

IR – PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

**OPTIMALISASI PARAMETER PROSES *ELECTROSPINNING* TERHADAP  
KARAKTERISTIK *NANOFIBER* KOLAGEN-PCL UNTUK REKAYASA  
JARINGAN LUKA BAKAR**

**SKRIPSI**



**SITI RAHISYA MENTARI**

**PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK BIOMEDIS  
DEPARTEMEN FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS AIRLANGGA**

**2022**

**OPTIMALISASI PARAMETER PROSES *ELECTROSPINNING* TERHADAP  
KARAKTERISTIK *NANOFIBER* KOLAGEN-PCL UNTUK REKAYASA  
JARINGAN LUKA BAKAR**

**SKRIPSI**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh**

**Gelar Sarjana Teknik Biomedis**

**pada Fakultas Sains dan Teknologi**

**Universitas Airlangga**

**Oleh:**

**SITI RAHISYA MENTARI**

**081711733043**

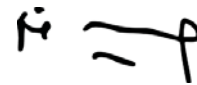
**Disetujui oleh:**

Pembimbing I



**Drs. Djony Izak Rudyardjo, M.Si**  
**NIP. 196802011993031004**

Pembimbing II



**Drs. Siswanto, M.Si.**  
**NIP. 196403051989031003**

**LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI**

Judul : Optimalisasi Parameter Proses Elektrosinning  
Terhadap Karakteristik *Nanofiber* Kolagen-PCL  
untuk Rekayasa Jaringan Luka Bakar  
Penyusun : Siti Rahisya Mentari  
NIM : 081711733043  
Pembimbing I : Drs. Djony Izak Rudyardjo, M.Si  
Pembimbing II : Drs. Siswanto, M.Si.  
Tanggal Seminar :

Disetujui oleh,

Pembimbing I

Pembimbing II



**Drs. Djony Izak Rudyardjo, M.Si**  
NIP. 196802011993031004

**Drs. Siswanto, M.Si.**  
NIP. 196403051989031003

Mengetahui,

Ketua Departemen Fisika  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Airlangga

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



**Herri Trilaksana, S.Si., M.Si., Ph.D.**  
NIP. 197712282003121003

**Drs. 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**

**SURAT PERNYATAAN TENTANG ORISINALITAS**

**Yang bertanda tangan di bawah ini:**

**Nama : Siti Rahisya Mentari**

**NIM : 081711733043**

**Program Studi : Teknik Biomedis**

**Jenjang : Sarjana (S1)**

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

**OPTIMALISASI PARAMETER PROSES *ELECTROSPINNING* TERHADAP KARAKTERISTIK *NANOFIBER* KOLAGEN-PCL UNTUK REKAYASA JARINGAN LUKA BAKAR**

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

**Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.**

**Jakarta, 15 Februari 2022**



**Siti Rahisya Mentari**

Mentari, Siti Rahisya. 2022. **Optimalisasi Parameter Proses Elektrosinning Terhadap Karakteristik *Nanofiber* Kolagen-PCL untuk Rekayasa Jaringan Luka Bakar**. Skripsi dibawah bimbingan Drs. Djony Izak Rudyardjo, M.Si dan Drs. Siswanto, M.Si. Program Studi S1 Teknik Biomedis Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga.

---

## ABSTRAK

Luka bakar pada kulit manusia dapat disebabkan oleh trauma panas, bahan kimia, arus listrik, dan zat radioaktif. Bagian kulit dari epidermis sampai subkutan akan rusak apabila terkena luka bakar. Tingkat kerusakan luka bakar pada jaringan tubuh dipengaruhi oleh kedalaman luka bakar, luas luka bakar, mekanisme *injury*, dan durasi kontak dengan permukaan tubuh. Untuk mengatasi masalah ini, dilakukan studi penelitian mengenai rekayasa jaringan untuk mencari kandidat penutup luka sampai pada proses penyembuhan. Bahan yang digunakan untuk membuat serat nano adalah kolagen dan *polycaprolactone*. Variasi parameter yang digunakan pada artikel review ini meliputi tegangan, laju alir, dan jarak dari ujung jarum menuju kolektor. Tujuan dari artikel review ini untuk mengetahui pengaruh parameter proses elektrosinning terhadap karakteristik serat dan nilai parameter proses yang optimal untuk membentuk serat nano kolagen-PCL. Hasil serat nano kolagen PCL dikarakterisasi dengan uji morfologi sampel menggunakan SEM, kekuatan tarik menggunakan autograph, dan sudut kontak menggunakan metode *sessile drop*. Berdasarkan studi literatur, diameter serat meningkat apabila laju alir ditingkatkan dari 0,2 mL/jam menjadi 1 mL/jam. Sedangkan penurunan ukuran diameter serat dipengaruhi oleh peningkatan tegangan dari 10 kV menjadi 20 kV dan jarak ujung jarum dengan kolektor dari 15 cm menjadi 20 cm. Diameter serat yang semakin besar meningkatkan kekuatan tarik dan derajat sudut kontak dari serat nano. Peningkatan nilai sudut kontak menyebabkan serat bersifat hidrofobik dan kurang sesuai untuk perlekatan dan penyebaran sel. Parameter proses yang optimal untuk menghasilkan serat dengan karakteristik morfologi yang homogen dan sifat mekanik yang sesuai terdapat pada tegangan 20 kV, laju alir 1 mL/jam dan jarak ujung jarum dengan kolektor sebesar 20 cm. Selain itu, peningkatan konsentrasi kolagen juga mempengaruhi sifat mekanik serat menjadi lebih baik.

**Kata kunci:** luka bakar, *polycaprolactone*, kolagen, *nanofiber*, parameter proses elektrosinning.

Mentari, Siti Rahisya. 2022. ***Optimizing Electrospinning Process Parameters on the Characteristics of Collagen-PCL Nanofibers for Burn Tissue Engineering***. Undergraduate research paper, supervised by Drs. Djony Izak Rudyardjo, M.Si and Drs. Siswanto, M.Si. Biomedical Engineering Undergraduate Program, Departement of Physics, Faculty of Science and technology, Airlangga University

---

## ABSTRACT

*Burns on human skin can be caused by heat trauma, chemicals, electric currents, and radioactive substances. The skin from the epidermis to the subcutaneous tissue will be damaged when exposed to burns. The degree of burn damage to body tissues is influenced by the depth of the burn, the extent of the burn, the mechanism of injury, and the duration of contact with the body surface. To overcome this problem, a research study on tissue engineering was conducted to search for candidates for wound dressings to the healing process. The materials used to make nanofibers are collagen and polycaprolactone and various electrospinning process parameters. Parameter variations used in this review article include voltage, flow rate, and distance from the needle tip to the collector. The purpose of this review article is to determine the effect of electrospinning process parameters on fiber characteristics and the optimal value of process parameters to form collagen-PCL nanofibers. The results of PCL collagen nanofibers were characterized by morphological tests of samples using SEM, tensile strength using autographs, and contact angles using the sessile drop method. Based on the literature study, the fiber diameter increased when the flow rate was increased from 0.2 mL/hour to 1 mL/hour. While the decrease in fiber diameter is influenced by the increase in voltage from 10 kV to 20 kV and the distance between the tip of the needle and the collector from 15 cm to 20 cm. The larger the fiber diameter increases the tensile strength and the degree of contact angle of the nanofibers. Increasing the degree of contact angle causes the fibers to be hydrophobic and less suitable for cell attachment and dispersal. Optimal process parameters to produce fibers with homogeneous morphological characteristics and suitable mechanical properties are found at a voltage of 20 kV, a flow rate of 1 mL/hour and rarely a needle tip with a collector of 20 cm. In addition, the increase in collagen concentration also affects the mechanical properties of the fiber for the better.*

**Keywords:** burns, polycaprolactone, collagen, nanofiber, electrospinning process parameters.

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah, Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat-Nya sehingga diberikan kesempatan untuk menyelesaikan proposal skripsi yang berjudul “Optimalisasi Parameter Proses *Electrospinning* Terhadap Karakteristik *Nanofiber* Kolagen-PCL untuk Rekayasa Jaringan Luka Bakar” ini dengan baik. Adapun penulisan proposal skripsi ini dilakukan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai gelar Sarjana Teknik (S.T) pada program S1 Teknik Biomedis Universitas Airlangga, Surabaya.

Penulis menyadari bahwa penulisan dan penyusunan naskah proposal skripsi ini telah dibantu dan melibatkan berbagai pihak. Penulis sangat sadar bahwa sangat sulit menyelesaikan penulisan naskah skripsi ini. Dengan segala kerendahan hati, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar- besar nya kepada seluruh pihak yang telah membantu penulis serta memberikan dukungan moral serta materil, terutama kepada:

1. Kedua orangtua, Bapak Ir. Suprpto M.Si dan Ibu Dra. Novi Rahmi MM Mohammad Hatta Rafsanjani, Fitria Setyorini dan Kamala serta keluarga yang turut mendoakan dan memberikan dukungan dalam segala hal untuk penulis.
2. Bapak Herri Trilaksana, S.Si, M.Si, Ph.D selaku Ketua Departemen Fisika dan Ketua Program Studi S1 Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga yang telah memberi kesempatan kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
3. Ibu Dr. Riries Rulaningtyas S.T., M.T. selaku Koordinator Program Studi Teknik Biomedis.
4. Bapak Yhosep Gita Yhun Y., S.Si MT. selaku dosen wali yang telah membantu dan memberikan bimbingan selama masa perkuliahan.
5. Bapak Drs Djony Izak Rudyardjo, M.Si selaku dosen pembimbing I yang telah membantu penulis dalam penulisan naskah skripsi, memberikan dukungan dan nasihat serta saran untuk penulis.

6. Bapak Drs. Siswanto, M.Si. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan saran dan dukungan terhadap penulis.
7. Bearnando Willem yang telah memberikan semangat, motivasi dan bantuan selama saya menyusun skripsi ini.
8. Rekan terdekat saya selama kuliah Chevindo, Arkan, Kinar, Farrel, Risa yang telah memberikan dukungan dan saran kepada saya selama masa perkuliahan.
9. Fadhilah Mufidah, Febby Sekar Dwi Lestari, Haifa Tsaniya Ayu Nugroho dan teman “Terkurus” yang telah memberikan dukungan moral maupun material selama saya menyusun naskah skripsi ini.
10. Teman-teman Teknik Biomedis 2017 yang telah membantu saya selama masa perkuliahan.

Jakarta, 15 Februari 2022



Siti Rahisya Mentari

## DAFTAR ISI

|                                             |      |
|---------------------------------------------|------|
| LEMBAR JUDUL .....                          | i    |
| LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI.....       | iii  |
| PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI .....            | iv   |
| SURAT PERNYATAAN TENTANG ORISINALITAS ..... | v    |
| ABSTRAK .....                               | vi   |
| ABSTRACT .....                              | vii  |
| KATA PENGANTAR .....                        | viii |
| DAFTAR TABEL .....                          | xii  |
| DAFTAR GRAFIK .....                         | xiii |
| DAFTAR GAMBAR .....                         | xiv  |
| BAB I PENDAHULUAN .....                     | 1    |
| 1.1 Latar Belakang Masalah .....            | 1    |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                   | 4    |
| 1.3 Tujuan Review Artikel .....             | 5    |
| 1.4 Batasan Masalah .....                   | 5    |
| 1.5 Manfaat Review Artikel .....            | 5    |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....               | 7    |
| 2.1 Kulit.....                              | 7    |
| 2.2.1 Epidermis .....                       | 7    |
| 2.2.2 Dermis.....                           | 7    |
| 2.2.3 Subkutan.....                         | 8    |
| 2.2 Luka Bakar .....                        | 9    |
| 2.2.1 Luka Bakar Thermal .....              | 9    |
| 2.2.2 Luka Bakar Kimia .....                | 9    |
| 2.2.3 Luka Bakar Elektrik .....             | 9    |
| 2.2.4 Luka Bakar Radiasi .....              | 9    |
| 2.3 Kolagen.....                            | 11   |
| 2.4 Polycaprolactone (PCL) .....            | 13   |
| 2.5 Electrospinning.....                    | 14   |

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.5.1. Proses <i>Electrospinning</i> .....                                  | 16 |
| 2.6 Karakterisasi .....                                                     | 18 |
| 2.6.1 <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) .....                       | 18 |
| 2.6.2 Uji Kuat Tarik .....                                                  | 20 |
| 2.6.3 Uji Sudut Kontak .....                                                | 22 |
| BAB III METODE PENELITIAN .....                                             | 24 |
| 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....                                       | 24 |
| 3.2 Prosedur Review .....                                                   | 24 |
| 3.3 Sumber Literatur .....                                                  | 25 |
| BAB IV PEMBAHASAN .....                                                     | 27 |
| 4.1 Hasil Karakterisasi .....                                               | 28 |
| 4.1.1 Uji <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM) .....                   | 28 |
| 4.1.2 Uji Kuat Tarik .....                                                  | 38 |
| 4.1.3 Uji Sudut Kontak .....                                                | 43 |
| 4.2 Prospek Masa Depan Nanofiber dengan Metode <i>Electrospinning</i> ..... | 47 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....                                            | 51 |
| 5.1 Kesimpulan .....                                                        | 51 |
| 5.2 Saran .....                                                             | 52 |
| DAFTAR PUSTAKA .....                                                        | 53 |

## DAFTAR TABEL

| No   | Keterangan Tabel                                                          | Halaman |
|------|---------------------------------------------------------------------------|---------|
| 2.1  | Penyebab Luka Bakar                                                       | 13      |
| 2.2  | Karakteristik <i>Polycaprolactone</i> (PCL)                               | 23      |
| 2.3  | Karakteristik <i>Polycaprolactone</i> (PCL)                               | 25      |
| 3.1  | Sumber Literatur Jurnal Internasional                                     | 27      |
| 4.1  | Hasil Uji SEM <i>nanofiber polycaprolactone</i>                           | 30      |
| 4.2  | Hasil Uji Morfologi SEM pada <i>nanofiber</i> PCL-Kolagen-Elastin         | 32      |
| 4.3  | Hasil Uji morfologi SEM pada <i>Nanofiber</i> PCL-Kolagen                 | 33      |
| 4.4  | Hasil Uji Morfologi SEM PCL                                               | 34      |
| 4.5  | Perbandingan Hasil Uji Morfologi SEM                                      | 39      |
| 4.6  | Hasil Uji Kuat Tarik <i>Polycaprolactone</i> PCL                          | 30      |
| 4.7  | Hasil Uji Kuat Tarik <i>Polycaprolactone-collagen</i>                     | 32      |
| 4.8  | Perbandingan Hasil Uji Kekuatan Tarik dari beberapa peneliti              | 33      |
| 4.9  | Hasil Uji Sudut Kontak Pada <i>Polycaprolactone</i>                       | 34      |
| 4.10 | Hasil uji sudut kontak PCL dan PCL-kolagen                                | 39      |
| 4.11 | Hasil Uji Sudut Kontak PCL dan PCL/NS                                     | 42      |
| 4.12 | Perbandingan Hasil Uji Sudut Kontak dari Beberapa Peneliti                | 44      |
| 4.13 | Komparasi Kinerja Berbagai <i>Nanofiber</i> Metode <i>Electrospinning</i> | 46      |

## DAFTAR GRAFIK

| No  | Keterangan Grafik                                                                                                                       | Halaman |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 4.1 | Pengaruh Parameter Proses terhadap diameter serat (a) Tegangan dan (b) Laju aliran (mL/jam)                                             | 13      |
| 4.2 | Pengaruh parameter proses eletrospinning terhadap nilai kuat tarik (a) Tegangan, (b) Jarak ujung jarum dengan kolektor, (c) Laju aliran | 23      |

## DAFTAR GAMBAR

| No   | Keterangan Gambar                                                                                                                                                                                                                                                      | Halaman |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 2.1  | Struktur Kulit                                                                                                                                                                                                                                                         | 6       |
| 2.2  | Struktur Kolagen                                                                                                                                                                                                                                                       | 8       |
| 2.3  | Struktur PCL                                                                                                                                                                                                                                                           | 8       |
| 2.4  | Skema <i>Electrospinning</i>                                                                                                                                                                                                                                           | 9       |
| 2.5  | Struktur PCL                                                                                                                                                                                                                                                           | 9       |
| 2.6  | Mekanisme <i>Electrospinning</i>                                                                                                                                                                                                                                       | 10      |
| 2.7  | Skema Dasar SEM                                                                                                                                                                                                                                                        | 11      |
| 2.8  | Skema Interaksi Antara Bahan dan Elektron                                                                                                                                                                                                                              | 12      |
| 2.9  | Skema Uji Kekuatan Tarik                                                                                                                                                                                                                                               | 13      |
| 2.10 | Diagram <i>Stress-Strain</i> Uji Kuat Tarik                                                                                                                                                                                                                            | 15      |
| 2.11 | Ilustrasi terbentuknya sudut kontak                                                                                                                                                                                                                                    | 18      |
| 4.1  | Hasil uji morfologi SEM pada <i>nanofiber</i> (a) PCL 10% dengan tegangan 10 kV; jarak dari ujung jarum menuju kolektor 15 cm; dan laju aliran 0,2 mL/jam (b) PCL 10% dengan tegangan 10 kV; jarak dari ujung jarum menuju kolektor 15 cm; dan laju aliran 0,8 mL/jam. | 19      |
| 4.2  | Hasil SEM <i>nanofiber</i> aPCL6CE pada perbesaran 5.000x : (A) Laju air 0,25 mL/jam, (B) Laju air 1 mL/jam, (C) Laju air 3 mL/jam. (Aguirre-Chagala <i>et al.</i> , 2017)                                                                                             |         |
| 4.3  | Morfologi serat PCL-Kolagen (a) PCL-Kolagen pada ukuran 10 $\mu\text{m}$ (b) PCL-Kolagen pada ukuran 2 $\mu\text{m}$                                                                                                                                                   | 26      |
| 4.4  | Hasil SEM <i>nanofiber</i> PCL dan PCL-Kolagen (A) PCL dengan laju alir 4,25 mL/jam (B) PCL dengan laju alir 17 mL/jam (C) PCL-Kolagen pada tegangan 15 kV, jarak tip dengan kolektor 13 cm, dan laju alir 1,2 mL/jam.                                                 | 28      |

|     |                                                                                                                           |    |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.5 | Hasil morfologi SEM pada PCL dengan kekuatan tarik: (a) 0.5 MPa, 0.8 MPa, (c) 1 MPa, (d) 1.3 MPa, (e) 2.3 MPa, (f) 3 MPa. | 30 |
| 4.4 | Variasi Jarak Ujung Jarum ke Kolektor                                                                                     | 31 |
| 4.5 | Hasil uji SEM pada Perbedaan Nilai Kuat Tarik (a) 0,5 MPa (b) 0,8 MPa (c) 1 MPa (d) 1,3 MPa (e) 2,3 MPa (f) 3 Mpa         | 34 |
| 4.6 | Sudut Kontal <i>nanofiber</i> (A) PCL, (B) PCL/NS 10%, (C) PLA-PCL/NS 20%                                                 | 36 |