, Elastin, *Electrospinning*.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan kasih dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi dengan judul “Pengaruh Penambahan Kolagen dan Elastin pada *Scaffold Artificial Anterior Cruciate Ligament* Berbasis *Polycaprolactone*”.

Tujuan penulis dalam membuat proposal skripsi ini adalah sebagai syarat sebelum dapat melaksanakan skripsi. Dimana skripsi adalah syarat untuk penulis dapat memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) pada program studi S-1 Teknik Biomedis Universitas Airlangga. Penulisan proposal ini juga tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, sehingga dalam kesempatan ini penulis akan menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan dukungan maupun masukan kepada penulis secara langsung maupun tidak langsung, terutama kepada:

1. Kedua orang tua, Bapak Suhindro Raharjo dan Ibu Eva Tjatur Megawati serta keluarga penulis yang telah memberikan doa, dukungan dan motivasi kepada penulis.
2. Ibu Dr. Ir. Aminatun, M.Si. selaku pembimbing 1 yang senantiasa memberikan ilmu, memberikan berbagai nasihat, dan juga membimbing penulis dengan sangat luar biasa.
3. Ibu Dyah Hikmawati, S.Si., M.Si. selaku pembimbing 2 yang senantiasa memberikan ilmu, memberikan berbagai nasihat, dan juga membimbing penulis dengan sangat luar biasa.

Surabaya, 16 Oktober 2022

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI	ii
PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI	iii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	5
1.3. Batasan Masalah.....	6
1.4. Tujuan Penelitian.....	6
1.5. Manfaat Penelitian.....	6
BAB II STUDI PUSTAKA.....	7
2.1. <i>Anterior Cruciate Liigament</i> (ACL).....	7
2.1.1. Cedera pada ACL	8
2.1.2. Penanggulangan Cedera ACL	10
2.2. <i>Nanofiber</i>	10
2.3. <i>Electrospinning</i>	11
2.4. <i>Polycaprolactone</i> (PCL).....	13
2.5. Kolagen	14
2.6. Elastin	15
2.7. <i>Fourier Transform Infra-Red</i> (FTIR).....	16
2.8. <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM).....	17
2.9. Uji Mekanik Kuat Tarik	18
2.10. Uji Laju Degradasi.....	20
2.11. Uji Sudut Kontak	21
2.12. Uji Sitotoksisitas dengan MTT Assay	22
2.13. Uji Porositas	23
BAB III METODE PENELITIAN.....	25

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	25
3.2. Alat dan Bahan Penelitian	25
3.3. Variabel Penelitian	26
3.4. Prosedur Penelitian.....	26
3.4.1. Pembuatan Sampel	26
3.4.2. Karakterisasi Sampel	28
3.4.2.1. Uji <i>Fourier Transform Infra-Red</i> (FTIR).....	28
3.4.2.2. Uji Morfologi dengan <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM).....	29
3.4.2.3. Uji Mekanik Kuat Tarik.....	30
3.4.2.4. Uji Degradasi dengan Larutan PBS	31
3.4.2.5. Uji Sudut Kontak	31
3.4.2.6. Uji Sitotoksitas	31
3.4.2.7. Uji Porositas.....	32
3.5. Skema Penelitian	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1. Hasil Sintesis <i>Scaffold</i> PCL/Coll/Elastin	34
4.2. Hasil uji <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR)	35
4.3. Hasil uji <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM).....	36
4.4. Hasil uji Mekanik Tarik	39
4.5. Hasil uji laju degradasi	41
4.6. Hasil pengukuran sudut kontak scaffold fiber PCL/Coll/elastin.....	44
4.7. Hasil pengukuran Sitotoksitas	45
4.8. Hasil uji Porositas.....	46
4.9. Pengaruh Penambahan Kolagen dan Elastin	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	49
5.1. Kesimpulan.....	49
5.2. Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	50
Lampiran	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Posisi Anatomis dari ACL.....	7
Gambar 2.2 Beberapa jenis kondisi ACL.....	9
Gambar 2.3 Skema kerja instrument electrospinning	12
Gambar 2.4 Proses Sintesis dan Struktur dari PCL.....	13
Gambar 2.5 Molekul tripokolagen pada fibril kolagen	14
Gambar 2.6 Struktur molekul kolagen	15
Gambar 2.7 Skema Kerja Instrumen FTIR	16
Gambar 2.8 Skema Kerja Scanning Electron Microscope	17
Gambar 2.9 Kurva Uji Mekanik Kuat Tarik	18
Gambar 2.10 Kurva Stress-Strain.....	20
Gambar 2.11 Tetesan Air Diatas Permukaan Membran.....	21
Gambar 3.1 Instrumentasi FTIR.....	28
Gambar 3.2 Skema dan instrumentasi SEM.....	29
Gambar 3.3 Instrumentasi uji kuat tarik.....	30
Gambar 3.4 Skema Penelitian	33
Gambar 4.1 Hasil electrospinning.....	34
Gambar 4.2 Hasil FTIR PCL/Coll/elastin	35
Gambar 4.3 Reaksi amniolisis PCL	36
Gambar 4.4 Pengamatan SEM dan Hasil Analisis dengan ImageJ PCL/Coll/elastin (50/40/10).....	37
Gambar 4.5 Pengamatan SEM dan Hasil Analisis dengan ImageJ PCL/Coll/elastin (50/35/15).....	37
Gambar 4.6 Pengamatan SEM dan Hasil Analisis dengan ImageJ PCL/Coll/elastin (50/30/20).....	38
Gambar 4.7 Pengamatan SEM dan Hasil Analisis dengan ImageJ PCL/Coll/elastin (50/25/25).....	38
Gambar 4.8 Pengamatan SEM dan Hasil Analisis dengan ImageJ PCL/Coll/elastin (50/20/30).....	38
Gambar 4.9 Grafik Nilai UTS	40
Gambar 4.10 Grafik Nilai Modulus Elastisitas	41
Gambar 4.11 Grafik Massa Hilang Pada Sampel.....	42
Gambar 4.12 Domain hidrofobik dan domain hidrofilik kolagen.....	44
Gambar 4.13 Pengamatan Sudut Kontak Sampel	44
Gambar 4.14 Grafik Rata-Rata Hasil Uji MTT Assay	46

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Analisis Gugus Fungsi scaffold PCL/Coll/elastin.....	36
Tabel 4.2 Diameter fiber	39
Tabel 4.3 Data Hasil Uji Tarik	40
Tabel 4.4 Massa yang hilang pada sampel.....	42
Tabel 4.5 Perkiraan Waktu Habis	43
Tabel 4.6 Data Sudut kontak	45
Tabel 4.7 Data Hasil Uji Porositas	47