

**OPTIMALISASI KECEPATAN TARIK *DIP-COATING*
TERHADAP KARAKTERISTIK *STAINLESS STEEL 316L*
TERLAPIS PCL-HA SEBAGAI IMPLAN TULANG**

SKRIPSI



RIWAYAT NANIK LESTARI

PROGRAM STUDI S1 FISIKA

DEPARTEMEN FISIKA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS AIRLANGGA

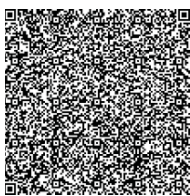
2022

LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI

Judul : Optimalisasi Kecepatan Tarik *Dip-coating* terhadap Karakteristik *Stainless Steel* 316L Terlapis PCL-HA sebagai Implan Tulang
Penyusun : Riwayat Nanik Lestari
NIM : 081711333013
Nama Pembimbing I : Drs. Djony Izak Rudyardjo, M.Si.
Nama Pembimbing II : Drs. Siswanto, M.Si.
Tanggal Seminar : 25-07-2022 9.00 AM

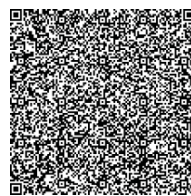
Disetujui Oleh:

Pembimbing I



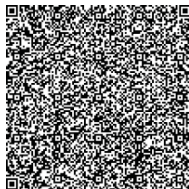
Drs. Djony Izak Rudyardjo, M.Si.
NIP. 196802011993031004

Pembimbing II



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

LEMBAR PERNYATAAN SKRIPSI

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains Bidang S1
FISIKA pada Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga

Oleh:

Riwayat Nanik Lestari

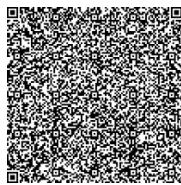
NIM. 081711333013

Tanggal Lulus:

25-07-2022

Disetujui Oleh:

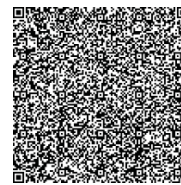
Pembimbing I



Drs. Djony Izak Rudyardjo, M.Si.

NIP. 196802011993031004

Pembimbing II



Drs. Siswanto, M.Si.

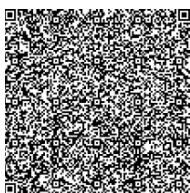
NIP. 196403051989031003

THESIS VALIDATION SHEET

Title : Optimalisasi Kecepatan Tarik *Dip-coating*
terhadap Karakteristik *Stainless Steel* 316L
Terlapis PCL-HA sebagai Implan Tulang
Author : Riwayat Nanik Lestari
Student Number : 081711333013
Primary Supervisor : Drs. Djony Izak Rudyardjo, M.Si.
Secondary Supervisor : Drs. Siswanto, M.Si.
Thesis Defense Date : 25-07-2022 9.00 AM

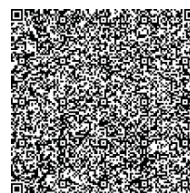
Approved By:

Primary Supervisor



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

Secondary Supervisor



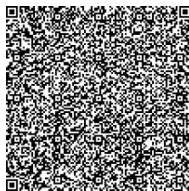
Drs. Siswanto, M.Si.
NIP. 196403051989031003

Knowing,

Head of Physics Department

Faculty of Science and Technology

Universitas Airlangga



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

THESIS STATEMENT SHEET

THESIS

As One of the Requirements for Obtaining a Bachelor of Science Degree in S1
FISIKA at the Faculty of Science and Technology, Universitas Airlangga

Written By:

Riwayat Nanik Lestari

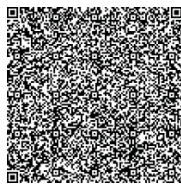
081711333013

Thesis Defense Date:

25-07-2022

Approved By:

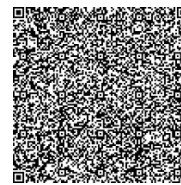
Primary Supervisor



Drs. Djony Izak Rudyardjo, M.Si.

NIP. 196802011993031004

Secondary Supervisor



Drs. Siswanto, M.Si.

NIP. 196403051989031003

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 bertandatangan di bawah ini:

Nama : Riwayat Nanik Lestari

NIM : 081711333013

Program Studi : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Jenjang : Sarjana (S1)

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

OPTIMALISASI KECEPATAN TARIK *DIP-COATING* TERHADAP KARAKTERISTIK *STAINLESS STEEL* 316L TERLAPIS PCL-HA SEBAGAI IMPLAN TULANG

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

Demikian surat pernyataan ini penyusun buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 25 Juli 2022

A handwritten signature in black ink is written over a pink and white 10,000 Rupiah Indonesian postage stamp. The signature is written in a cursive style. The stamp features a QR code and the text 'METER 10.000'.

Riwayat Nanik Lestari

NIM. 081711333013

Riwayat Nanik Lestari, 2022. **Optimalisasi Kecepatan Tarik *Dip-coating* terhadap Karakteristik *Stainless Steel* 316L Terlapis PCL-HA 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

Penelitian ini mengenai optimalisasi kecepatan tarik *dip-coating* terhadap karakteristik *stainless steel* 316L terlapis PCL-HA sebagai implan tulang. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kecepatan penarikan *dip-coating* yang paling optimal berdasarkan hasil uji degradasi, uji SEM, uji *cut tape test* dan uji *surface roughness*. Variasi kecepatan dalam penelitian adalah 0,089 mm/s (tegangan 4,5 V), 0,120 mm/s (tegangan 6,0 V), 0,178 mm/s (tegangan 7,5 V) dan 0,198 mm/s (tegangan 9,0 V). Penelitian dilakukan menggunakan SS 316L berbentuk pelat dengan ukuran (1,5×2×0,2) cm. Pertama-tama dilakukan sterilisasi SS 316L dengan merendam dalam HNO₃ : H₂O₂ (7 : 3) selama 30 s kemudian dicuci dengan aseton dan aquades. Larutan pelapis dibuat dari PCL 16% dalam CH₃COOH 10 ml dan HA 10% dalam 10 ml CH₃COOH : CH₂O₂ (3 : 1). Kecepatan penarikan yang paling optimal adalah 0,178 mm/s (uji validasi kecepatan adalah (0,17±0,02) mm/s, tegangan 7,5 V) yang ditunjukkan dengan hasil uji SEM menunjukkan rata-rata ketebalan sebesar (27,9±4,5) µm disertai dengan morfologi lapisan yang berpori, hasil uji *surface roughness* sebesar (1,6±0,2) Ra, hasil uji *cross cut tape test* sebesar 4B, dan hasil uji degradasi rata-rata sebesar (0,02±0,002)% dan laju degradasi sebesar 6× 10⁻⁵ gram/hari (lapisan habis dalam 86,7 hari).

Kata kunci : Kecepatan Tarik, SS 316L, PCL-HA, *Dip-coating*

Riwayat Nanik Lestari, 2022. **Optimalisasi Kecepatan Tarik *Dip-coating* terhadap Karakteristik *Stainless Steel* 316L Terlapis PCL-HA sebagai Implan Tulang**. Undergraduate research paper, supervised by Drs. Djony Izak Rudyardjo, M.Si. and Drs. Siswanto, M.Si. Undergraduate Study of Physics. Departement of Physics, Faculty of Science and Technology, Airlangga University.

ABSTRACT

The research discussed the optimization of dip-coating withdrawal speed to the characteristics of 316L stainless steel coated with PCL-HA as a bone implant. This aims to find the most optimal dip-coating withdrawal speed based on the result of degradation, SEM, cut tape, and surface roughness test. Variety of speed used are 0,089 mm/s (4,5 V), 0,120 mm/s (6,0 V), 0,178 mm/s (7,5 V), and 0,198 mm/s (9,0 V). The research is done by using SS 316L slab with the size of (1,5x2x0,2) cm. Firstly, it was cleaned by soaking it into $\text{HNO}_3 : \text{H}_2\text{O}_2$ (7 : 3) for 30 s. Afterwards, it was washed using acetone and aquadest. The coating solution was made using PCL 16% in CH_3COOH 10 ml and HA 10% in 10 ml of $\text{CH}_3\text{COOH} : \text{CH}_2\text{O}_2$ (3 : 1). It concludes that the most optimal withdrawal speed is 0,178 mm/s (validation (0,17 $\pm$ 0,02) mm/s). It is indicated by the result of the SEM test showed the average thickness (27,9 $\pm$ 4,5) μm accompanied by porous layer morphology. The surface roughness test (1,6 $\pm$ 0,2) Ra. The cross-cut tape test 4B. The average degradation test (0,02 $\pm$ 0,002)%, and the degradation rate of 6×10^{-5} grams/day (the coating will cleaned in 86,7 days).

Key Words : Withdrawal Speed, SS 316L, PCL-HA, *Dip-coating*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Mahakuasa yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga skripsi dengan judul “**Optimalisasi Kecepatan Tarik *Dip-coating* terhadap Karakteristik *Stainless Steel* 316L Terlapis PCL-HA sebagai Implan Tulang**” bisa penyusun selesaikan tepat waktu. Skripsi ini penyusun susun untuk memenuhi mata kuliah wajib Program Studi S1 Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga dan persyaratan akademik untuk menyanggah gelar Sarjana Sains pada Program Studi S1 Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga.

Skripsi ini berhasil penyusun tulis atas upaya dan proses yang panjang juga bantuan beberapa pihak sehingga penyusun mengucapkan terima kasih kepada:

Teguh Santoso dan **Sarmi** selaku orang tua, **Suparmi**, **Parwoto**, **Sumianto**, dan **Sri Hastuti** selaku kakak, **Suryadi**, **Wahyu Setyo Astuti**, **Siti Nurhayati**, dan **Nuryanto** selaku ipar, serta **Endang Wahyuni** dan **Achmad Nurcahyadi** selaku sepupu yang selalu memberi dukungan, baik berupa doa, dorongan, semangat, tambahan ilmu, perhatian, pengertian, kasih sayang, dan dana sehingga skripsi ini bisa penyusun selesaikan.

Prof. Dr. Mohammad Nasih, SE., M.T., Ak., CMA selaku Rektor Universitas Airlangga yang telah memberikan segala fasilitas dalam menimba ilmu didalamnya.

Prof. Dr. Moh Yasin, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi yang telah memberikan segala fasilitas dalam menimba ilmu di dalamnya.

Herri Trilaksana, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku Ketua Departemen dan Kaprodi S1 Fisika yang telah memberikan fasilitas, membimbing, mengarahkan, dan memotivasi dalam menyelesaikan kuliah S1 Fisika Universitas Airlangga.

Drs. Djony Izak Rudyardjo, M.Si. selaku pembimbing I yang dengan sabar, ikhlas, intens, dan tulus membimbing dan mensupport dalam proses penyusunan skripsi hingga selesai.

Drs. Siswanto, M.Si. selaku pembimbing II yang dengan sabar, ikhlas, intens, dan tulus membimbing dan mensupport dalam proses penyusunan skripsi hingga selesai.

Dr. Ir. Aminatun, M.Si. yang sudah memberikan informasi penting dalam proses pengambilan data validasi hubungan tegangan dengan kecepatan tarik alat dan memberikan dukungan emosional kepada penyusun.

Dyah Hikmawati, S.Si., M.Si. selaku penguji I yang telah memberikan saran, masukan dan arahan dalam penyempurnaan, dan penyelesaian penyusunan skripsi.

Yhosep Gita Yhun Yhuwana, S.Si., M.T. selaku penguji II yang telah memberikan saran, masukan dan arahan dalam penyempurnaan, dan penyelesaian penyusunan skripsi.

Prof. Dr. Suryani Dyah Astuti, S.Si., M.Si. selaku dosen wali yang selalu sabar dan senantiasa mendukung serta memberikan pengarahan sejak awal perkuliahan.

M. Nurur Rochman, S.Si., M.T. selaku Laboran Fisika Material Universitas Airlangga yang telah memberikan bantuan dalam segala kepentingan dan keperluan yang dibutuhkan saat melakukan penelitian di Laboratorium Fisika Material Universitas Airlangga.

Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga yang sudah dengan ikhlas, sabar, dan tulus dalam memberikan bimbingan dan ilmu yang bermanfaat selama proses perkuliahan.

Bagas Wahyu Wibowo selaku teman dari S1 Fisika Universitas Gadjah Mada yang telah meminjamkan akun lib.ugm.ac.id untuk mengakses informasi yang diperlukan dalam penyusunan skripsi ini.

Mohamad Jabar Trisujati, Mufidatur Rohmah, dan Ibrahim Muhammad Hanifuddin selaku teman dekat dan teman baik penyusun yang selalu memberikan bantuan, semangat, perhatian, pengertian, dukungan, mendengarkan keluh kesah, dan menghibur penyusun.

Mutia Rifda Amalia Hoesain, Nailul Farikhah, dan Wihdatin Qurota Ayun selaku teman-teman satu bimbingan yang selalu memberikan motivasi, semangat, bantuan, dan tambahan ilmu selama penyusunan skripsi ini.

Nuzulan Salsabila dan Zulfa Zahiroh selaku *skripswit squad* yang sudah menjadi tempat bertukar informasi penting terkait administratif, bertukar pikiran-kejenuhan-keluh kesah, dan kebersamaan penyusun melewati suka-duka pengerjaan hingga revisi skripsi.

Bu Koshim, Nia Meilansari, Frazna Parastuti, dan Hana Anindya Sahasika yang sudah menjadi keluarga kedua penyusun, memberikan semangat, dan menjadi tempat berbagi banyak hal di perantauan selama menjalani perkuliahan.

Teman-teman Fisika Angkatan 2017, Impact Tahun 2017-2022, JIMM FST Tahun 2018-2019, UKM Penalaran Tahun 2018-2020, dan UKMKI Tahun 2019-2020 atas kebersamaan, kekompakan, kekeluargaan, semangat, motivasi, dan kenangannya selama menjalani kuliah S1 Fisika & organisasi di Universitas Airlangga.

Penyusun menyadari bahwa tiada yang sempurna kecuali Tuhan Yang Mahakuasa. Kritik dan saran yang bersifat konstruktif sangat penyusun harapkan demi kesempurnaan naskah skripsi ini.

Demikian skripsi ini dibuat, untuk digunakan sebagaimana yang telah disebutkan di atas. Semoga skripsi ini bisa memberikan manfaat kepada penyusun khususnya dan pembaca pada umumnya.

Surabaya, 25 Juli 2022

Penyusun,



Riwayat Nanik Lestari

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN SKRIPSI.....	iii
THESIS VALIDATION SHEET	iv
THESIS STATEMENT SHEET	v
PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI	vi
SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS	vii
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II.....	6
TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Patah Tulang	6
2.2 Karakteristik <i>Stainless Steel 316L</i>	7
2.3 PCL-HA	10
2.4 Metode <i>Dip-coating</i>	12
2.5 Karakterisasi	15
BAB III	22
METODE PENELITIAN.....	22
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	22
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	22

3.3	Variabel Penelitian.....	23
3.4	Skema Penelitian.....	25
3.5	Tahap Penelitian.....	26
3.6	Tahap Karakterisasi	31
BAB IV		35
HASIL DAN PEMBAHASAN.....		35
4.1.	Uji Validasi Hubungan Tegangan dengan Kecepatan Tarik Alat <i>Dip-coating</i>	35
4.2.	Keberhasilan Sampel	37
4.3.	Karakterisasi Sampel	39
4.4.	Pembahasan.....	51
BAB V.....		56
KESIMPULAN DAN SARAN.....		56
5.1.	Kesimpulan	56
5.2.	Saran	56
DAFTAR PUSTAKA		57
LAMPIRAN		60

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Jenis Biomaterial dan Aplikasinya (Hermawan, 2019)	8
Tabel 2. 2. Komposisi Bahan SS 316L (Benyamin, 2020)	9
Tabel 2. 3. Sifat-sifat PCL Secara Umum (Zhang, 2015)	11
Tabel 2. 4. Perbandingan Struktur dan Komposisi Kimia dari HA, <i>Enamel</i> , Dentin dan Tulang (Farikhah, 2021)	12
Tabel 2. 5. Klasifikasi Hasil Uji <i>Cut Tape Test</i> Metode A (LIPI, 2015)	20
Tabel 2. 6. Klasifikasi Hasil Uji <i>Cut Tape Test</i> Metode B (ASTM, 2012)	21
Tabel 3. 1. Hasil Pengambilan Data Jarak Tempuh	29
Tabel 3. 2. Hasil Pengambilan Data Waktu Tempuh	29
Tabel 3. 3. Variasi Kecepatan Penarikan Tiap Sampel (Aminatun, 2013)	30
Tabel 3. 4. Variasi Kecepatan Penarikan Tiap Sampel (Aminatun, 2013) Ditulis dalam Aturan Angka Penting Alat Ukur Mistar	31
Tabel 4. 1. Validasi Hubungan Tegangan dengan Kecepatan tarik Alat Dip-coating	36
Tabel 4. 2. Kecepatan Tarik (Aminatun, 2013) & Hasil Uji Validasi	36
Tabel 4. 3. Hasil Analisis Persamaan Gambar 4.11	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Bagian-bagian <i>Femur</i> (Syiaifuddin, 2011).....	6
Gambar 2. 2. Struktur Molekul PCL (Zhang, 2015).....	10
Gambar 2. 3. Peralatan <i>Dip-coating</i> (Aminatun, 2013).....	13
Gambar 2. 4. Skema dari Proses Keseimbangan <i>Dip Coating</i> (Aminatun, 2013).....	14
Gambar 2. 5. Pola Aliran Selama Proses <i>Dip-coating</i> (Aminatun, 2013)	14
Gambar 2. 6. Skema Alat SEM (Benyamin, 2020).....	17
Gambar 2. 7. Alat Uji Surface Roughness Tester Type TR 200 (Sabrina, 2020).....	18
Gambar 2. 8. Skema Uji <i>Cut Tape Test</i> (PT. Bio Industri Omnipresen, 2010)	19
Gambar 3. 1. Skema Penelitian.....	25
Gambar 3. 2. Peralatan Uji SEM (Nasional, 2020).....	31
Gambar 3. 3. Peralatan Uji <i>Cut Tape Test</i> (Elcoblast Indonesia, no date).....	33
Gambar 4. 1. SS 316L Siap Dilakukan <i>Dip-coating</i>	37
Gambar 4. 2. (a) Larutan PCL (b) Larutan HA (c) Larutan PCL:HA.....	38
Gambar 4. 3. (a) SS 316L Sebelum Dilakukan <i>Dip-coating</i> (b) SS 316L Setelah Dilakukan <i>Dip-coating</i>	38
Gambar 4. 4. Hasil SEM Morfologi Permukaan 20.000 Kali (a) Sampel A (b) Sampel B (c) Sampel C dan (d) Sampel D.....	40
Gambar 4. 5. Hasil SEM Melintang Ketebalan Lapisan 150 Kali (a) Sampel A (b) Sampel B (c) Sampel C dan (d) Sampel D.....	41
Gambar 4. 6. Grafik Rata-rata Ketebalan Lapisan Sampel.....	42
Gambar 4. 7. Grafik Rata-rata Kekasaran atau Ra.....	43
Gambar 4. 8. Sampel Setelah Ditempel Elcometer ASTM D 3359 Adhesi Tape Test (a) Sampel A (b) Sampel B (c) Sampel C dan (d) Sampel D.....	45
Gambar 4. 9. Elcometer ASTM D 3359 Adhesi Tape Test Usai Direkatkan (a) Sampel A (b) Sampel B (c) Sampel C dan (d) Sampel D	46
Gambar 4. 10. Grafik Data Hasil Uji Degradasi	47
Gambar 4. 11. Grafik Laju Degradasi Sampel.....	49

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Alat Penelitian.....	60
Lampiran 2. Bahan Penelitian	62
Lampiran 3. Kegiatan Pembuatan Sampel	63
Lampiran 4. Kegiatan Pengujian.....	65
Lampiran 5. Hasil dan Analisis Validasi Hubungan Tegangan dengan Kecepatan tarik Alat Dip-coating	66
Lampiran 6. Hasil dan Analisis Uji SEM.....	76
Lampiran 7. Hasil dan Analisis Uji <i>Surface Roughness</i>	82
Lampiran 8. Hasil dan Analisis Uji <i>Cut Tape Test</i>	87
Lampiran 9. Hasil dan Analisis Uji Degradasi.....	91