

**EFEK VARIASI KOMPOSISI PCL-HA TERHADAP
KARAKTERISTIK PELAPISAN LOGAM Ti6Al4V DENGAN
METODE *DIP COATING* SEBAGAI IMPLAN TULANG**

SKRIPSI



DHIVERO ARISTA SAMUDRA PUTRI

**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:

DHIVERO ARISTA SAMUDRA PUTRI

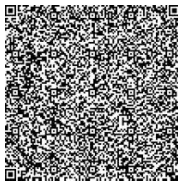
081811333015

Tanggal Lulus:

02-09-2022

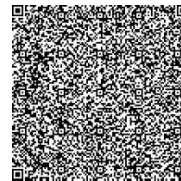
Disetujui Oleh:

Pembimbing 1



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

Pembimbing 2



Dr. PRIHARTINI WIDIYANTI drg., M.Kes, S. Bio, CCD.
NIP. 197502222009122001

LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI

Judul : EFEK VARIASI KOMPOSISI PCL-HA TERHADAP
KARAKTERISTIK PELAPISAN LOGAM Ti6Al4V
DENGAN METODE DIP COATING SEBAGAI IMPLAN
TULANG

Penyusun : DHIVERO ARISTA SAMUDRA PUTRI

NIM : 081811333015

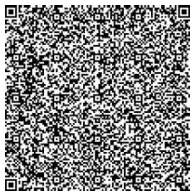
Nama Pembimbing I : DJONY IZAK RUDYARDJO Drs., M.Si.

Nama Pembimbing II: Dr. PRIHARTINI WIDIYANTI drg., M.Kes, S. Bio, CCD.

Tanggal Seminar : 02-09-2022 9:00 AM

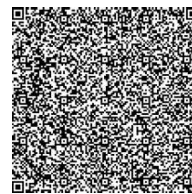
Disetujui Oleh:

Pembimbing 1



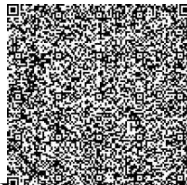
DJONY IZAK RUDYARDJO Drs., M.Si.
NIP. 196802011993031004

Pembimbing 2



Dr. PRIHARTINI WIDIYANTI drg., M.Kes, S. Bio, CCD.
NIP. 197502222009122001

Mengetahui,
Ketua Departemen Fisika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Airlangga



HERRI TRIAKSANA S.St., 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, 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 dibawah ini :

Nama : Dhivero Arista Samudra Putri

NIM : 081811333015

Program Studi : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Jenjang : Sarjana (S1)

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

**EFEK VARIASI KOMPOSISI PCL-HA TERHADAP KARAKTERISTIK
PELAPISAN LOGAM Ti6Al4V DENGAN METODE *DIP COATING*
SEBAGAI IMPLAN TULANG**

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

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 30 Juli 2022



Dhivero Arista Samudra Putri

NIM 081811333015

Dhivero Arista Samudra Putri, 2022. **Efek Variasi Komposisi PCL-HA terhadap Karakteristik Pelapisan Logam Ti6Al4V dengan Metode *Dip Coating* sebagai Implan Tulang**. Skripsi ini dibawah bimbingan Drs. Djony Izak Rudyardjo, M.Si dan Dr. Prihartini Widiyanti, drg., M.Kes., S.Bio., CCD., Program Studi S1 Fisika. Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga.

ABSTRAK

Kecelakaan merupakan salah satu penyebab terjadinya patah tulang. Implan tulang adalah salah satu metode untuk mengatasi patah tulang. Material yang paling umum digunakan untuk implan tulang yaitu logam paduan titanium. Penambahan PCL-HA sebagai pelapis dapat meningkatkan kualitas logam Ti6Al4V sebagai implan tulang karena PCL bersifat lambat terdegradasi dan *non toxic*, sedangkan HA bersifat bioaktif dan osteokonduktif. Telah dilakukan penelitian mengenai efek variasi komposisi PCL-HA terhadap karakteristik pelapisan logam Ti6Al4V dengan metode *dip coating* sebagai implan tulang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi komposisi PCL-HA terhadap karakteristik Ti6Al4V terlapis PCL-HA dan mengetahui komposisi PCL-HA untuk mendapatkan karakteristik terbaik Ti6Al4V terlapis PCL-HA. Logam Ti6Al4V berbentuk persegi panjang berukuran 2 cm x 1,5 cm dilapisi PCL-HA menggunakan metode *dip coating* dengan kecepatan penarikan 0,32 mm/s. Variasi komposisi PCL-HA 20%:80%, 25%:75%, 30%:70%, dan 35%:65%. Karakterisasi yang dilakukan adalah uji *coating thickness*, uji kelekatan lapisan menggunakan metode *cross cut tape test* dengan acuan ASTM D3359, uji *surface roughness*, uji korosi, uji FTIR, dan uji SEM-EDX. Sampel terbaik sebagai kandidat implan tulang yang potensial diperoleh pada sampel dengan variasi komposisi PCL-HA 30%:70% dengan nilai ketebalan lapisan sebesar $104,7 \pm 11,7 \mu\text{m}$, nilai kekasaran permukaan sebesar $4,898 \pm 0,626 \mu\text{m}$, nilai laju korosi sebesar 0,03 mm/year, kelekatan lapisan yang baik yaitu dalam kategori 5B, dan didukung dengan hasil uji SEM-EDX menunjukkan substrat terlapis oleh PCL-HA dengan morfologi permukaan yang baik yaitu berpori dan bebas dari keretakan (*cracking*).

Kata kunci : Ti6Al4V, PCL, HA, *dip coating*.

Dhivero Arista Samudra Putri, 2022. **The Effect of Variations in PCL-HA Composition on the Characteristics of Ti6Al4V Metal Coating with Dip Coating Method as Bone Implants.** Undergraduated research paper, supervised by Drs. Djony Izak Rudyardjo, M.Si and Dr. Prihartini Widiyanti, drg., M.Kes., S.Bio., CCD., Undergraduated Study Physics, Departement of Physics, Faculty of Science and Technology, Airlangga University.

ABSTRACT

Accidents are one of the causes of fractures. Bone implants are one of the methods to treat fractures. The most common material used for bone implants is titanium alloy. The addition of PCL-HA as a coating can improve the quality of Ti6Al4V metal as bone implants because PCL is slow to degrade and is non-toxic, while HA is bioactive and osteoconductive. Research has been carried out on the effect of variations in PCL-HA composition on the characteristics of Ti6Al4V metal coating with the dip coating as bone implants. The purpose of this study was to determine the effect of variations in PCL-HA composition on the characteristics of PCL-HA coated Ti6Al4V and to determine the PCL-HA composition to obtain the best characteristics of PCL-HA coated Ti6Al4V. Ti6Al4V metal in rectangular shape measuring 2 cm x 1,5 cm is coated with PCL-HA using the dip coating method with a draw speed of 0,32 mm/s. Variations in PCL-HA composition 20%:80%, 25%:75%, 30%:70%, and 35%:65%. The characterizations carried out were coating thickness test, coating adhesion test using the cross cut tape test with reference to ASTM D3359, surface roughness test, corrosion test, FTIR test, and SEM-EDX test. The best samples as potential bone implant candidates were obtained from samples with PCL-HA composition variations of 30%:70% with a layer thickness value of $104,7 \pm 11,7 \mu\text{m}$, a surface roughness value of $4,898 \pm 0,626 \mu\text{m}$, a corrosion rate value of 0,03 mm/year, good coating adhesion is in the 5B category, and supported by the results of the SEM-EDX test showing the substrate is coated with PCL-HA with a good surface morphology that is porous and free from cracking.

Keywords: Ti6Al4V, PCL, HA, *dip coating*.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT atas segala limpahan kasih, karunia, dan kehendak-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Efek Variasi Komposisi PCL-HA terhadap Karakteristik Pelapisan Logam Ti6Al4V dengan Metode Dip Coating sebagai Implan Tulang”**. Naskah skripsi ini ditulis sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains bidang studi fisika pada Program Studi S1 Fisika, Departemen, Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga.

Skripsi ini tidak mungkin terselesaikan tanpa adanya dukungan, bantuan, bimbingan, dan nasehat dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan limpahan berkat dan rahmat pada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan naskah skripsi tepat waktu.
2. Papa Aris Santoso dan Mama Dwi Puji Astutik selaku orang tua serta Adek Sabrina Patrisya Putri Nirwana dan Bintang Putra Batara Yuda selaku saudara serta seluruh keluarga besar tercinta yang senantiasa memberikan doa, dukungan, motivasi dan kasih sayang.
3. Bapak Herri Trilaksana, S.Si, M.Si. Ph.D selaku Ketua Departemen Fisika yang selalu membimbing serta memberikan arahan kepada kami.
4. Bapak Drs. Djony Izak Rudyardjo, M.Si. sebagai pembimbing I yang selalu sabar memberikan arahan, saran, dan bimbingannya dalam menyusun naskah skripsi ini.
5. Ibu Dr. Prihartini Widiyanti, drg., M.Kes., S.Bio., CCD. sebagai pembimbing II yang selalu sabar memberikan arahan, saran, dan bimbingannya dalam menyusun naskah skripsi ini.
6. Ibu Dyah Hikmawati, S.Si, M.Si. sebagai dosen penguji I yang telah memberikan arahan dan masukan dalam penyelesaian penulisan naskah skripsi ini.

7. Bapak Dr. Khusnul Ain, M.Si. sebagai dosen penguji II yang telah memberikan arahan dan masukan dalam penyelesaian penulisan naskah skripsi ini.
8. Bapak Drs. Adri Supardi, M.S. sebagai Dosen Wali sejak awal masuk kuliah sampai semester 5 perkuliahan dan Bapak Samian, S.Si., M.Si. yang telah menggantikan Bapak Drs. Adri Supardi, M.S. sebagai Dosen Wali sejak semester 6 sampai semester akhir perkuliahan.
9. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Fisika di Fakultas Sains dan Teknologi yang selama ini telah memberikan bimbingan dan ilmu yang bermanfaat selama perkuliahan.
10. Cindy Ruwanda Astuti dan Sasanti Maya Ummu 'Aiman sebagai sahabat yang selalu ada dan selalu memberikan semangat, perhatian, serta mendengarkan keluh kesah dan juga menghibur penulis sejak awal perkuliahan hingga saat ini.
11. Indah Lutfiatin selaku Partner yang selalu membantu dan bekerja sama serta memberikan semangat juangnya dari awal magang sampai penelitian skripsi ini.
12. Putri Arum Widya Ayu Prayogo dan Ayuni Wahyu Dea Pangestu selaku Anak Bimbingan Skripsi Bapak Djoni Izak yang telah senantiasa menemani, membantu dan mendukung selama penulisan skripsi ini.
13. Seluruh teman-teman Fisika angkatan 2018 yang sudah menjadi teman suka dan duka serta selalu memberikan semangat dan motivasi yang luar biasa.
14. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu-persatu yang telah membantu dalam proses penyusunan naskah skripsi ini sehingga skripsi ini dapat berjalan dengan lancar.

Surabaya, 30 Juli 2022

Penyusun,



Dhivero Arista Samudra Putri

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
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Patah Tulang.....	6
2.2 Biomaterial	7
2.3 Logam Paduan Titanium (Ti6Al4V)	11
2.4 <i>Polycaprolactone</i> (PCL)	12
2.5 Hidroksiapatit (HA).....	14
2.6 <i>Dip Coating</i>	15
2.7 Karakterisasi Sampel.....	18
2.7.1 Uji <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR).....	19
2.7.2 Uji <i>Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray</i> (SEM-EDX)	22

2.7.3	Uji <i>Coating Thickness</i>	26
2.7.4	Uji Kelekatan Lapisan	27
2.7.5	Uji <i>Surface Roughness</i>	30
2.7.6	Uji Korosi	31
BAB III METODE PENELITIAN.....		34
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	34
3.2	Alat dan Bahan	34
3.3	Variabel Penelitian	35
3.3.1	Variabel Bebas	35
3.3.2	Variabel Terikat.....	35
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.....	40
3.6	Tahap Karakterisasi Sampel.....	42
3.6.1	Uji <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR).....	42
3.6.2	Uji <i>Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray</i> (SEM-EDX)	43
3.6.3	Uji <i>Coating Thickness</i>	44
3.6.4	Uji Kelekatan Lapisan	46
3.6.5	Uji <i>Surface Roughness</i>	48
3.6.6	Uji Korosi	49
3.7	Analisis Data	50
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		51
4.1	Pembuatan Sampel	51
4.2	Karakterisasi Sampel.....	52
4.2.1	Hasil Uji FTIR.....	52
4.2.2	Hasil Uji SEM-EDX.....	54
4.2.3	Hasil Uji <i>Coating Thickness</i>	56
4.2.4	Hasil Uji Kelekatan Lapisan.....	57

4.2.5 Hasil Uji <i>Surface Roughness</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	68
LAMPIRAN	73

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul Tabel	Halaman
2. 1	Keuntungan dan Kerugian Jenis-Jenis Biomaterial (Park <i>and</i> Lakes, 2007)	9
2. 2	Contoh Biomaterial dan Aplikasinya (Hermawan, 2019)	9
2. 3	Sifat Mekanik Paduan Logam dalam Aplikasi Biomaterial (Sudjarmoko, 2008)	10
2. 4	Sifat Biomaterial Logam (Dee <i>et al.</i> , 2002)	10
2. 5	Sifat Mekanik Ti6Al4V (Manjaiah <i>and</i> Laubscher, 2017)	11
2. 6	Sifat Umum PCL (Zhang, 2015)	13
2. 7	Perbandingan Struktur dan Komposisi Kimia dari HA, Enamel, Dentin, dan Tulang (Nurdilar, 2012)	15
2. 8	Pembagian Panjang Gelombang pada Radiasi Inframerah (Bunaciu <i>et al.</i> , 2015)	20
2. 9	Klasifikasi Hasil Pengujian <i>Cross Cut Tape Test</i> (ASTM, 2009)	29
2. 10	Komposisi penyusun larutan PBS (Ondaral <i>et al.</i> , 2018)	33
3. 1	Variasi Komposisi PCL-HA	41
3. 2	Klasifikasi Uji <i>Cross-Cut Tape Test</i> Metode B (ASTM, 2009)	47
4. 1	Hasil Analisis EDX Ti6Al4V Terlapis PCL-HA	55
4. 2	Data Hasil Uji <i>Coating Thickness</i> dari Pelapis PCL-HA	56
4. 3	Perbandingan Hasil Uji dengan ASTM D3359	58
4. 4	Hasil Uji Kelekatan Lapisan	58
4. 5	Data Hasil Uji <i>Surface Roughness</i> dari Pelapis PCL-HA	60
4. 6	Data Potensial Listrik dan Arus Listrik dari Ti6Al4V Terlapis PCL-HA	62
4. 7	Data Laju Korosi dari Ti6Al4V Terlapis PCL-HA	62

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul Gambar	Halaman
2. 1	Bagian tulang femur (Passindu, 2020)	7
2. 2	Struktur molekul polycaprolactone (Zhang, 2015)	12
2. 3	Struktur kimia hidroksiapatit (Yessy & Basril, 2011)	14
2. 4	Peralatan dip coating (Hijon <i>et al.</i> , 2006)	16
2. 5	Skema dari proses keseimbangan dip coating	17
2. 6	Pola aliran selama proses dip coating (Brinker <i>and</i> Hurd, 1994)	17
2. 7	Prinsip kerja FTIR (Suseno dan Firdausi, 2008)	21
2. 8	Sistem optik spektrofotometer FTIR (Suseno dan Firdausi, 2008)	21
2. 9	Skema alat SEM (Altpeter, 2016)	25
2. 10	Alat Coating Thickness Gauge type TT260 (Trade Combine (2012))	27
2. 11	Alat Surface Roughness Tester type TR 200 (Azhar, 2014)	31
2. 12	Skema alat uji korosi tipe sel tiga elektroda (Tretheway dan Chamberlain, 1991)	32
3. 1	Skema penelitian	36
3. 2	Proses pembersihan menggunakan aseton	39
3. 3	Sampel yang telah dilapisi isolasi tahan panas dan siap untuk di coating	39
3. 4	(a) Proses pelarutan PCL (b) Proses pelarutan serbuk HA dan PCL	39
3. 5	(a) Larutan PCL-HA sesuai variasi yang siap untuk proses dip coating (b) Penampakan larutan PCL-HA	40
3. 6	(a) Set-up alat dip coating (b) Proses pencelupan sampel menggunakan alat dip coating	41
3. 7	Proses pengeringan sampel	42
3. 8	Sampel Ti6Al4V terlapis PCL-HA	42
3. 9	Hasil Uji FTIR dari PCL serta FTIR dari HA (Hassanajili <i>et al.</i> , 2019)	43
3. 10	Alat uji SEM-EDX Hitachi FlexSEM 1000	44

3. 11	(a) Proses pengujian coating thickness (b) Alat uji <i>coating thickness gauge type TT260</i>	45
3. 12	(a) Proses pengujian <i>surface roughness</i> (b) Alat uji <i>surface roughness tester</i>	49
3. 13	Set-up alat tiga sel elektroda	50
4. 1	(a) Logam Ti6Al4V yang belum terlapis (b) Logam Ti6Al4V yang telah terlapis PCL-HA	52
4. 2	Spektrum IR PCL-HA 30%:70%	53
4. 3	Hasil pengamatan morfologi permukaan sampel Ti6Al4V terlapis PCL-HA dengan perbesaran (a) 2000x (b) 5000x	54
4. 4	Grafik Hasil Uji SEM-EDX pada Ti6Al4V terlapis PCL-HA	55
4. 5	Grafik hasil uji <i>coating thickness</i> dari pelapis PCL-HA	56
4. 6	Grafik hasil uji <i>surface roughness</i> dari pelapis PCL-HA	61
4. 7	Grafik laju korosi dari pelapis PCL-HA dalam satuan millimeter per tahun	63

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Judul Lampiran	Halaman
1.	Alat dan Bahan yang Digunakan	73
2.	Hasil Uji <i>Coating Thickness</i>	77
3.	Hasil Uji Kelekatan Lapisan	81
4.	Hasil Uji <i>Surface Roughness</i>	82
5.	Hasil Uji Korosi	86
6.	Hasil Uji FTIR	91
7.	Hasil Uji SEM-EDX	92