

SKRIPSI

**PENGARUH PERLAKUAN *ANODIZING* DAN *COATING* TERHADAP
LAJU KOROSI PADUAN MAGNESIUM Mg-5,3Al-0,3Si-0,5Zn SEBAGAI
ALTERNATIF MATERIAL IMPLAN PADA TULANG KLAVICULA**



Disusun Oleh:

Mochammad Fajr Dzakwan Muqafillah

1520620002

**DISAJIKAN SEBAGAI SALAH SATU SYARAT UNTUK
MEMPEROLEH GELAR SARJANA TEKNIK**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**

2025

ABSTRAK

Fraktur tulang klavikula memiliki insidensi 2,6 hingga 4% dari semua fraktur, dengan waktu penyembuhan 3 minggu hingga 6 bulan. Penanganan penyembuhan sering melibatkan implan logam, salah satunya berbahan magnesium (Mg) karena memiliki potensi yang baik dengan sifat mekanis yang mendekati tulang dan biodegradable. Namun, magnesium mudah terkorosi sehingga diperlukan pepaduan juga peningkatan ketahanan korosi dengan lapisan pelindung. Penelitian ini bertujuan mengendalikan laju korosi paduan magnesium Mg-5,3Al-0,3Si-0,5Zn melalui proses *anodizing* dan *coating*. Proses *anodizing* dilakukan pada tegangan 5 volt dalam larutan elektrolit 0.5M Na₃PO₄ dengan variasi durasi waktu masing-masing 5, 10, dan 15 menit. Kemudian hasil paduan teranodisasi selanjutnya akan di *coating* dengan campuran *beeswax-colophony* sebagai *sealing agent*. Kinerja dari lapisan oksida hasil *anodizing* dan *coating* akan diuji dengan metode *potentiodynamic polarization* dan akan diimersi selama 21 hari dalam larutan SBF berupa ringer laktat pada temperatur 37°C. Hasil yang didapatkan setelah pengujian menunjukkan laju korosi sampel teranodisasi menurun seiring lamanya waktu anodisasi yaitu 1,500236 mmpy (5 menit), 0,807641 mmpy (10 menit), dan 0,2012658 mmpy (15 menit). Pada sampel berlapis coating, ketahanan korosi meningkat hanya pada anodisasi 5 menit (0,2258386 mmpy), sementara pada anodisasi 10 dan 15 menit laju korosi menjadi 1,722029 mmpy dan 2,264956 mmpy. Hal ini menunjukkan turunny ketahanan korosi akibat coating yang tidak sepenuhnya menyatu dengan substrat. Selain itu hasil memperlihatkan selama 21 hari logam mulai terdegradasi pada sampel yang memiliki ketahanan korosi rendah, sedangkan untuk sampel dengan ketahanan korosi tinggi belum terjadi degradasi.

Kata Kunci: Implan logam, Magnesium, *Anodizing*, *coating*, Korosi.

ABSTRACT

Fractures of the clavicle bone have an incidence of 2.6% to 4% of all fractures, with a healing time ranging from 3 weeks to 6 months. Treatment often involves the use of metal implants, one of which is made of magnesium (Mg) due to its promising potential with mechanical properties close to bone and its biodegradability. However, magnesium is prone to corrosion, requiring alloying and improved corrosion resistance through protective coatings. This study seeks to regulate the corrosion rate of the magnesium alloy Mg-5,3Al-0,3Si-0,5Zn through anodizing and coating processes. The anodizing process was performed at a voltage of 5 volts in a 0.5M Na₃PO₄ electrolyte solution with varying durations of 5, 10, and 15 minutes. The anodized alloy was then coated with a mixture of beeswax and colophony as a sealing agent. The performance of the oxide layer produced by anodizing and coating was tested using the potentiodynamic polarization method and immersed for 21 days in a simulated body fluid (SBF) solution, specifically Ringer's lactate, at 37°C. The results obtained after testing showed that the corrosion rate of anodized samples decreased with longer anodizing times: 1.500236 mmpy (5 minutes), 0.807641 mmpy (10 minutes), and 0.2012658 mmpy (15 minutes). For coated samples, corrosion resistance increased only with 5-minute anodizing (0.2258386 mmpy), whereas for 10-minute and 15-minute anodizing, the corrosion rates increased to 1.722029 mmpy and 2.264956 mmpy, respectively. This indicates a decline in corrosion resistance due to the coating not fully bonding with the substrate. Furthermore, the results showed that after 21 days, degradation began in samples with low corrosion resistance, while no degradation occurred in samples with high corrosion resistance.

Keywords: Metal Implant, Magnesium, Anodizing, coating, Corrosion.

LEMBAR PENGESAHAN UJIAN SKRIPSI

Judul : Pengaruh Perlakuan *Anodizing* Dan *Coating*
Terhadap Laju Korosi Paduan Magnesium
Mg-5,3Al-0,3Si-0,5Zn Sebagai Alternatif
Material Implan Pada Tulang Klavikula

Penyusun : Mochammad Fajr Dzakwan M.

NIM : 1520620002

Disetujui oleh:

Pembimbing I,

Pembimbing II,



Dr. Eng. Agung Premono, M.T.

NIP.197705012001121002



Dr. Imam Basori, S.T., M.T.

NIP. 197906072008121003

Mengetahui,

Koordinator Program Studi S1 Teknik Mesin

Universitas Negeri Jakarta,



Dr. Ir. Ragil Sukarno, S.T., M.T.

NIP. 197902112012121001

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul : Pengaruh Perlakuan *Anodizing* Dan *Coating* Terhadap Laju Korosi Paduan Magnesium Mg-5,3Al-0,3Si-0,5Zn Sebagai Alternatif Material Implan Pada Tulang Klavicula

Penyusun : Mochammad Fajr Dzakwan M.

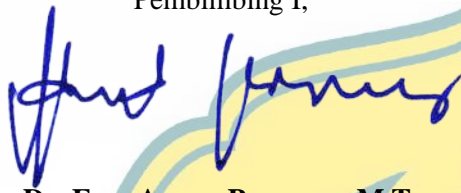
NIM : 1520620002

Tanggal Ujian : 23 Januari 2025

Disetujui Oleh:

Pembimbing I,

Pembimbing II,



Dr. Eng. Agung Premono, M.T.

NIP. 197705012001121002



Dr. Iman Basori, S.T., M.T.

NIP. 197906072008121003

Pengesahan Panitia Ujian Skripsi:

Ketua Penguji,

Anggota Penguji I,

Anggota Penguji II,



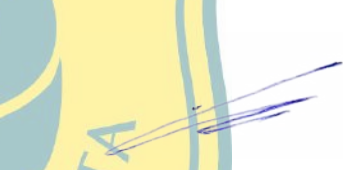
Ahmad Kholil, S.T., M.T.

NIP.197908312005011001



Nugroho Gama Yoga S.T., M.T

NIP.197602052006041001



Dr. Ferry Budhi Susetvo, M.T., M.Si.

NIP.198202022010121002

Mengetahui,

Koordinator Program Studi S1 Teknik Mesin
Universitas Negeri Jakarta,



Dr. Ir. Ragil Sukarno, S.T., M.T.

NIP. 197902112012121001

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Mochammad Fajr Dzakwan Muqafillah
No. Registrasi : 1520620002
Tempat, tanggal lahir : Bandung, 22 September 2002
Alamat : Jalan Babakan Tarogong No. 42, RT. 07/RW. 04,
Kel. Babakan Asih, Kec. Bojongloa Kaler, Kota
Bandung, Jawa Barat.

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini merupakan karya asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di Perguruan Tinggi lain.
2. Skripsi ini belum dipublikasikan, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
3. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, 31 Januari 2025

Yang membuat pernyataan,



Mochammad Fajr Dzakwan Muqafillah

NIM. 1520620002



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
UPT PERPUSTAKAAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220
Telepon/Faksimili: 021-4894221
Laman: lib.unj.ac.id

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Negeri Jakarta, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Mochammad Fajr Dzakwan M
NIM : 1520620002
Fakultas/Prodi : Fakultas Teknik/S1 Teknik Mesin
Alamat email : Dzakwan.muqafillah22@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

Skripsi Tesis Disertasi Lain-lain (.....)

yang berjudul :

Pengaruh Perlakuan Anodizing Dan Coating Terhadap Laju Korosi Paduan Magnesium

Mg-5,3Al-0,3Si-0,5Zn Sebagai Alternatif Material Implan Pada Tulang Klavikula

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 10 Februari 2025

Penulis

(M. Fajr Dzakwan M.)
nama dan tanda tangan

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji serta syukur kehadirat Allah Yang Maha Esa, yang telah memberikan rahmat, nikmat, dan karunia-nya kepada kita semua. Juga tidak lupa shalawat beriring salam kita haturkan kepada baginda kita Nabi Muhammad SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Pengaruh Perlakuan Anodizing Dan Coating Terhadap Laju Korosi Paduan Magnesium Mg-5,3Al-0,3Si-0,5Zn Sebagai Alternatif Material Implan Pada Tulang Klavikula”.

Dengan maksud penyelesaian skripsi ini yaitu sebagai salah satu persyaratan yang diperlukan dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta. Skripsi ini akan menjadi bentuk pertanggungjawaban terhadap masa perkuliahan yang telah dilewati. Selain itu, skripsi ini bertujuan untuk memberikan informasi dan data perihal objek yang diteliti serta sebagai sarana untuk menambah pengalaman dan wawasan dalam perancangan alat kesehatan berupa implan. Penulis menyadari bahwa tanpa adanya bimbingan dan dorongan dari semua pihak, maka penulisan ini tidak dapat berjalan secara lancar. Oleh karena itu pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Dr. Eng. Agung Premono, M.T. selaku dosen pembimbing I dan dosen pembimbing akademik program studi teknik mesin 2020 yang telah memberikan arahan serta bimbingan yang sangat baik, dan semangat kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Dr. Imam Basori, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan arahan serta bimbingan yang sangat baik, dan semangat kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Dr. Ir. Ragil Sukarno, S.T., M.T. selaku Koordinator Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.
4. Seluruh dosen, staf tata usaha, staf laboratorium, serta karyawan program studi S1 teknik mesin yang telah memberikan ilmu dan bimbingan serta bantuan secara langsung maupun tidak langsung selama masa perkuliahan.

5. Kedua Orangtua dan kerabat yang selalu mendukung penulis melalui doa yang tak pernah henti diucapkan untuk penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dan perkuliahan di Universitas Negeri Jakarta..
6. Sdr. Hanif dan Abidin selaku rekan bimbingan yang selalu saling memberikan bantuan, motivasi, serta support satu sama lain dalam mengerjakan skripsi pengembangan implan hingga dapat lulus kuliah bersama-sama.
7. Rekan mahasiswa S1 Teknik Mesin 2020 serta seluruh keluarga besar S1 Teknik Mesin juga seluruh rekan Universitas Negeri Jakarta yang telah turut serta membantu penulis dalam segala hal baik motivasi, serta dukungan terhadap penyelesaian skripsi ini.
8. Sdr. Hayatunnisa selaku rekan yang memberikan masukan serta ilmu khususnya tentang kimia yang berhubungan dengan pengerjaan skripsi ini.
9. JKT48 sebagai idol grup yang selalu memberikan energi positif kepada penulis untuk menjalani proses dari awal hingga akhir skripsi melalui penggalan lirik lagu yang memotivasi.
10. Seluruh pihak yang namanya tidak dapat disebutkan satu-persatu yang turut memberikan bantuan kepada penulis dalam penyelesaian perkuliahan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan yang mungkin tidak disadari dan dengan keterbatasan yang penulis miliki penulis memohon maaf atas terjadinya kesalahan baik dari segi isi maupun penulisan.

Harapannya semoga skripsi ini dapat bermanfaat, khususnya bagi pembaca untuk menambah wawasan baru atau pengetahuan tentang berbagai hal yang dibahas dalam skripsi ini khususnya yaitu mengenai anodizing dan coating logam magnesium sebagai implan tulang klavikula pada tubuh manusia.

Jakarta, 31 Januari 2025

Penulis,

Mochammad Fajr Dzakwan M

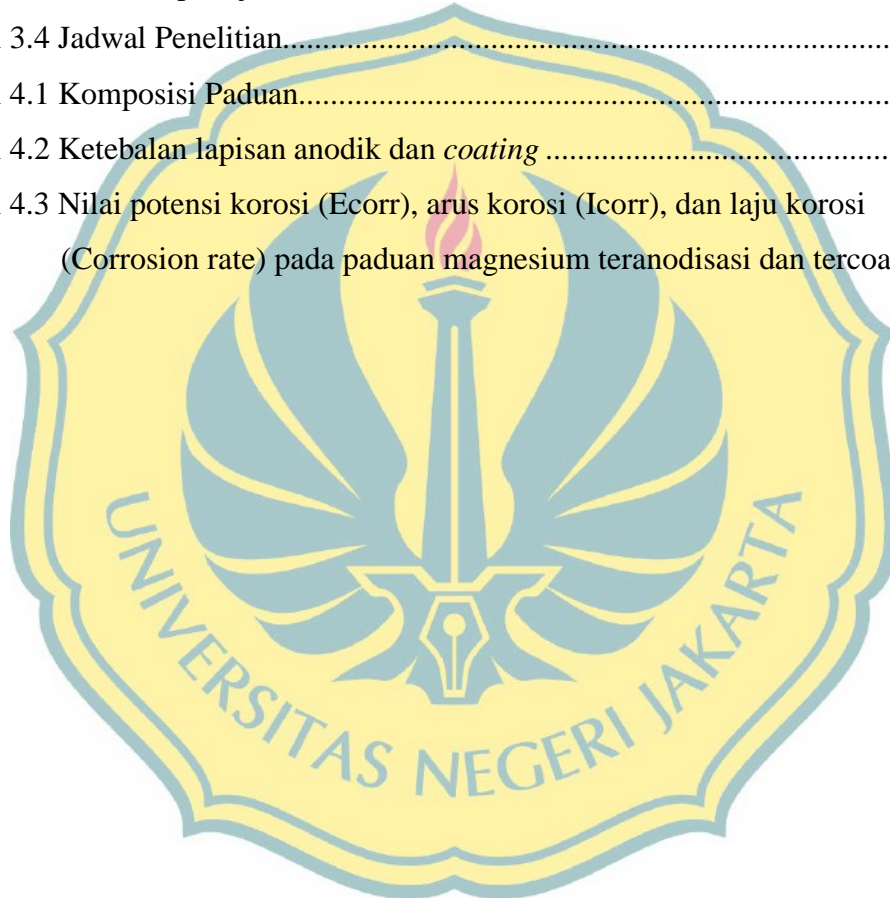
DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
LEMBAR PENGESAHAN UJIAN SKRIPSI	iv
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI	v
LEMBAR PERNYATAAN	vi
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Perumusan Masalah.....	6
1.5 Tujuan Penelitian.....	6
1.6 Kegunaan Penelitian.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Tulang dan Fraktur <i>Os Clavicula</i>	8
2.2 Magnesium dan Paduannya.....	9
2.3 Korosi pada Magnesium.....	11
2.4 Perlakuan <i>Anodizing</i> dan <i>Coating</i>	13
2.5 Pengujian Tebal Lapisan	15
2.6 Pengujian Korosi	16
2.7 Penelitian Relevan.....	19
2.8 Kerangka Berpikir	19
2.9 Hipotesis Penelitian.....	21

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	22
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	22
3.2 Alat dan Bahan.....	22
3.3 Diagram Alir Penelitian	27
3.4 Teknik dan Prosedur Pengambilan Data.....	28
3.5 Alur Proses.....	30
3.6 Teknik Analisa Data.....	33
3.6 Jadwal Penelitian	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	35
4.1 Komposisi Paduan	35
4.2 Proses <i>Anodizing</i> dan <i>Coating</i>	35
4.3 Morfologi Permukaan	38
4.4 Pengujian <i>In-vitro</i>	42
4.5 Pengujian Tebal Lapisan.....	44
4.6 Pengujian Korosi.....	45
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	51
4.1 Kesimpulan	51
4.2 Saran	52
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN.....	59
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	81

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat mekanik magnesium dan tulang	10
Tabel 2.2 Komposisi paduan magnesium AZ31	11
Tabel 2.3 Penggolongan tingkatan ketahanan korosi berdasarkan laju korosi	17
Tabel 3.1 Komposisi larutan ringer laktat.....	26
Tabel 3.2 Jenis dan Keterangan Spesimen.....	34
Tabel 3.3 Data sampel uji korosi Polarisasi	34
Tabel 3.4 Jadwal Penelitian.....	34
Tabel 4.1 Komposisi Paduan.....	35
Tabel 4.2 Ketebalan lapisan anodik dan <i>coating</i>	45
Tabel 4.3 Nilai potensi korosi (E_{corr}), arus korosi (I_{corr}), dan laju korosi (Corrosion rate) pada paduan magnesium teranodisasi dan tercoating	47



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Os Clavicula</i> kanan (<i>superior view</i>).....	8
Gambar 2.2 <i>Os Clavicula</i> kanan (<i>inferior view</i>).....	8
Gambar 2.3 Diagram <i>pourbaix</i> (potential-pH) Mg dan H ₂ O pada 25°C	12
Gambar 2.4 (a) <i>Beeswax</i> murni; (b) <i>colophony</i>	15
Gambar 2.5 <i>Ultrasonic Testing</i>	16
Gambar 2.6 Kurva tafel polarisasi E vs log (i).....	18
Gambar 2.7 Kerangka Berpikir.....	20
Gambar 3.1 <i>Grinder/polisher</i>	23
Gambar 3.2 Timbangan analitik.....	23
Gambar 3.3 <i>Heating circulator</i> dan <i>Water Bath</i>	24
Gambar 3.4 <i>Ultrasonic cleaner</i>	24
Gambar 3.5 <i>Hot Plate Stirrer</i>	24
Gambar 3.6 DC <i>power Supply</i>	25
Gambar 3.7 <i>UT Coating Thickness Gauge</i>	25
Gambar 3.8 Diagram Alir Penelitian	27
Gambar 3.9 Spesimen Uji	28
Gambar 3.10 Skema proses <i>anodizing</i>	29
Gambar 3.11 pemotongan sampel.....	30
Gambar 3.12 Proses <i>polishing</i> sampel	31
Gambar 3.13 Proses preparasi sampel sebelum <i>anodizing</i>	31
Gambar 3.14 Proses <i>anodizing</i>	32
Gambar 3.15 Proses <i>Coating</i>	32
Gambar 3.16 Proses pengujian <i>in-vitro</i>	33
Gambar 4.1 Kondisi perubahan larutan Na ₃ PO ₄ selama <i>anodizing</i>	36
Gambar 4.2 Nilai arus proses <i>anodizing</i>	36
Gambar 4.3 Perbandingan hasil <i>anodizing</i> sampel berturut-turut (a) 5 menit, (b) 10 menit, (c) 15 menit.....	37
Gambar 4.4 Proses <i>sealing</i> (a) penimbangan campuran B:C, (b) proses.....	38
Gambar 4.5 Perbandingan sampel (a) sebelum <i>anodizing</i> , (b) setelah proses <i>anodizing</i> , (c) setelah proses <i>sealing</i>	38

Gambar 4.6 Morfologi permukaan sampel <i>anodizing</i>	39
Gambar 4.7 Celah pada permukaan sampel <i>anodizing</i>	40
Gambar 4.8 Ilustrasi jenis lapisan oksida berdasarkan nilai PBR.....	40
Gambar 4.9 Morfologi permukaan sampel <i>anodizing</i> tercoating.....	41
Gambar 4.10 Ilustrasi perbedaan sampel non treatment, dilapisi <i>anodizing</i> , dan dilapisi coating.....	42
Gambar 4.11 Perubahan sampel selama proses uji <i>in vitro</i>	43
Gambar 4.12 Perubahan sampel setelah 21 hari Imersi dalam larutan ringer laktat pada temperatur 37°C	44
Gambar 4.13 Kurva polarisasi seluruh sampel	46
Gambar 4.14 Grafik laju korosi terhadap waktu <i>anodizing</i> spesimen.....	48



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Uji Komposisi XRF Paduan.....	59
Lampiran 2 Hasil Pengujian Korosi Sampel.....	63
Lampiran 3 Hasil Pengujian Tebal Lapisan	78

