

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Bersama dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi yang saya tulis sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dan diajukan pada Program Studi Fisika Fakultas Sains Universitas Islam Negeri Sultan Maulana Hasanuddin Banten ini sepenuhnya asli merupakan karya tulis ilmiah saya pribadi.

Adapun tulisan maupun pendapat orang lain yang terdapat dalam skripsi ini telah saya sebutkan kutipannya secara jelas dengan etika keilmuan yang berlaku di bidang penulisan karya ilmiah.

Apabila dikemudian hari terbukti bahwa sebagian atau seluruh isi skripsi ini merupakan hasil perbuatan plagiarisme atau mencontek karya orang lain, saya bersedia untuk menerima sanksi berupa pencabutan gelar kesarjanaaan yang saya terima ataupun sanksi akademik lain sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Serang, 18 Juni 2025



Dinda Aprilia Saparudin

211720040

ABSTRAK

Dinda Aprilia Saparudin

NIM: 211720040

Analisis Pengaruh *Sealant* dan Waktu *Post-Treatment Sealing* terhadap Ketahanan Warna dan Korosi Lapisan Oksida Anodik Ti-6Al-4V untuk Aplikasi Implan Biomedis

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh jenis *sealant* dan variasi waktu *sealing* terhadap karakter permukaan, ketahanan warna, dan ketahanan korosi lapisan oksida anodik pada paduan Ti-6Al-4V (Ti64) sebagai material implan biomedis. Proses anodisasi dilakukan menggunakan larutan H_3PO_4 1 M pada tegangan 60 V selama 30 detik. Setelah anodisasi, dilakukan *post-treatment sealing* menggunakan dua jenis *sealant*, yaitu H_2O pada suhu 100°C dan larutan NaOH 0,1 M pada suhu 60°C , masing-masing dengan waktu perendaman 10, 30, dan 60 menit. Karakterisasi dilakukan melalui pengamatan morfologi dan analisis komposisi unsur menggunakan SEM-EDX, pengukuran kekasaran permukaan, sudut kontak, analisis struktur kristal menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD), uji ketahanan warna menggunakan *colorimeter*, serta uji ketahanan korosi menggunakan metode *Tafel extrapolation* dalam larutan 3,5 %b/b NaCl. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses *sealing* berpengaruh terhadap perubahan morfologi dan komposisi permukaan, yang berdampak pada ketahanan warna dan korosi. *Sealing* dengan H_2O mampu mempertahankan warna dan meningkatkan ketahanan korosi, sedangkan *sealing* dengan NaOH cenderung menyebabkan degradasi warna pada waktu perendaman yang lebih lama. Variasi waktu *sealing* mempengaruhi efektivitas proses *sealing*, terutama dalam memperbaiki kestabilan lapisan oksida. Secara keseluruhan, proses *post-treatment sealing* memberikan kontribusi positif terhadap peningkatan performa permukaan hasil anodisasi pada waktu optimal.

Kata kunci: anodisasi, Ti-6Al-4V, *sealing*, ketahanan warna, ketahanan korosi.

ABSTRACT

Dinda Aprilia Saparudin

NIM: 211720040

Analysis of the Effects of Sealant and Post-Treatment Sealing Time on the Color and Corrosion Resistance of Anodic Oxide Layers on Ti-6Al-4V for Biomedical Implant Applications

This study investigates the effect of sealant type and sealing time on the surface character, color stability, and corrosion resistance of anodic oxide layers on Ti-6Al-4V (Ti64) alloy for biomedical implant applications. Anodization was carried out in a 1 M H_3PO_4 solution at 60 V for 30 seconds. Post-treatment sealing was subsequently conducted using two types of sealants: H_2O at 100°C and 0.1 M NaOH solution at 60°C, with sealing times of 10, 30, and 60 minutes, respectively. Characterization was carried out through morphological observation and composition analysis using SEM-EDX, surface roughness measurement, contact angle, crystal structure analysis using X-ray diffraction (XRD), color stability test using a colorimeter, and corrosion resistance evaluation using the Tafel extrapolation method in a 3.5 wt.% NaCl solution. The results show that the sealing process affects surface morphology and chemical composition, which impact both color retention and corrosion resistance. Sealing with H_2O can maintain color and improve corrosion resistance while sealing with NaOH tends to cause color degradation at longer sealing times. Variations in sealing time affect the effectiveness of the sealing process, especially in improving the stability of the oxide layer. Overall, the post-treatment sealing process positively improves anodized surface performance at the optimal time.

Keywords: anodization, Ti-6Al-4V, sealing, color resistance, corrosion resistance.

Nomor	: -	Kepada Yth.
Lampiran	: Satu (1) eks	Dekan Fakultas Sains
Perihal	: Pengajuan Munaqasyah	UIN SMH Banten
	a.n Dinda Aprilia Saparudin	di-
	NIM. 211720040	Serang

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Dipermaklumkan dengan hormat, bahwa setelah membaca dan menganalisa serta mengadakan koreksi seperlunya, kami berpendapat bahwa skripsi saudara Dinda Aprilia Saparudin dengan NIM: 211720040 yang berjudul "**Analisis Pengaruh Sealant dan Waktu Post-Treatment Sealing Terhadap Ketahanan Warna dan Korosi Lapisan Oksida Anodik Ti-6Al-4V untuk Aplikasi Implan Biomedis**", telah dapat diajukan sebagai salah satu syarat untuk melengkapi ujian munaqasah pada Fakultas Sains Program Studi Fisika Universitas Islam Negeri Sultan Maulana Hasanuddin Banten.

Demikian atas segala perhatian Bapak kami ucapkan terima kasih.
Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Serang, 18 Juni 2025

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Fina Fitratun Amaliyah, S.Si., M.Sc. Dr. Kusuma Putri Suwondo, S.Si.

NIP. 199002102025052002

NIK. 3311105001970003

**ANALISIS PENGARUH SEALANT DAN WAKTU *POST-TREATMENT*
SEALING TERHADAP KETAHANAN WARNA DAN KOROSI
LAPISAN OKSIDA ANODIK TI-6AL-4V UNTUK APLIKASI
IMPLAN BIOMEDIS**

Oleh:

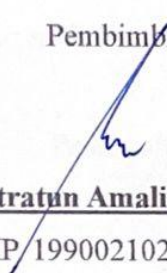
Dinda Aprilia Saparudin

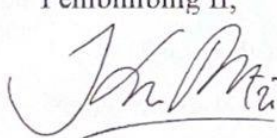
211720040

Menyetujui,

Pembimbing I,

Pembimbing II,


Fina Fitratun Amaliyah, S.Si., M.Sc.


Dr. Kusuma Putri Suwondo, S.Si.

NIP. 199002102025052002

NIK. 3311105001970003

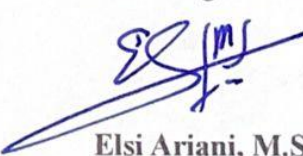
Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains

Ketua Program Studi



Dr. Asep Saefurrohman, M.Si.


Elsi Ariani, M.Si.

NIP. 197808272003121003

NIP. 198901232018012001

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi a.n. Dinda Aprilia Saparudin, NIM: 211720040 yang berjudul “Analisis Pengaruh *Sealant* dan Waktu *Post-Treatment Sealing* terhadap Ketahanan Warna dan Korosi Lapisan Oksida Anodik Ti-6Al-4V untuk Aplikasi Implan Biomedis” telah diujikan dalam Ujian Tugas Akhir Universitas Islam Negeri Sultan Maulana Hasanuddin Banten pada tanggal 9 Juli 2025.

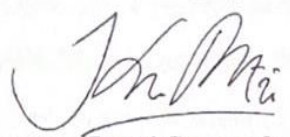
Skripsi tersebut telah disahkan dan diterima sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si.) pada Fakultas Sains Universitas Islam Negeri Sultan Maulana Hasanuddin Banten.

Serang, 9 Juli 2025

Pembimbing I,

Pembimbing II,


Fina Fitratun Amaliyah, S.Si., M.Sc.


Dr. Kusuma Putri Suwondo, S.Si.

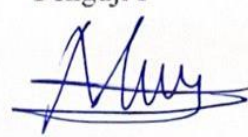
NIP. 199002102025052002

NIK. 3311105001970003

Mengetahui,

Penguji I

Penguji II


Muhamad Fajar Muarif, M.Sc.


Elsi Ariani, M.Si.

NIP. 199402142022031002

NIP. 198901232018012001

Ketua Penguji


Dr. Asep Saefurohman, M.Si.

NIP. 197808272003121003

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Serang pada tanggal 28 April 2003, dari pasangan Bapak Agus Saparudin dan Ibu Ade Sukawati. Penulis menempuh pendidikan dasar di SDN Kasemen dan lulus pada tahun 2015. Selanjutnya, penulis melanjutkan pendidikan di SMPN 5 Kota Serang dan lulus pada tahun 2018. Pendidikan menengah atas ditempuh di MAN 2 Kota Serang pada jurusan IPA dan diselesaikan pada tahun 2021. Pada tahun yang sama, penulis diterima sebagai mahasiswa Program Studi Fisika, peminatan Fisika Material, Fakultas Sains, UIN Sultan Maulana Hasanuddin Banten.

Selama menjalani pendidikan di perguruan tinggi, penulis aktif dalam kegiatan organisasi kampus, khususnya di Dewan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Sains UIN SMH Banten, dan menjabat sebagai Kepala Departemen KOMINFO pada tahun 2023. Selain itu, pada tahun 2024 penulis mengikuti program Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) selama enam bulan di Pusat Riset Sistem Material Maju, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) Serpong, khususnya di kelompok riset Teknologi Permukaan dan Pelapisan.

PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur, saya persembahkan skripsi ini untuk orang-orang yang telah memberikan dukungan selama proses penelitian dan penulisan. Terima kasih kepada kedua orang tua dan kakak saya yang telah memberikan dukungan moral dan material. Terima kasih kepada Ibu Fina Fitratun Amaliyah, S.Si., M.Sc. dan Ibu Dr. Kusuma Putri Suwondo, S.Si., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan bimbingan. Tak lupa, penulis menyampaikan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada seluruh pembimbing dan rekan di Kelompok Riset Teknologi Permukaan dan Pelapisan, PRMM-BRIN, atas kesempatan, ilmu, dan pengalaman yang diberikan selama proses penelitian berlangsung. Semua dukungan tersebut telah memberikan makna yang mendalam dan menjadi bagian penting dalam terselesaikannya skripsi ini.

MOTTO

**“However difficult life may seem,
there is always something you can do and succeed at.”**

— *Stephen Hawking*

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, taufik, dan inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul: **“Analisis Pengaruh *Sealant* dan Waktu *Post-Treatment Sealing* terhadap Ketahanan Warna dan Korosi Lapisan Oksida Anodik Ti-6Al-4V untuk Aplikasi Implan Biomedis”** dengan baik dan lancar.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) pada Program Studi Fisika Fakultas Sains Universitas Islam Negeri Sultan Maulana Hasanuddin Banten.

Terselesaikannya skripsi ini tentu tidak lepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak yang telah kebersamai penulis dalam perjalanan akademik hingga penelitian tugas akhir. Oleh karena itu, dengan penuh rasa hormat, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Wawan Wahyuddin, M.Pd., selaku Rektor UIN Sultan Maulana Hasanuddin Banten.
2. Bapak Asep Saefurrohman, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains.
3. Ibu Elsi Ariani, M.Si., selaku Ketua Program Studi Fisika.
4. Bapak dan Ibu Dosen di lingkungan Fakultas Sains UIN SMH Banten atas ilmu dan bimbingannya selama masa studi.
5. Ibu Fina Firatun Amaliyah, S.Si., M.Sc., selaku dosen pembimbing I.
6. Ibu Dr. Kusuma Putri Suwondo, S.Si., selaku dosen pembimbing II.
7. Bapak Dr. Eng. Muhammad Kozin, S.T., M.Si., selaku Kepala Kelompok Riset Teknologi Permukaan dan Pelapisan (KR-TPP) beserta seluruh pembimbing lapang di KR-TPP, Pusat Riset Material Maju

(PRMM-BRIN) atas segala bimbingan dan arahnya selama kegiatan MBKM serta penyusunan skripsi.

8. Orang tua dan kakak saya, Dicky Dzikrullah Saputra, yang selalu memberikan doa dan dukungan baik secara material maupun spiritual.
9. Putri Indriani, Maryatul Qibtiya, Aprilia Rochmatul A. dan Siti Witari teman baik yang selalu ada dan mendukung selama penyusunan skripsi.
10. Teman-teman Fisika 2021 dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu di sini, atas dukungan dan semangatnya.

Semoga Allah SWT memberikan balasan yang berlipat atas bantuan dan dukungan yang telah diberikan. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat, khususnya bagi penulis sendiri dan juga bagi pembaca yang tertarik pada bidang ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan untuk perbaikan kedepannya.

Serang, 18 Juni 2025

Dinda Aprilia Saparudin

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
ABSTRAK.....	i
ABSTRACT.....	iii
RIWAYAT HIDUP	vii
PERSEMBAHAN.....	viii
MOTTO	ix
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Batasan Masalah	3
C. Rumusan Masalah.....	3
D. Tujuan Penelitian	3
E. Manfaat Penelitian	4
1. Manfaat Teoritis	4
2. Manfaat Praktis	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA	5
A. Kajian Teori	5
1. Implan	5
2. Paduan Ti-6Al-4V	7
3. Metode Anodisasi.....	8
4. Post-Treatment Sealing.....	16
5. Pengujian Warna	23
6. Pengujian Korosi.....	26
B. Hasil Penelitian yang Relevan	29

C. Kerangka Berpikir	31
D. Hipotesis	32
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	34
A. Waktu dan Tempat Penelitian	34
B. Bahan dan Alat Penelitian.....	34
1. Bahan Penelitian	34
2. Alat Penelitian.....	34
C. Metode Penelitian	35
D. Teknik Pengumpulan Data.....	37
E. Teknik Analisis Data.....	39
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	40
A. Karakter Permukaan Lapisan Oksida Anodik Ti64	40
1. Analisa Pengamatan Visual Sampel.....	40
2. Kekasaran Permukaan (<i>Surface Roughness</i>)	45
3. Sudut Kontak (<i>Contact Angle</i>).....	49
4. Pengamatan Struktur Mikro dan Analisis Komposisi dengan SEM-EDX	52
5. Analisis XRD (<i>X-ray Diffraction</i>)	61
B. Ketahanan Warna Lapisan Oksida Anodik Ti64.....	67
C. Ketahanan Korosi Lapisan Oksida Anodik Ti64	69
BAB V PENUTUP.....	74
A. Kesimpulan.....	74
B. Saran	74
DAFTAR PUSTAKA.....	75
LAMPIRAN.....	80

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi kimia paduan Ti64	7
Tabel 2.2 Warna hasil anodisasi dengan elektrolit asam fosfat 0,4 M dan waktu 30 detik pada tegangan bervariasi.	12
Tabel 4.1 Hasil pengamatan visual dan mikroskop optik sampel Ti64.....	41
Tabel 4.2 Hasil analisis ukuran kristalit (D) dan derajat kristalinitas lapisan oksida anodik pada Ti64 sebelum dan setelah proses <i>sealing</i> dengan variasi <i>sealant</i> dan waktu.	64
Tabel 4.3 Hasil pengukuran parameter warna sampel anodisasi Ti64 dengan variasi perlakuan <i>sealing</i> pada minggu ke-2 dan ke-14	68
Tabel 4.4 Hasil Uji Korosi	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Aplikasi klinis penggunaan implan logam	6
Gambar 2.2 Skema proses anodisasi	8
Gambar 2.3 Teori interferensi <i>multi-beam</i> untuk pembentukan warna pada titanium yang dianodisasi	13
Gambar 2.4 Pemasangan implan titanium yang dianodisasi warna <i>gold</i>	15
Gambar 2.5 Mekanisme <i>sealing</i>	16
Gambar 2.6 Mekanisme <i>hot water sealing</i>	19
Gambar 2.7 Representasi skematik perubahan struktur pada permukaan logam Ti setelah perlakuan alkali dan pemanasan.....	22
Gambar 2.8 Prinsip kerja kalorimeter (Ly dkk., 2020).	24
Gambar 2.9 Ruang warna menurut CIE tahun 1976 ($L^*a^*b^*$)	25
Gambar 2.10 Kurva polarisasi Tafel	29
Gambar 2.11 Kerangka berpikir.....	32
Gambar 3.1 Skema proses <i>sealing</i>	36
Gambar 3.2 Diagram alir penelitian.....	38
Gambar 4.1 Hasil kekasaran permukaan dan topografi permukaan Paduan Ti64 (a) tanpa <i>treatment</i> , (b) tanpa <i>sealing</i>	45
Gambar 4.2 Hasil kekasaran permukaan dan topografi permukaan Paduan Ti64 setelah <i>sealing</i> H ₂ O (a) 10 menit, (b) 30 menit, dan (c) 60 menit.	46
Gambar 4.3 Hasil kekasaran permukaan dan topografi permukaan Paduan Ti64 setelah <i>sealing</i> NaOH (a) 10 menit, (b) 30 menit dan (c) 60 menit.	47
Gambar 4.4 Hasil pengukuran sudut kontak pada sampel Ti64 dengan variasi <i>sealant</i> dan waktu <i>sealing</i>	50

Gambar 4. 5 Morfologi permukaan Paduan Ti64 setelah <i>sealing</i> H ₂ O (a) <i>bare</i> , (b) 10 menit, (c) 30 menit dan (c) 60 menit.....	53
Gambar 4.6 Morfologi permukaan Paduan Ti64 setelah <i>sealing</i> NaOH (a) <i>bare</i> , (b) 10 menit, (c) 30 menit dan (c) 60 menit	55
Gambar 4.7 Hasil Uji EDX <i>Sealing</i> H ₂ O.....	57
Gambar 4.8 Komposisi unsur (% atomik) pada sampel <i>sealing</i> H ₂ O.....	58
Gambar 4.9 Hasil Uji EDX <i>Sealing</i> NaOH	59
Gambar 4.10 Komposisi unsur (% atomik) pada sampel <i>sealing</i> NaOH	60
Gambar 4. 11 Hasil karakterisasi XRD Paduan Ti64 anodisasi dan <i>sealing</i> .	62
Gambar 4.12 Distribusi warna sampel pada diagram <i>chromaticity</i> CIE 1931 untuk (a) <i>sealing</i> H ₂ O dan (b) <i>sealing</i> NaOH	67
Gambar 4.13 Kurva polarisasi paduan Ti64 (a) <i>Sealing</i> H ₂ O (b) <i>Sealing</i> NaOH.....	70

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Pengujian SEM-EDX.....	80
Lampiran 2 Hasil Karakterisasi XRD	87
Lampiran 3 Hasil Pengujian Kolorimeter	104
Lampiran 4 Hasil Uji Korosi.....	106
Lampiran 5 Foto Dokumentasi	109