UNIVERSITAS PERTAHANAN RI

MODIFIKASI PERMUKAAN ALUMINIUM 6061 DENGAN METODE *PLASMA ELECTROLYTIC OXIDATION* MENGGUNAKAN E*THYLENEDIAMINETETRAACETIC ACID* UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN *ELECTROMAGNETIC ABSORBER*

JESSICA VALENTHINE LANTANG 320210304013

Skripsi Yang Ditulis Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Dalam Mendapatkan Gelar Sarjana

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM MILITER

PROGRAM STUDI FISIKA

BOGOR 2025

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI

Nama	:	Jessica Valenthine Lantang
NIM	:	320210304013
Program Studi	:	Fisika
Fakultas	:	Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer
Judul	:	Modifikasi Permukaan Aluminium 6061 Dengan Metode *Plasma Electrolytic Oxidation* Menggunakan *Ethylenediaminetetraacetic Acid* Untuk Meningkatkan Kemampuan *Electromagnetic Absorber*

Dosen Pembimbing I,

Nur Asriyani, S.Si., M. Si.
NUPTK. 1144775676230153
Tanggal: 7 Agustus 2025

Dosen Pembimbing II,

Muhammad Prisla Kamil, S.Pd., Ph.D.
NIP. 199109072022021001
Tanggal: 7 Agustus 2025

Mengetahui,

Kepala Program Studi Fisika

M. Zuhnir Piliang, S.Si., M.Eng.
Kolonel Tek. NRP. 522657
Tanggal : 8 Agustus 2025

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer

Dr. Ir. Ence Darmo Jaya S, M.Si.
Pembina Utama Muda IV/c
Tanggal :

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Nama	:	Jessica Valenthine Lantang
NIM	:	320210304013
Program Studi	:	Fisika
Fakultas	:	Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer
Judul	:	Modifikasi Permukaan Aluminium 6061 Dengan Metode *Plasma Electrolytic Oxidation* Menggunakan *Ethylenediaminetetraacetic Acid* Untuk Meningkatkan Kemampuan *Electromagnetic Absorber*

No	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
1	Dosen Pembimbing I: Nur Asriyani, S.Si., M. Si. NUPTK. 1144775676230153		7/8/2025
2	Dosen Pembimbing II: Muhammad Prisla Kamil,S.Pd., Ph.D. NIP. 199109072022021001		7/8/2025
3	Dosen Penguji I: Imastuti, S.Pd., M. Han. NUPTK. 2033772673230323		5/8/2025
4	Dosen Penguji II: Syara Ilafirda, S.Si., M.Si. NIP. 199201292024212012		5/8/2025

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya atau bagian karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan jenjang apapun di suatu Perguruan Tinggi; dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat istilat, frasa, kalimat, paragraf, subbab atau bab dari karya yang pernah ditulis atau diterbitkan; kecuali yang secara tertulis diajukan dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Referensi. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa terdapat plagiat dalam skripsi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan/undang undang yang berlaku.

Bogor, 7 Agustus 2025

Jessica Valenthine Lantang

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Pertahanan Republik Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama	: Jessica Valenthine Lantang
NIM	: 320210304013
Program Studi	: Sarjana Fisika
Fakultas	: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer
Jenis Karya	: Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pertahanan Republik Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Modifikasi Permukaan Aluminium 6061 Dengan Metode *Plasma Electrolytic Oxidation* Menggunakan *Ethylenediaminetetraacetic Acid* Untuk Meningkatkan Kemampuan *Electromagnetic Absorber*

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Pertahanan Republik Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bogor

Pada tanggal : 11 Agustus 2025

Yang menyatakan

Jessica Valenthine Lantang

NIM. 320210304013

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan rahmat, karunia, dan kasih-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul "Modifikasi Permukaan Aluminium 6061 dengan Metode *Plasma Electrolytic Oxidation* Menggunakan *Ethylenediaminetetraacetic Acid* untuk Meningkatkan Kemampuan *Electromagnetic Absorber*"

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer, Universitas Pertahanan Republik Indonesia. Penelitian ini merupakan upaya penulis dalam menjawab tantangan pengembangan material teknologi pertahanan berbasis stealth melalui pendekatan ilmiah dan eksperimental.

Penulis menyadari bahwa tersusunnya skripsi ini tidak lepas dari bantuan, dukungan, serta arahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada:

1. Presiden Republik Indonesia, Jendral TNI (Purn) Prabowo Subianto, selaku Penggagas terbentuknya S-1 Universitas Pertahanan Republik Indonesia.
2. Letnan Jenderal TNI (Purn.) Dr. Anton Nugroho, M.M.D.S., M.A., selaku Rektor Universitas Pertahanan Republik Indonesia
3. Dr. Ence Darmo Jaya Supena selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer.
4. Kolonel Tek M. Zuhnir Piliang, S.Si., M.Eng. selaku Ketua Program Studi Fisika Militer yang telah memberikan dukungan akademik dan fasilitas penelitian.
5. Nur Asriyani, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, arahan, masukan, dan motivasi selama

penyusunan skripsi ini.

6. Muhammad Prisla Kamil, S.Pd., Ph.D. selaku dosen pembimbing II atas segala ilmu, pengarahan, dan evaluasi yang sangat berarti selama proses penelitian.
7. Orang tua dan Keluarga penulis yang senantiasa memberikan doa, semangat, dan dukungan moral dalam setiap langkah dalam penulis mewujudkan cita-cita.
8. Rekan-rekan Nara Dyaviksatra yang selalu memberikan semangat kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu penulis sangat terbuka terhadap kritik dan saran yang membangun. Semoga karya ini dapat memberikan kontribusi nyata dalam bidang ilmu pengetahuan dan teknologi pertahanan.

Bogor, 7 Agustus 2025

Jessica Valenthine Lantang

UNIVERSITAS PERTAHANAN REPUBLIK INDONESIA PRADITYA - WIRATAMA - NAGARA BHAKTI

ABSTRAK

MODIFIKASI PERMUKAAN ALUMINIUM 6061 DENGAN METODE *PLASMA ELECTROLYTIC OXIDATION* MENGGUNAKAN *ETHYLENEDIAMINETETRAACETIC ACID* UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN *ELECTROMAGNETIC ABSORBER*

Aluminium 6061 merupakan material ringan dengan ketahanan korosi yang baik, namun memiliki keterbatasan dalam menyerap gelombang elektromagnetik, yang memiliki peranan penting dalam aplikasi teknologi siluman militer. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kemampuan penyerapan elektromagnetik Aluminium 6061 melalui modifikasi permukaan menggunakan metode *Plasma Electrolytic Oxidation* (PEO) dengan penambahan *Ethylenediaminetetraacetic Acid* (EDTA) sebagai aditif kompleksasi. Penelitian dilakukan secara eksperimental dengan variasi konsentrasi EDTA (0, 1, 3, dan 5 g/L). Sampel dikarakterisasi menggunakan *FESEM-EDS* untuk morfologi dan distribusi unsur, *3D Optical Microscope* untuk kekasaran permukaan dan ketebalan lapisan, *X-Ray Diffraction* untuk mengetahui jenis senyawa yang terdapat dalam sampel, uji korosi dengan metode polarisasi potensiodinamik, serta pengujian kemampuan penyerapan gelombang elektromagnetik menggunakan *Vector Network Analyzer* (VNA). Hasil menunjukkan bahwa penambahan EDTA memperbaiki struktur morfologi dan meningkatkan ketebalan lapisan oksida. Semakin bertambahnya dosis EDTA yang ditambahkan, maka semakin baik penye Selain itu, ketahanan terhadap korosi juga meningkat dibandingkan dengan sampel tanpa penambahan EDTA. Dengan demikian, penambahan EDTA dalam proses PEO terbukti dapat meningkatkan penyerapan gelombang elektromagnetik pada Aluminium 6061. Temuan ini membuka peluang pengembangan material *stealth* berbasis aluminium untuk aplikasi teknologi pertahanan.

Kata kunci: aluminium 6061, PEO, EDTA, penyerapan gelombang elektromagnetik, *reflection loss*

ABSTRACT

SURFACE MODIFICATION OF ALUMINUM 6061 USING PLASMA ELECTROLYTIC OXIDATION METHOD WITH ETHYLENEDIAMINETETRAACETIC ACID TO ENHANCE ELECTROMAGNETIC ABSORBER PERFORMANCE

Aluminum 6061 is a lightweight material with good corrosion resistance, but it has limitations in absorbing electromagnetic waves, which play an important role in military stealth technology applications. This study aims to enhance the electromagnetic absorption capability of Aluminum 6061 through surface modification using the Plasma Electrolytic Oxidation (PEO) method with the addition of Ethylenediaminetetraacetic Acid (EDTA) as a complexing agent. The research was conducted experimentally with varying concentrations of EDTA (0, 1, 3, and 5 g/L). Samples were characterized using FESEM-EDS for morphology and element distribution, a 3D Optical Microscope for surface roughness and layer thickness, X-Ray Diffraction to identify the compounds present in the samples, corrosion testing using the potentiodynamic polarization method, and electromagnetic wave absorption testing using a Vector Network Analyzer (VNA). The results showed that the addition of EDTA improved the morphological structure and increased the thickness of the oxide layer. As the dose of EDTA added increased, the improvement in morphology became more pronounced. Additionally, corrosion resistance also increased compared to samples without EDTA addition. Thus, the addition of EDTA in the PEO process was proven to enhance electromagnetic wave absorption in Aluminum 6061. This discovery opens up opportunities for the development of aluminum-based stealth materials for defense technology applications.

Keywords: *aluminum 6061, PEO, EDTA, wave absorption, reflection loss*

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL.....i

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI.....ii

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....iii

PERNYATAAN ORISINALITAS.....iv

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....v

KATA PENGANTAR.....vi

ABSTRAK.....viii

ABSTRACT.....ix

DAFTAR ISI.....x

DAFTAR GAMBAR.....xiii

DAFTAR TABEL.....xiv

BAB I PENDAHULUAN.....1

1.1 Latar Belakang.....1

1.2 Rumusan Masalah.....4

1.3 Tujuan Penelitian.....5

1.4 Manfaat Penelitian.....5

1.4.1 Manfaat Teoritis.....5

1.4.2 Manfaat Praktis.....5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....7

2.1 Landasan Teori.....7

2.1.1 Aluminium 6061.....7

2.1.2 Al_2O_3 (Alumina) Sebagai *Radar Absorbing Material*.....9

2.1.3 *Radar Absorbing Coating* 11

2.1.4 *Plasma Electrolytic Oxidation* 15

2.1.5 *Ethylenediaminetetraacetic Acid* 17

2.2. Hasil Penelitian Terdahulu 20

2.3. Kerangka Berpikir 25

2.4. Hipotesis 25

BAB III METODOLOGI PENELITIAN 26

3.1 Metode dan Desain Penelitian 26

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian 26

3.3 Alat dan Bahan 28

3.3.1 Alat 28

3.3.2 Bahan 28

3.4 Variabel Penelitian 28

3.5 Prosedur Penelitian 29

3.6 Metode Karakterisasi dan Analisis 32

3.6.1 Proses *Plasma Electrolytic Oxidation* 32

3.6.2 *Surface Roughness* 34

3.6.3 Pengukuran Ketahanan Korosi 35

3.6.4 Pengukuran Penyerapan Gelombang Elektromagnetik 36

3.6.5 *Field Emission Scanning Elekctron Microscope* (FESEM) 38

3.6.6 *X-Ray Diffraction* (XRD) 39

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 42

4.1 Hasil Penelitian 42

4.1.1 Hasil Proses *Plasma Electrolytic Oxidation* (PEO) 42

4.1.2 Hasil Karakterisasi *Surface Roughness* dan Ketebalan Lapisan 45

4.1.3 Hasil Pengukuran Ketahanan Korosi 50

4.1.4 Hasil Penyerapan Gelombang Elektromagnetik 52

4.1.5 Hasil Karakterisasi FESEM 54

4.1.6 Hasil XRD 58

4.2 Pembahasan 60

4.2.1 Dinamika Proses *Plasma Electrolytic Oxidation* (PEO) pada Aluminium 6061 60

4.2.2 Karakterisasi Surface Roughness dan Ketebalan Lapisan 61

4.2.3 Evaluasi Ketahanan Korosi Melalui Uji Polarisasi Potensiodinamik.63

4.2.4 Uji Penyerapan Gelombang Elektromagnetik.....64

4.2.5 Morfologi Permukaan dan Distribusi Elemen *(FESEM-EDS Mapping*) 65

4.2.6 Karakterisasi Struktur Kristal (*X-Ray Diffraction*).....67

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....70

5.1 Kesimpulan.....70

5.2 Saran.....71

DAFTAR PUSTAKA.....72

LAMPIRAN.....78

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1 Karakteristik Aluminium 6061 9
Gambar 2.2 Mekanisme Redaman Elektromagnetik 15
Gambar 2.3 Mekanisme PEO 17
Gambar 2.4 Ethylenediaminetetraacetic Acid.....17
Gambar 2.5 Porositas Permukaan EDTA pada Aluminium 18
Gambar 2.6 Kerangka Berpikir.....25
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian 26
Gambar 3.2 Proses Persiapan Sampel.....29
Gambar 3.3 Proses Pembuatan Larutan Elektrolit 30
Gambar 3.4 Proses PEO 32
Gambar 4.1 Proses Pembentukan Plasma 42
Gambar 4.2 Hasil Karakterisasi *Surface Roughness* 46
Gambar 4.3 Hasil Parameter Kekasaran 46
Gambar 4.4 Hasil Pengukuran Ketebalan Lapisan 48
Gambar 4.5 Hasil pengukuran ketahanan korosi 50
Gambar 4.6 Hasil Penyerapan Gelombang Elektromagnetik 53
Gambar 4.7 Hasil Karakterisasi FESEM 56
Gambar 4.8 Hasil Karakterisasi XRD 59
Gambar 4.9 Struktur Kristal Al_2O_3 59

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1 Komposisi Aluminium 6061 8
Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu 20
Tabel 3.1 Waktu Penelitian.....27
Tabel 4.1 Hasil Pembentukan Plasma.....43
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Ketahanan Korosi 51
Tabel 4.3 Hasil Penyerapan Gelombang Elektromagnetik 53
Tabel 4.4 Hasil Komposisi Karakterisasi FESEM 56

UNIVERSITAS PERTAHANAN
REPUBLIK INDONESIA
PRADITYA - WIRATAMA - NAGARA BHAKTI