

IR - PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

**PENGARUH VARIASI KECEPATAN PENARIKAN TERHADAP KARAKTERISTIK
Ti-6Al-4V TERLAPIS PCL-HA DENGAN METODE *DIP-COATING* SEBAGAI IMPLAN
TULANG**

SKRIPSI



INDAH LUTFIATIN

**PROGRAM STUDI S-1 FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS AIRLANGGA
2022**

IR - PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

PENGARUH VARIASI KECEPATAN PENARIKAN TERHADAP KARAKTERISTIK Ti-
6Al-4V TERLAPIS PCL-HA DENGAN METODE *DIP-COATING* SEBAGAI IMPLAN
TULANG

SKRIPSI



INDAH LUTFIATIN

PROGRAM STUDI S-1 FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS AIRLANGGA
2022

IR - PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

LEMBAR PERNYATAAN SKRIPSI

SKRIPSI

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

Oleh:

INDAH LUTFIATIN

081811333075

Tanggal Lulus:

21-11-2022

Disetujui Oleh :

Pembimbing I,

Pembimbing II,


Drs. Djony Izak Rudyardjo, M.Si.

NIP. 196802011993031004


Dr. Ir. Aminatun, M.Si.

NIP. 196810281993032003

SKRIPSI

PENGARUH VARIASI KECEPATAN...

INDAH LUTFIATIN

IR - PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI

Judul : PENGARUH VARIASI KECEPATAN PENARIKAN
TERHADAP KARAKTERISTIK Ti-6Al-4V TERLAPIS PCL-HA
DENGAN METODE *DIP-COATING* SEBAGAI IMPLAN
TULANG.

Penyusun : Indah Lutfiatin

NIM : 081811333075

Pembimbing I : DRS.Drs. Djony Izak Rudyardjo, M.Si.

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

Tanggal Ujian : 21-11-2022 9:00 AM

Disetujui Oleh :

Pembimbing I,

Pembimbing II,


Drs. Djony Izak Rudyardjo, M.Si.

NIP. 196802011993031004


Dr. Ir. Aminatun, M.Si.

NIP. 196810281993032003

Mengetahui,

Ketua Departemen Fisika

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Airlangga


Herri Trilaksana, S.Si, M.Si, Ph.D.

NIP. 197712282003121003

SKRIPSI

PENGARUH VARIASI KECEPATAN...

INDAH LUTFIATIN

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 : Indah Lutfiatin

NIM : 081811333075

Program Studi : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Jenjang : Sarjana (S1)

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

**PENGARUH VARIASI KECEPATAN PENARIKAN TERHADAP KARAKTERISTIK
Ti-6Al-4V TERLAPIS PCL-HA DENGAN 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, 28 September 2022



Indah Lutfiatin

NIM. 081811333075

v

SKRIPSI

PENGARUH VARIASI KECEPATAN...

INDAH LUTFIATIN

Indah Lutfiatin, 2022. **Pengaruh Variasi Kecepatan Penarikan terhadap Karakteristik Ti-6Al-4V terlapis PCL-HA dengan Metode *Dip-Coating* sebagai Implan Tulang.** Skripsi ini dibawah bimbingan Drs. Djony Izak Rudyardjo, M.Si dan Dr. Ir. Aminatun, M.Si. Program Studi S1 Fisika. Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga.

ABSTRAK

Titanium dan paduannya telah banyak digunakan sebagai implan tulang. Akan tetapi, logam memiliki sifat adhesi yang buruk dan ketahanan korosi yang rendah sehingga diperlukan suatu pelapisan dengan bahan material biokompatibel seperti hidroksiapatit (HA). Penambahan PCL pada HA yang akan dilapiskan pada logam memiliki sifat *non-toxic* serta lambat terdegradasi. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh variasi kecepatan penarikan terhadap karakteristik Ti-6Al-4V terlapis PCL-HA menggunakan metode *dip-coating*, serta mengetahui komposisi PCL-HA untuk mendapatkan karakteristik terbaik Ti-6Al-4V terlapis PCL-HA sebagai implan tulang. Variasi kecepatan yang digunakan yaitu $(0,14 \pm 0,004)$ mm/s; $(0,18 \pm 0,003)$ mm/s; $(0,23 \pm 0,006)$ mm/s dan $(0,32 \pm 0,007)$ mm/s. Logam Ti-6Al-4V dengan ukuran $2 \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} \times 3 \text{ mm}$ disterilisasi terlebih dahulu menggunakan aseton selama 15 menit, selanjutnya dilapisi PCL-HA. Karakterisasi yang dilakukan yaitu uji FTIR, uji SEM-EDX, uji *coating thickness*, uji *surface roughness*, uji kelekatan lapisan, serta uji korosi. Sampel terbaik diperoleh pada sampel D dengan variasi kecepatan penarikan sebesar $(0,32 \pm 0,007)$ mm/s dengan nilai ketebalan lapisan yang telah memenuhi syarat sebagai implan yaitu $(119,7 \pm 3,8) \mu\text{m}$, nilai kekasaran permukaan yang didapatkan sebesar $(6,271 \pm 0,205) \mu\text{m}$, nilai laju korosi sebesar 0,03 mm/year, kelekatan lapisan yang baik yaitu masuk dalam kategori 5B, serta hasil pengujian SEM-EDX menunjukkan substrat Ti-6Al-4V terlapisi PCL-HA dengan baik yaitu dilihat dari morfologi permukaan yang berpori dan lapisan tidak menunjukkan adanya keretakan.

Kata kunci : Ti-6Al-4V, PCL, HA, Metode *dip-coating*.

Indah Lutfiatin, 2022. **Pengaruh Variasi Kecepatan Penarikan terhadap Karakteristik Ti-6Al-4V terlapis PCL-HA dengan Metode *Dip-Coating* sebagai Implan Tulang.**

Undergraduated research paper, supervised by Drs. Djony Izak Rudyardjo, M.Si and Dr. Ir.

Aminatun, M.Si, Undergraduated Study Physics, Departement of Physics, Faculty of Science and Technology, Airlangga University.

ABSTRACT

Titanium alloys have been used extensively as bone implants. However, metals have poor adhesion properties and low corrosion resistance, so a coating with biocompatible materials such as hydroxyapatite (HA) is required. The addition of PCL to HA to be coated on metal has non-toxic properties and is slow to degrade. The purpose of this study was to determine the effect of variations in withdrawal speed on the characteristics of PCL-HA coated Ti-6Al-4V using the dip-coating method, and to determine the composition of PCL-HA to obtain the best characteristics of PCL-HA coated Ti-6Al-4V as bone implants. The speed variations used are (0.14 ± 0.004) mm/s; (0.18 ± 0.003) mm/s; (0.23 ± 0.006) mm/s and (0.32 ± 0.007) mm/s. Ti-6Al-4V metal measuring $2 \text{ cm} \times 1.5 \text{ cm} \times 3 \text{ mm}$ was first sterilized using acetone for 15 minutes, then coated with PCL-HA. The characterizations carried out were FTIR test, SEM-EDX test, coating thickness test, surface roughness test, coating adhesion test, and corrosion test. The best sample was obtained in sample D with variations in the withdrawal speed of (0.32 ± 0.007) mm/s with a layer thickness value that met the requirements for implants, namely $(119.7 \pm 3.8) \text{ m}$, The surface roughness value obtained is $(6.271 \pm 0.205) \text{ m}$, the corrosion rate value is 0.03 mm/year, good coating adhesion is included in the 5B category, and the results of the SEM-EDX test showed that the Ti-6Al-4V substrate was well coated with PCL-HA, which was seen from the surface morphology which was porous and the coating did not show any cracks.

Key words: Ti-6Al-4V, PCL, HA, *Dip-coating*.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan berkah, rahmat, dan hidayahNya. Berkat pertolongan dan kemudahanNya penulis dapat menyelesaikan naskah skripsi dengan judul **“Pengaruh Variasi Kecepatan Penarikan terhadap Karakteristik Ti-6Al-4V terlapis PCL-HA dengan Metode *Dip-Coating* sebagai Implan Tulang”** dengan lancar. Naskah skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan akademik untuk menyandang gelar Sarjana pada Program Studi S1 Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga.

Segala daya, upaya, bimbingan serta arahan dari berbagai pihak selama penulisan skripsi ini, maka dengan segala kerendahan hati saya menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya terutama kepada:

1. Bapak Subadi dan Ibu Nur Kholifah selaku orang tua penulis serta seluruh keluarga besar yang senantiasa memberikan do'a, dukungan, motivasi, serta kasih sayangnya 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 meluangkan waktunya dalam memberikan bimbingan, membagikan ilmunya, serta selalu memberikan saran dan dukungan dalam penulisan naskah skripsi.
4. Ibu Dr. Ir. Aminatun, M.Si selaku pembimbing II yang telah meluangkan waktunya dalam memberikan bimbingan, membagikan ilmunya, serta selalu memberikan saran dan dukungan dalam penulisan naskah skripsi.
5. Bapak Drs. Siswanto, M.Si selaku dosen wali yang telah sabar membimbing selama proses perkuliahan dan perwalian.
6. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Fisika di Fakultas Sains dan Teknologi yang telah membagikan ilmunya selama proses perkuliahan.
7. Arsyillah Agnitarahmi, Ely Agustina, Sasanti Maya, Triana Nur Afifa, dan teman-teman grup Perkutut yang selalu memberikan dukungan, semangat serta telah membantu selama proses perkuliahan maupun selama proses penelitian sehingga dapat berjalan dengan lancar.

8. Dhivero Arista Samudra Putri selaku patner yang selalu membantu, memberikan motivasi serta semangat, dan selalu bekerja sama dari awal proses magang hingga proses penelitian skripsi ini.
9. Ayuni Wahyu Dea Pangestu, Putri Arum Widya Prayogo selaku teman se-perbimbingan skripsi yang telah banyak membantu, mendukung serta selalu meluangkan waktunya selama proses penulisan skripsi.
10. Seluruh teman-teman Fisika Angkatan 2018 Universitas Airlangga yang telah memberikan semangat dan selalu membantu selama proses perkuliahan maupun selama proses penelitian sehingga dapat berjalan dengan lancar.
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu yang telah banyak membantu selama proses penyusunan skripsi sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dan berjalan dengan lancar.

Surabaya, 28 September 2022

Penyusun,

Indah Lutfiatin

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PERNYATAAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI	iii
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
1.1 Rumusan Masalah	5
1.2 Batasan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Patah Tulang.....	6
2.2 Biomaterial	7
2.3 Titanium (Ti-6Al-4V)	12
2.4 PCL (<i>polycaprolactone</i>)	13
2.5 HA (Hidroksiapatit)	14
2.6 Metode <i>Dip-Coating</i>	16
2.7 Karakterisasi	19
2.7.1 Uji FTIR	19
2.7.2 Uji SEM-EDX.....	22
2.7.3 Uji <i>Coating Thickness</i>	25
2.7.4 Uji <i>Surface Roughness</i>	26

2.7.5	Uji Kelekatan Lapisan	28
2.7.6	Uji Korosi	30
BAB III	METODE PENELITIAN.....	33
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	33
3.2	Alat dan Bahan	33
3.3	Variabel Penelitian	34
3.3.1	Variabel Bebas	34
3.3.2	Variabel Terikat	34
3.3.3	Variabel Kontrol	35
3.4	Skema Penelitian	36
3.5	Tahap Penelitian.....	37
3.5.1	Tahap Persiapan	37
3.5.2	Pembuatan Sampel Uji	38
3.5.3	Pelapisan Sampel Uji.....	39
3.6	Tahap Karakterisasi Sampel	41
3.6.1	Uji FTIR	41
3.6.2	Uji SEM-EDX.....	42
3.6.3	Uji <i>Coating Thickness</i>	43
3.6.4	Uji <i>Surface Roughness</i>	44
3.6.5	Uji Kekuatan Lapisan	45
3.6.6	Uji Korosi	47
3.7	Analisis Data	48
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	49
4.1	Keberhasilan Pelapisan Sampel	49
4.2	Karakterisasi	51
4.2.1	Uji FTIR	51
4.2.2	Uji SEM-EDX.....	52
4.2.3	Uji <i>Coating Thickness</i>	55
4.2.4	Uji <i>Surface Roughness</i>	57
4.2.5	Uji Kelekatan Lapisan	58

4.2.6 Uji Korosi.....	60
4.3 Pembahasan	63
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	65
5.1 Kesimpulan.....	65
5.2 Saran	65
DAFTAR PUSTAKA.....	67
LAMPIRAN.....	73

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul Tabel	Halaman
Tabel 2. 1	Kelebihan dan kekurangan serta aplikasi dari masing-masing jenis material	9
Tabel 2. 2	Implan dan jenis logam yang dipakai	10
Tabel 2. 3	Sifat-sifat mekanik paduan logam aplikasi biomaterial (Bombac & et al., 2007)	12
Tabel 2. 4	Pemilihan sifat mekanik dari biomaterial logam (Kafrawi N, 2012)	12
Tabel 2. 5	Daerah spektrum infra merah (Wayan, 2016)	19
Tabel 2. 6	Nilai daya adhesi untuk metode cross cut tape test sesuai dengan ASTM D-3359	29
Tabel 2. 7	Komposisi penyusun larutan PBS (Ondaral et al., 2019)	32
Tabel 3. 1	Hubungan tegangan dengan kecepatan penarikan	40
Tabel 3. 2	Keterangan hasil pengujian cross-cut tape test metode B (ASTM, 2009)	46
Tabel 3. 3	Nilai daya adhesi untuk metode <i>cross-cut tape test</i> yang sesuai dengan ASTM D-3359	47
Tabel 4. 1	Hasil analisis EDX Ti-6Al-4V terlapis PCL-HA	54
Tabel 4. 2	Data hasil uji <i>coating thickness</i> Ti-6Al-4V terlapis PCL-HA	55
Tabel 4. 3	Data hasil uji <i>surface roughness</i> pada Ti-6Al-4V terlapis PCL-HA	57
Tabel 4. 4	Perbandingan hasil uji dengan ASTM D-3359	59
Tabel 4. 5	Hasil uji kelekatan lapisan	59
Tabel 4. 6	Data potensial dan arus korosi Ti-6Al-4V terlapis PCL-HA	61
Tabel 4. 7	Data laju korosi dari Ti-6Al-4V terlapis PCL-HA	61

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul Gambar	Halaman
Gambar 2. 1	Bagian tulang femur (Sarah, 2021)	7
Gambar 2. 2	Aplikasi bentuk implan logam a) implan panggul, bahu, dan sikut, b) implan lutut, c) pelat tengkorak (Hermawan, 2019)	10
Gambar 2. 3	Struktur molekul PCL (Zhang, 2015)	14
Gambar 2. 4	Struktur kimia hidroksiapatit	15
Gambar 2. 5	Peralatan <i>dip-coating</i> (Hijon et al, 2006)	17
Gambar 2. 6	Skema dari proses keseimbangan <i>dip-coating</i> (Brinker and Hurd, 1994)	17
Gambar 2. 7	Pola aliran selama proses <i>dip coating</i> adalah lapisan batas, h adalah ketebalan film (Brinker, 1994)	18
Gambar 2. 8	Prinsip kerja FTIR (Suseno dan Firdausi, 2008)	21
Gambar 2. 9	Sistem optik spektrofotometer FTIR (Suseno dan Firdausi, 2008)	21
Gambar 2. 10	Komponen dasar penyusun SEM (Sharma et al., 2019)	23
Gambar 2. 11	Hamburan elektron yang jatuh pada lembaran tipis	24
Gambar 2. 12	Alat <i>coating thickness gauge type</i> TT260 (Trade Combine (2012) http://tradecombine.com/measuringinstruments/Time/coating_thickness_gauge_TT260.htm . Diakses pada 29 september 2022	26
Gambar 2. 13	Alat <i>surface roughness tester type</i> TR 200 (Azhar, 2014)	27
Gambar 2. 14	Skema alat uji korosi (Malau, 2011)	31
Gambar 3. 1	Skema Penelitian	36
Gambar 3. 2	(a) Proses sterilisasi logam Ti-6Al-4V menggunakan aseton (b) Logam Ti6Al4V yang telah dilapisi isolasi tahan panas	39
Gambar 3. 3	(a) proses pelarutan PCL (b) proses pelarutan serbuk HA dan PCL	39
Gambar 3. 4	Proses pelapisan Ti-6Al-4V dengan PCL-HA	40
Gambar 3. 5	Proses pengeringan sampel	41
Gambar 3. 6	Sampel yang siap untuk dilakukan pengujian	41

Gambar 3. 7	Hasil Uji FTIR dari PCL serta hasil uji FTIR dari HA (Hassanajili et al., 2019)	42
Gambar 3. 8	Alat uji SEM-EDX Hitachi FlexSEM 1000	43
Gambar 3. 9	(a) Proses pengujian surface roughness (b). Nilai kekasaran yang ditampilkan dari alat uji surface roughness	45
Gambar 3. 10	Set-up alat tiga sel elektroda	48
Gambar 4. 1	Larutan PCL-HA yang telah siap digunakan	50
Gambar 4. 2	(a) Logam Ti-6Al-4V yang belum terlapisi. (b) Logam Ti-6Al-4V yang telah terlapisi PCL-HA	50
Gambar 4. 3	Hasil uji FTIR dengan sampel variasi kecepatan penarikan ($0,32 \pm$ $0,007$) mm/s	51
Gambar 4. 4	Hasil uji SEM dengan sampel variasi ($0,32 \pm 0,007$) mm/s dengan (a). perbesaran 2000x (b). perbesaran 5000x	53
Gambar 4. 5	Analisis <i>Energy Dispersive X-Ray</i> (EDX) pada Ti-6Al-4V terlapis PCL-HA	54
Gambar 4. 6	Grafik hasil uji <i>coating thickness</i> Ti-6Al-4V terlapis PCL-HA	56
Gambar 4. 7	Grafik data hasil uji <i>surface roughness</i>	57
Gambar 4. 8	Grafik laju korosi dari pelapis PCL-HA dalam satuan milimeter per tahun	62