

**PENGARUH VARIASI KECEPATAN PENARIKAN
TERHADAP KARAKTERISTIK Ti6Al4V TERLAPIS PCL-
GELATIN MENGGUNAKAN METODE *DIP-COATING*
SEBAGAI IMPLAN TULANG**

SKRIPSI



AYUNI WAHYU DEA PANGESTU

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

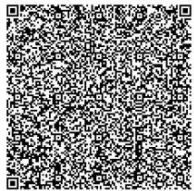
AYUNI WAHYU DEA PANGESTU

081811333061

Tanggal Lulus:
24-08-2022

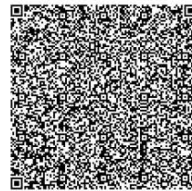
Disetujui Oleh:

Pembimbing 1



DJONY IZAK RUDYARDJO Drs., M.Si.
NIP. 196802011993031004

Pembimbing 2



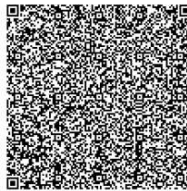
DYAH HIKMAWATI S.Si, MSi.
NIP. 196911281994032001

LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI

Judul : Pengaruh Variasi Kecepatan Penarikan terhadap Karakteristik
Ti6Al4V Terlapis PCL-Gelatin Menggunakan Metode *Dip-Coating*
sebagai Implan Tulang
Penyusun : AYUNI WAHYU DEA PANGESTU
NIM : 081811333061
Nama Pembimbing I : DJONY IZAK RUDYARDJO Drs., M.Si.
Nama Pembimbing II : DYAH HIKMAWATI S.Si, MSi.
Tanggal Seminar : 24-08-2022 3:00 PM

Disetujui Oleh:

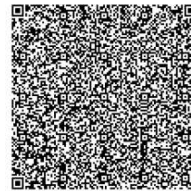
Pembimbing 1



DJONY IZAK RUDYARDJO Drs., M.Si.

NIP. 196802011993031004

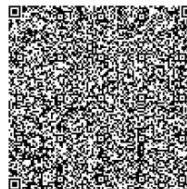
Pembimbing 2



DYAH HIKMAWATI S.Si, MSi.

NIP. 196911281994032001

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 : Ayuni Wahyu Dea Pangestu

NIM : 081811333061

Program Studi : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Jenjang : Sarjana (S1)

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

**PENGARUH KECEPATAN PENARIKAN TERHADAP KARAKTERISTIK
Ti6Al4V TERLAPIS PCL-GELATIN MENGGUNAKAN 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, 17 Maret 2022



Ayuni Wahyu Dea Pangestu

081811333061

Ayuni Wahyu Dea Pangestu, 2022. **Pengaruh Kecepatan Penarikan Terhadap Karakteristik Ti6Al4V Terlapis PCL-Gelatin Menggunakan Metode *Dip-Coating* Sebagai Implan Tulang**. Skripsi ini dibawa bimbingan Drs. Djony Izak Rudyardjo, M.Si dan Dyah Hikmawati, S.Si, M.Si, program studi S1 Fisika. Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga.

ABSTRAK

Penelitian ini membahas tentang pengaruh kecepatan variasi penarikan terhadap karakteristik Ti6Al4V terlapis PCL-gelatin dengan metode *dip-coating* sebagai implan tulang. Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui pengaruh kecepatan penarikan terhadap karakteristik Ti6Al4V terlapis PCL-gelatin menggunakan metode *dip-coating*, mengetahui prospek Ti6Al4V terlapis PCL-gelatin sebagai implan tulang, dan mengetahui besar kecepatan penarikan untuk memperoleh lapisan yang ideal. Variasi kecepatan yang digunakan yaitu sebesar $(0,14 \pm 0,003)$ mm/s, $(0,18 \pm 0,003)$ mm/s, $(0,23 \pm 0,007)$ mm/s, dan $(0,32 \pm 0,007)$ mm/s. Proses pelapisan PCL-gelatin menggunakan metode *dip-coating*. Logam Ti6Al4V berukuran 2 x 1,5 cm disterilisasi terlebih dahulu sebelum dilakukan pelapisan. Proses pembuatan larutan diawali dengan melarutkan PCL dengan 10 ml CH_3COOH selama 5 jam, melarutkan gelatin dalam $\text{CH}_2\text{O}_2:\text{CH}_3\text{COOH}$ dengan perbandingan 2,5 ml:7,5 ml selama 1 jam, kemudian melakukan pencampuran larutan PCL dan gelatin dengan perbandingan konsentrasi 90%:10% selama 1 jam hingga menghasilkan larutan yang homogen. Karakterisasi yang digunakan yaitu uji *coating thickness*, uji *surface roughness*, uji korosi, uji kelekatan lapisan, uji SEM, dan uji FTIR. Sampel terbaik diperoleh pada sampel D dengan variasi kecepatan penarikan sebesar $(0,32 \pm 0,007)$ mm/s dengan ketebalan lapisan yang sesuai dengan syarat implan yaitu $103,7 \pm 2,1$ μm , kekasaran permukaan sebesar $1,907 \pm 0,164$ μm , dan laju korosi sebesar $3,3185 \times 10^{-5}$ mm/year. Menghasilkan morfologi lapisan yang berpori.

Kata kunci : Ti6Al4V, PCL, Gelatin, metode *dip-coating*.

Ayuni Wahyu Dea Pangestu, 2022. **Effect of Variations in Withdrawal Speed on PCL-Gelatin Coated Ti6Al4V Characteristics Using Dip-Coating Method as Bone Implants**. Undergraduated research paper, supervised by Drs. Djony Izak Rudyardjo, M.Si and Dyah Hikmawati, S.Si, M.Si, Undergraduated Study Physics, Departement of Physics, Faculty of Science and Technology, Airlangga University.

ABSTRACT

This study discusses the effect of the speed of withdrawal variation on the characteristics of PCL-gelatin coated Ti6Al4V with the *dip-coating* as bone implants. The aims of this study were to determine the effect of withdrawal speed on the characteristics of PCL-gelatin-coated Ti6Al4V using the *dip-coating*, to determine the prospects of PCL-gelatin-coated Ti6Al4V as a bone implant, and to determine the magnitude of the withdrawal speed to obtain the ideal coating. The speed variations used are (0.14 ± 0.003) mm/s, (0.18 ± 0.003) mm/s, (0.23 ± 0.007) mm/s, and (0.32 ± 0.007) mm/s. The PCL-gelatin coating process uses the *dip-coating*. Ti6Al4V metal measuring 2 x 1.5 cm is sterilized before coating. The process of making the solution begins with dissolving PCL with 10 ml of CH₃COOH in ratio of CH₃COOH for 5 hours, dissolving gelatin in CH₂O₂:CH₃COOH 2,5 ml:7.5 ml for 1 hour, then mixing the PCL and gelatin solutions. with a concentration ratio of 90%: 10% for 1 hour to produce a homogeneous solution. The characterizations used were coating thickness test, surface roughness test, corrosion test, coating adhesion test, SEM test, and FTIR test. The best sample was obtained in sample D with a variation of the withdrawal speed of (0.32 ± 0.007) mm/s with a layer thickness that was in accordance with the implant requirements, namely 103.7 ± 2.1 μm, surface roughness of 1.907 ± 0.164 μm, and corrosion rate of 3.3185×10^{-5} mm/year. Produces a porous layer morphology.

Keywords: Ti6Al4V, PCL, Gelatin, dip-coating.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas berkah, rahmat, taufiq, dan hidayah-Nya. penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi yang berjudul sehingga penulis dapat menyelesaikan naskah skripsi dengan judul **“Pengaruh Variasi Kecepatan Penarikan terhadap Karakteristik Ti6Al4V Terlapis PCL-Gelatin Menggunakan Metode *Dip-Coating* sebagai Implan Tulang”** dengan sangat lancar. Naskah skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan akademik untuk mendapatkan gelar Sarjana dalam Program Studi S1 Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang terlibat, yaitu:

1. Bapak Suyono dan Ibu Suwati selaku orang tua penulis serta seluruh keluarga besar yang penulis sayangi, yang senantiasa memberikan doa, dukungan, serta kasih sayang selama ini.
2. Bapak Herri Trilaksana, S.Si, M.Si, Ph.D selaku ketua Departemen Fisika yang senantiasa memberikan arahan kepada kami.
3. Bapak Drs. Djony Izak Rudyardjo, M.Si selaku pembimbing I yang telah sabar dan tiada henti membimbing, meluangkan waktu, membagikan ilmu, dan memberikan dukungan serta saran masukan dalam ujian proposal dan tugas akhir.
4. Ibu Dyah Hikmawati, S.Si, M.Si selaku pembimbing II yang telah sabar dan tiada henti membimbing, meluangkan waktu, membagikan ilmu, dan memberikan dukungan serta saran masukan dalam ujian proposal dan tugas akhir.
5. Ibu Dr. Nuril Ukhrowiyah, M.Si selaku dosen wali yang telah sabar membimbing selama proses perkuliahan dan perwalian.
6. Seluruh Dosen Fisika Fakultas Sains dan Teknologi yang telah membagikan ilmunya selama proses perkuliahan.
7. Putri Arum, Dhivero Arista, dan Indah Luthfiatin selaku teman seperbimbingan dalam ujian proposal dan tugas akhir yang banyak

membantu penulis saat pengambilan data, selalu meluangkan waktunya ketika penulis membutuhkan bantuan.

8. Dea Kartika, Ni'matus, I Gusti Gita dan Adinda yang telah memberikan dukungan, dan menghibur ketika penulis jenuh, dan teman-teman penghuni kos sutorejo beriman yang telah membantu penulis selama menjalani perkuliahan.
9. Alisa, Alfi, dan Anin yang telah memberikan doa dan dukungan, membantu dalam menyelesaikan tugas akhir.
10. Achmad Badrus Zaman Rifky Romadhon selaku teman dekat penulis dengan setia menemani dalam menyelesaikan tugas akhir, selalu membantu dan memberikan dukungannya, yang tidak pernah lelah dan dengan sabar menjadi tempat untuk berkeluh kesah.
11. Semua teman-teman Fisika 2018 Universitas Airlangga yang telah membantu dalam proses perkuliahan dan penelitian selama ini sehingga tugas akhir dapat berjalan dengan lancar.

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

Surabaya, 17 Maret 2022



Ayuni Wahyu Dea Pangestu

081811333061

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI ..Error! Bookmark not defined.	
PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI	iv
SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Patah Tulang.....	6
2.2 Biomaterial	8
2.2.1 Biomaterial Logam	10
2.2.2 Logam Titanium Paduan (Ti6Al4V).....	12
2.3 PCL (<i>Polycaprolactone</i>).....	13
2.4 Gelatin	16
2.5 <i>Dip-Coating</i>	17
2.6 Karakterisasi	21
2.6.1 <i>Uji Coating Thickness</i>	21
2.6.2 <i>Uji Surface Roughness</i>	22

2.6.3 Uji Kelekatan Lapisan	24
2.6.4 Uji SEM (<i>Scanning Electron Microscopy</i>).....	26
2.6.5 Uji FTIR (<i>Fourier Transform Infra Red</i>)	29
2.6.6 Uji Korosi	32
BAB III METODE PENELITIAN	36
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	36
3.2 Alat dan Bahan	36
3.3 Variabel Penelitian	37
3.3.1 Variabel Bebas.....	37
3.3.2 Variabel Terikat	37
3.3.3 Variabel Kontrol	37
3.4 Skema Penelitian	38
3.5 Tahap Penelitian	39
3.5.1 Tahap Persiapan.....	39
3.5.2 Pembuatan Sampel Uji.....	40
3.5.3 Pelapisan Sampel Uji.....	42
3.6 Tahap Karakterisasi Sampel	44
3.6.1 Uji <i>Coating Thickness</i>	44
3.6.2 Uji <i>Surface Roughness</i>	44
3.6.3 Uji Kelekatan Lapisan	45
3.6.4 Uji SEM (<i>Scanning Electron Microscopy</i>).....	47
3.6.5 Uji FTIR (<i>Fourier Transform Infra Red</i>)	48
3.6.6 Uji Korosi	49
3.7 Analisis Data	50
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	51
1.1 Pelapisan Sampel.....	51
4.2 Karakterisasi	52
4.2.1 Hasil Uji <i>Coating Thickness</i>	52
4.2.2 Hasil Uji <i>Surface Roughness</i>	54

4.2.3 Hasil Uji Kelekatan Lapisan	56
4.2.4 Hasil Uji SEM (<i>Scanning Electron Microscopy</i>)	58
4.2.5 Hasil Uji FTIR (<i>Fourier Transform Infra Red</i>)	60
4.2.6 Hasil Uji Korosi	62
4.3 Pembahasan	64
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	67
5.1 Kesimpulan	67
5.2 Saran	67
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN	74

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul Tabel	Halaman
Tabel 2.1	Keuntungan dan kerugian jenis-jenis biomaterial (Park, J.B., <i>and</i> Lakes, 2007)	9
Tabel 2.2	Contoh biomaterial dan aplikasinya (Hermawan, 2019)	9
Tabel 2.3	Implan dan jenis logam yang dipakai (Hermawan, 2019)	11
Tabel 2.4	Sifat-sifat mekanik paduan logam aplikasi biomaterial (Sudjatmoko, <i>et al.</i> , 2011)	12
Tabel 2.5	Sifat biomaterial dari logam yang biasa digunakan untuk implan (Dee & Puleo, 2002)	12
Tabel 2.6	Sifat mekanik Ti6Al4V (Mallaiah Manjaiah, 2017)	13
Tabel 2.7	Sifat umum PCL (Zhang & Westcity, 2016)	15
Tabel 2.8	Nilai daya adhesi untuk metode <i>cross cut tape test</i> sesuai dengan ASTM D-3359	25
Tabel 2.9	Keterangan hasil pengujian <i>cross cut tape test</i> (ASTM, 2015)	26
Tabel 2.10	Pembagian panjang gelombang pada radiasi inframerah	30
Tabel 2.11	Frekuensi regangan inframerah untuk beberapa jenis ikatan (Hart, 2003)	32
Tabel 2.12	Komposisi penyusun larutan PBS (Ondaral <i>et al.</i> , 2019)	35
Tabel 3.1	Hubungan antara kecepatan penarikan dengan tegangan	43
Tabel 3.2	Nilai daya adhesi untuk metode <i>cross cut tape test</i> sesuai dengan ASTM D-3359	46
Tabel 3.3	Keterangan hasil pengujian <i>cross cut tape test</i> (ASTM, 2015)	47
Tabel 4.1	Data hasil uji <i>coating thickness</i> pada Ti6AL4V terlapis PCL-gelatin	53
Tabel 4.2	Data hasil uji <i>surface roughness</i> pada Ti6Al4V terlapis PCL-gelatin	54
Tabel 4.3	Hasil uji kelekatan lapisan dengan metode <i>cross cut tape test</i>	56
Tabel 4.4	Keterangan hasil uji kelekatan lapisan dengan metode <i>cross cut tape test</i>	57
Tabel 4.5	Data potensial dan arus korosi Ti6Al4V terlapis PCL-gelatin	62
Tabel 4.6	Data laju korosi dari Ti6Al4V terlapis PCL-Gelatin	63

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul Gambar	Halaman
Gambar 2.1	Bagian-bagian tulang femur (Destriana, 2022) https://edukasi.okezone.com/amp/2022/02/10/624/2545305/mengetahui-tentang-tulang-paha-dari-bentuk-hingga-fungsinya Diakses 20 Agustus 2022	7
Gambar 2.2	Aplikasi bentuk implan logam (a) panggul, bahu, sikut (b) lutut (c) pelat tengkorak (Hermawan, 2019)	10
Gambar 2.3	Struktur molekul PCL terdiri dari unit berulang heksanoat (Mckeen, 2012).	14
Gambar 2.4	Struktur kimia gelatin yang terdiri dari asam amino glisin, prolin, dan hidroksiprolin (Imeson, 1992)	16
Gambar 2.5	Peralatan <i>dip-coating</i> (Caban & Pen, 2006)	19
Gambar 2.6	Skematis alat <i>dip-coating</i> (Rambausek <i>et al.</i> , 2014)	19
Gambar 2.7	Skema dari proses keseimbangan <i>dip-coating</i> (Okuyucu, 2014)	20
Gambar 2.8	Pola aliran selama proses <i>dip-coating</i> , δ adalah lapisan batas, h adalah ketebalan film (Brinker <i>et al.</i> , 1994)	20
Gambar 2.9	Alat <i>coating thickness gauge type</i> TT260 (Trade Combine 2012)	22
Gambar 2.10	Alat <i>surface roughness tester type</i> TR 200 (Azhar, 2014)	23
Gambar 2.11	Skema alat SEM (Wijaya, 2019) http://kelasedukasi1.blogspot.com/2019/08/scanning-g-electron-microscopy-sem.html?m=1 Diakses 20 Agustus 2022	28
Gambar 2.12	Prinsip kerja FTIR (Suseno & Firdausi, 2008)	30
Gambar 2.13	Sistem optik spektrofotometer FTIR (Suseno & Firdausi, 2008)	31
Gambar 2.14	Skema alat uji korosi (Tretheway, K. R., Chamberlain, 1991)	34
Gambar 3.1	(a) Proses perendaman sampel dengan HNO ₃ : H ₂ O ₂ (70%:30%), aseton, dan <i>aquades</i> , (b) Proses pengeringan setelah dilakukan sterilisasi	41
Gambar 3.2	(a) Proses pelarutan butiran PCL, (b) Proses pelarutan serbuk Gelatin, (c) Proses pencampuran PCL-Gelatin	42
Gambar 3.3	Proses pelapisan Ti6Al4V dengan PCL-Gelatin	43
Gambar 3.4	Sampel yang siap untuk dilakukan pengujian	43
Gambar 3.5	(a) <i>Set-up coating thickness gauge type</i> TT260, (b) Proses pengujian <i>coating thickness</i> oleh laboran	44
Gambar 3.6	(a). Proses pengujian <i>surface roughness</i> (b). Nilai kekasaran yang ditampilkan alat uji <i>surface roughness</i>	45

Gambar 3.7	Hasil morfologi permukaan Ti6Al4V tanpa dilapisi (<i>uncoated</i>)	48
Gambar 3.8	Hasil ujiFTIR dari PCL serta FTIR dari gelatin (Azizi <i>et al.</i> , 2018)	49
Gambar 3.9	Set-up alat tiga sel elektroda	50
Gambar 4.1	(a) Sampel sebelum dilapisi PCL-gelatin, (b) Sampel yang telah dilapisi PCL-gelatin	51
Gambar 4.2	Larutan PCL-gelatin yang siap digunakan	52
Gambar 4.3	Grafik data hasil uji <i>coating thickness</i> dari pelapis PCL-gelatin	53
Gambar 4.4	Grafik data hasil uji <i>surface roughness</i> dari pelapis PCL-gelatin	55
Gambar 4.5	Hasil uji SEM dengan sampel variasi kecepatan penarikan ($0,32 \pm 0,007$) mm/s (a). dengan perbesaran 2000x (b). dengan perbesaran 5000x	59
Gambar 4.6	Distribusi pori pada lapisan PCL-gelatin terhadap Ti6Al4V	60
Gambar 4.7	Hasil uji FTIR dengan sampel variasi kecepatan penarikan ($0,32 \pm 0,007$) mm/s	61
Gambar 4.8	Grafik laju korosi dari pelapis PCL-gelatin dalam satuan millimeter per tahun	63