

**EFEK LAJU PENARIKAN TERHADAP KARAKTERISTIK
STAINLESS STEEL 316L BERLAPIS PCL-GELATIN
MENGUNAKAN METODE *DIP-COATING* SEBAGAI
IMPLAN TULANG**

SKRIPSI



WIHDATIN QURROTA A'YUN

**PROGRAM STUDI S1 FISIKA
DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS AIRLANGGA
2022**

**EFEK LAJU PENARIKAN TERHADAP KARAKTERISTIK
STAINLESS STEEL 316L BERLAPIS PCL-GELATIN
MENGUNAKAN METODE *DIP-COATING* SEBAGAI
IMPLAN TULANG**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana Sains Bidang Fisika
pada Fakultas Sains dan Teknologi

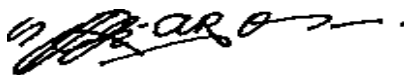
Universitas Airlangga

Wihdatin Qurrota A'yun
NIM 081711333099

Disetujui oleh:

Pembimbing

Pembimbing II



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



Drs. Siswanto, M.Si
NIP.196403051989031003

LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI

Judul : EFEK LAJU PENARIKAN TERHADAP
KARAKTERISTIK *STAINLESS STEEL* 316L
BERLAPIS PCL-GELATIN MENGGUNAKAN
METODE *DIP- COATING* SEBAGAI IMPLAN
TULANG

Penyusun : Wihdatin Qurrota A'yun

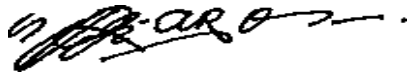
NIM : 081711333099

Tanggal Ujian : 10 Februari 2022

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



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 kepustakaan, akan tetapi pengutipan harus seizin penyusun dan harus menyebutkan sumbernya sesuai kebiasaan ilmiah.

Dokumen skripsi ini merupakan hak milik Universitas Airlangga

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Wihdatin Qurrota A'yun

NIM : 081711333099

Program Studi : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Jenjang : Sarjana (S1)

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

EFEK LAJU PENARIKAN TERHADAP KARAKTERISTIK *STAINLESS STEEL* 316L BERLAPIS PCL-GELATIN MENGGUNKAN METODE *DIP-COATING* SEBAGAI IMPLAN TULANG

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

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 20 Februari 2022



Wihdatin Qurrota A'yun

NIM. 081711333099

Wihdatin Qurrota A'yun, 2022. **Efek Laju Penarikan Terhadap Karakteristik *Stainless Steel* 316L Berlapis PCL-Gelatin Menggunakan Metode *Dip Coating* sebagai Implan Tulang**. Skripsi ini dibawah bimbingan Drs. Djony Izak Rudyardjo, M.Si dan Drs. Siswanto, M.Si, program studi S1 Fisika. Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga.

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian mengenai efek variasi kecepatan penarikan terhadap karakteristik *Stainless Steel* 316L berlapis PCL-gelatin dengan menggunakan metode *dip-coating* sebagai implan tulang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh laju penarikan terhadap karakteristik *stainless steel* 316L berlapis PCL-gelatin meliputi ketebalan lapisan, kelekatan lapisan dan laju degradasi dalam tubuh. *Stainless steel* jenis 316L merupakan salah satu material yang paling sering digunakan sebagai material implan. Sebelum dilakukan pelapisan logam SS 316L berbentuk persegi panjang dengan ukuran 2 cm x 1,5 cm disterilisasi terlebih dahulu. Komposisi PCL-Gelatin yang digunakan yaitu sebesar 90%:10%. Dimana PCL 15% dilarutkan dalam 10 ml CH₃COOH dan gelatin 10% dilarutkan dalam 10 ml CH₃COOH:CH₂O₂ dengan perbandingan pelarut 3:1. Kemudian logam SS 316L dilapisi dengan pcl-gelatin menggunakan metode *dip-coating* dengan variasi laju penarikan yang digunakan yaitu sebesar 0,089 mm/s; 0,120 mm/s; 0,178 mm/s dan 0,198 mm/s. Karakterisasi yang dilakukan adalah uji SEM, uji kelekatan lapisan menggunakan metode *cross cut tape test* dengan acuan ASTM D3359 dan uji degradasi menggunakan larutan *Phosphate Buffered Saline* (PBS) dengan pH 7. Sampel terbaik dari penelitian ini adalah sampel dengan variasi laju penarikan sebesar 0,198 mm/s yang memiliki morfologi lapisan berpori yang baik dengan ketebalan lapisan sebesar (75,37 ± 27,96) µm yang memenuhi syarat terbaik untuk aplikasi medis dan layak dijadikan *implant prosthesis*, dengan persentase degradasi sebesar (0,0244 ± 0,0018) % selama 28 hari dan laju degradasi yang terjadi adalah sebesar 1,93 x 10⁻⁶ g/h, serta kelekatan lapisan yang cukup baik yaitu dalam kategori 4B menurut ASTM. Sehingga Semakin besar kecepatan penarikan maka ketebalan lapisan akan semakin meningkat dan lapisan merata, sehingga perlekatan sampel dengan substrat semakin kuat.

Kata Kunci : *Stainless Steel* 316L, PCL, Gelatin, metode *dip-coating*, implant tulang.

Wihdatin Qurrota A'yun, 2022. **Efek Laju Penarikan Terhadap Karakteristik *Stainless Steel* 316L Berlapis PCL-Gelatin Menggunakan Metode *Dip Coating* sebagai Implan Tulang**. Undergraduated research paper, supervised by Drs. Djony Izak Rudyardjo, M.Si and Drs. Siswanto, M.Si, Undergraduated Study Physics, Departement of Physics, Faculty of Science and Technology, Airlangga University.

ABSTRACT

Research has been carried out on the effect of variations in withdrawal speed on the characteristics of PCL-gelatin coated *Stainless Steel* 316L using the dip-coating method as bone implants. The purpose of this study was to analyze the effect of withdrawal rate on the characteristics of PCL-gelatin-coated *stainless steel* 316L including coating thickness, coating adhesion and degradation rate in the body. Type 316L *stainless steel* is one of the most frequently used materials for implants. Prior to plating, the rectangular SS 316L metal with a size of 2 cm x 1.5 cm was sterilized first. The composition of PCL-Gelatin used is 90%:10%. Where 15% PCL is dissolved in 10 ml of CH₃COOH and 10% gelatin is dissolved in 10 ml of CH₃COOH:CH₂O₂ with a solvent ratio of 3:1. Then SS 316L metal was coated with pcl-gelatin using the dip-coating method with variations in the withdrawal rate used, namely 0.089 mm/s; 0.120 mm/s; 0.178 mm/s and 0.198 mm/s. The characterization carried out was the SEM test, the coating adhesion test using the cross-cut tape test method with reference to ASTM D3359 and the degradation test using a Phosphate Buffered Saline (PBS) solution with a pH of 7. The best sample from this study was a sample with a variation of the withdrawal rate of 0.198 mm/s which has a good porous layer morphology with a layer thickness of (75.37 ± 27.96) m which meets the best requirements for medical applications and is suitable as an implant prosthesis, with a degradation percentage of (0.0244 ± 0.0018) % during 28 days and the rate of degradation that occurs is 1.93×10^{-6} g/h, and the adhesion of the coating is quite good, namely in the 4B category according to ASTM. So that the greater the speed of withdrawal, the thickness of the layer will increase and the layer will be evenly distributed, so that the adhesion of the sample to the substrate is getting stronger.

Keywords: Stainless Steel 316L, PCL, Gelatin, dip-coating method, bone implants.

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan naskah skripsi dengan judul ***“Efek Laju Penarikan terhadap Karakteristik Stainless Steel 316L Berlapis PCL-Gelatin Menggunakan Metode Dip-Coating sebagai Implan Tulang”*** dengan lancar. Adapun naskah skripsi ini disusun untuk mempelajari efek laju penarikan terhadap karakteristik *stainless steel* 316L yang berlapis PCL-Gelatin, dengan begitu penulis mengharapkan bisa mengetahui laju penarikan optimum untuk mendapatkan karakteristik logam *stainless steel* 316L berlapis PCL-gelatin terbaik sebagai implan tulang agar dapat menjadi bahan acuan pada penelitian selanjutnya. Naskah skripsi ini juga disusun guna memenuhi salah satu persyaratan akademik untuk menyandang gelar Sarjana pada Program Studi S1 Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga.

Banyak pihak yang telah berkontribusi dan membantu materi maupun spiritual penulis untuk mampu menyelesaikan naskah skripsi ini. Pada kesempatan kali ini penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada pihak-pihak yang bersangkutan tersebut, yaitu :

Allah SWT atas limpahan rahmat, berkah, dan karunia-Nya.

1. Ayah, ibu, adik-adik, dan seluruh keluarga besar tercinta yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, serta dukungannya selama proses perkuliahan.
2. Bapak Herri Trilaksana, S.Si, M.Si, Ph.D selaku Ketua Departemen Fisika yang selalu membimbing dan tiada henti memberi arahan kepada kami.
3. Bapak Drs. Djony Izak Rudyardjo, M.Si selaku pembimbing I yang telah sabar membimbing, meluangkan waktu, membagikan ilmu, serta memberi support dan saran selama menyelesaikan skripsi.

4. Bapak Drs. Siswanto, M.Si selaku pembimbing II yang telah sabar membimbing, meluangkan waktu, membagikan ilmu, serta memberi support dan saran selama menyelesaikan skripsi.
5. Bapak Prof. Dr. Moh. Yasin, M.Si selaku dosen wali yang telah sabar membimbing dan mendukung selama proses perkuliahan.
6. Seluruh dosen fisika fakultas sains dan teknologi yang telah sabar membimbing dan membagikan ilmu selama proses perkuliahan.
7. Semua teman-teman Fisika 2017 Universitas Airlangga yang telah membantu dalam proses perkuliahan dan penelitian sehingga penyelesaian skripsi ini berjalan dengan lancar.

Penulis menyadari dalam penyusunan naskah skripsi ini belum sempurna dan masih banyak kekurangannya dari segi isi maupun penyajiannya. Oleh karena itu, penulis mengharapkan segala masukan, kritikan, dan saran dari pembaca demi kesempurnaan naskah proposal skripsi ini sehingga naskah skripsi ini dapat memberikan hasil yang bermanfaat.

Surabaya, 20 Februari 2022

Penulis



Wihdatin qurrota a'yun

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI	iv
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Patah Tulang (Fraktura)	7
2.2 Biomaterial	8
2.2.1 Biomaterial Logam	11
2.2.2 <i>Stainless Steel</i> 316L	14
2.3 PCL (<i>Polycaprolactone</i>)	17
2.4 Gelatin	20
2.5 <i>Dip-Coating</i>	22
2.6 Karakterisasi Sampel	27
2.6.1 Uji SEM (<i>Scanning Electron Microscopy</i>)	27
2.6.2 Uji Kelekatan Lapisan	29

2.6.3 Uji Degradasi	33
BAB III METODE PENELITIAN	35
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	35
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	35
3.2.1 Alat Penelitian	35
3.2.2 Bahan Penelitian	35
3.3 Variabel Penelitian	35
3.2.1 Variabel Bebas	35
3.2.2 Variabel Terikat	36
3.2.3 Variabel Terkontrol	36
3.4 Skema Penelitian	37
3.5 Tahap Penelitian	39
3.5.1 Tahap Persiapan Alat dan Bahan	39
3.5.2 Tahap Pembuatan Sampel Uji	40
3.5.3 Tahap Pelapisan Sampel Uji	43
3.6 Tahap Karakterisasi	45
3.6.1 Uji SEM (<i>Scanning Electron Microscopy</i>)	45
3.6.2 Uji Kelekatan Lapisan	46
3.6.3 Uji Degradasi	48
3.7 Tahap Analisis Data	49
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	50
4.1 Hasil Uji SEM (<i>Scanning Electron Microscopy</i>)	50
4.2 Hasil Uji Kelekatan Lapisan	54
4.3 Hasil Uji Degradasi	56
4.4 Pembahasan	59
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	64
5.1 Kesimpulan	64
5.2 Saran	64
DAFTAR PUSTAKA	65
LAMPIRAN	71

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul Tabel	Halaman
2.1	Keuntungan dan Kerugian Jenis-jenis Biomaterial (Park and Lakes, 2007)	10
2.2	Contoh Biomaterial dan Aplikasinya (Hermawan, 2019)	10
2.3	Implan dan Jenis Logam yang Dipakai (Hermawan, 2019)	12
2.4	Sifat-sifat Mekanik Paduan Logam Aplikasi Biomaterial (Sudjatmoko, 2008)	13
2.5	Sifat Biomaterial Logam (Dee <i>et al</i> , 2002)	13
2.6	Perbandingan Beberapa Material Implan (Dzikriansyah, 2017)	14
2.7	Komposisi Bahan <i>Stainless Steel</i> 316L (ASTM F138, 2003)	16
2.8	Sifat Mekanik Biomaterial Logam (Park and Lakes, 2007)	17
2.9	Sifat Umum PCL (Zhang, 2015)	19
2.10	Klasifikasi Uji <i>Cross-cut Tape Test</i> Metode A (ASTM, 2009)	30
2.11	Klasifikasi Hasil Pengujian <i>Cross-cut Tape Test</i> Metode B (ASTM, 2009)	31
2.12	Keterangan Hasil Pengujian <i>Cross-cut Tape Test</i> Metode B (ASTM, 2009)	32
2.13	Formulasi Larutan PBS (<i>Phosphate Buffered Saline</i>)	33
3.1	Hubungan Tegangan dengan Laju Penarikan pada Alat	44

3.2	Variasi Laju Penarikan Bahan Uji	44
3.3	Klasifikasi Hasil Pengujian <i>Cross Cut Tape Test</i>	47
4.1	Ketebalan Rata-rata Sampel	53
4.2	Perbandingan Hasil Uji dengan ASTM D3359	55
4.3	Hasil Uji Kelekatan Lapisan	56
4.4	Data Hasil Uji Degradasi	57

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul Gambar	Halaman
2.1	Bagian-bagian Tulang Femur (Baldai virtuves, 2017)	8
2.2	Contoh implan logam: (a) implan panggul, bahu dan sikut, (b) implan lutut, (c) pelat tengkorak (MediTeg, Universiti Teknologi Malaysia)	11
2.3	Struktur Molekul PCL (McKeen, 2012)	18
2.4	Degradasi PCL dengan hidrolisis yang akan dieliminasi dalam tubuh melalui siklus asam sitrat (Woodruff dan Hutmacher, 2010)	18
2.5	Struktur Gelatin (Imeson, 1992)	20
2.6	Peralatan <i>Dip-Coating</i> (Hijon <i>et al</i> , 2006)	24
2.7	Skema dari Proses Keseimbangan <i>Dip-Coating</i>	25
2.8	Pola Aliran selama Proses <i>Dip-Coating</i> , δ adalah lapisan batas, h ketebalan film (Brinker and Hurd, 1994).	26
2.9	Skema Peralatan SEM	28
3.1	Skema Penelitian	37
3.2	Sampel <i>Stainless Steel</i> 316L yang sudah dibersihkan	41
3.3	Proses Pelarutan PCL	41
3.4	Proses Pelarutan Gelatin	42
3.5	Proses Pencampuran PCL-Gelatin 90%:10%	43
3.6	Proses Coating <i>Stainless Steel</i> 316L pada Pelarut PCL-Gelatin	43

3.7	Alat Uji SEM	45
3.8	Proses Uji Degradasi	49
4.1	Hasil pengamatan morfologi pada permukaan sampel SS136L berlapis PCL-Gelatin menggunakan perbesaran 5000x dengan laju penarikan (a) 0,089 mm/s (b) 0,198 mm/s	51
4.2	(a) <i>Cross Section</i> laju penarikan 0,089 mm/s, (b) <i>Cross Section</i> laju penarikan 0,120 mm/s, (c) <i>Cross Section</i> laju penarikan 0,178 mm/s dan (d) <i>Cross Section</i> laju penarikan 0,198 mm/s	52
4.4	Grafik Penurunan Berat Uji Degradasi	58
4.5	Grafik Laju Degradasi	58

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Judul Gambar	Halaman
1	Alat dan Bahan	71
2	Hasil dan Analisis Uji Degradasi	79
3	Hasil dan Analisis Uji SEM	92
4	Hasil dan Analisis Uji Kelekatan Lapisan	100