

**PENGARUH VARIASI RAPAT ARUS PULSA TERHADAP
STRUKTUR DAN SIFAT MEKANIK LAPISAN
KOMPOSIT Ni-AlN/Si₃N₄ HASIL ELEKTRODEPOSISI
ULTRASONIK PADA SUBSTRAT BAJA *HIGH SPEED
STEEL***

Skripsi

**Disusun untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Sains**



Arini

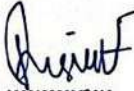
1306622007

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2026**

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH RAPAT ARUS PULSA TERHADAP STRUKTUR DAN SIFAT
MEKANIK LAPISAN KOMPOSIT Ni-AlN/SiN₄ PADA BAJA *HIGH-
SPEED STEEL* MELALUI PROSES ELEKTRODEPOSISI ULTRASONIK**

Nama : Arini
No. Registrasi : 1306622007

Jabatan	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Penanggung Jawab:			
Dekan	: Dr. Hadi Nasbey, S.Pd., M.Si. NIP. 197909162005011004		12/08/26
Wakil Penanggung Jawab			
Wakil Dekan I	: Dr. Meiliasari, S.Pd., M.Sc. NIP. 197905042009122002		12/08/26
Ketua Sidang	: Riser Fahdiran, S.Si., M.Si. NIP. 198307172009121008		07/08/26
Sekretaris	: Fachriza Fathan, S.Si., M.Si. NIP. 199203102014061002		07/08/26
Anggota:			
Pembimbing I	: Prof. Dr. Esmar Budi, S.Si., M.T. NIP. 197207281999031002		10/08/26
Pembimbing II	: Siti Julia, M.Si. NIP. 199205282025062007		07/08/26
Penguji	: Haris Suhendar, S.Si, M.Sc. NIP. 199404282022031006		10/08/26

Dinyatakan lulus pada tanggal 3 Agustus 2026.

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi berjudul **"Pengaruh Variasi Rapat Arus Pulsa Terhadap Struktur Dan Sifat Mekanik Lapisan Komposit Ni-Aln/Si₃N₄ Hasil Elektrodeposisi Ultrasonik Pada Substrat Baja *High Speed Steel*"** merupakan hasil karya ilmiah saya sendiri yang disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta, di bawah bimbingan dosen pembimbing.

Seluruh sumber informasi, data, teori, maupun hasil penelitian yang digunakan dalam penyusunan skripsi ini telah dicantumkan dan dirujuk sesuai dengan kaidah penulisan ilmiah yang berlaku.

Apabila di kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini mengandung unsur plagiarisme atau bukan sepenuhnya hasil karya saya, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik Universitas Negeri Jakarta dan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 3 Agustus 2026



Arini

SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
PERPUSTAKAAN DAN KEARSIPAN

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 : Arini
NIM : 1306622007
Fakultas/Prodi : FMIPA / Fisika
Alamat email : arinia0610@gmail.com

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

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

yang berjudul :

Pengaruh Variasi Rapat Arus Listrik Terhadap Struktur dan Sifat Mekanik
Lapisan Komposit Ni-Mn / Zn pada Hasil Electrodeposisi Ultrasonik pada
Substrat Baja High Speed Steel

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan dan Kearsipan 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, 11 Agustus 2024

Penulis

(
Arini
nama dan tanda tangan
)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Swt. atas segala limpahan rahmat, karunia, serta hidayah-Nya sehingga skripsi yang berjudul "Pengaruh Variasi Rapat Arus Pulsa terhadap Struktur dan Sifat Mekanik Lapisan Komposit Ni–AlN/Si₃N₄ Hasil Elektrodeposisi Ultrasonik pada Substrat Baja *High-Speed Steel*" dapat diselesaikan dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta.

Selama proses penelitian hingga penyusunan skripsi ini, penulis memperoleh banyak bantuan, bimbingan, arahan, dukungan, serta doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan penuh rasa hormat dan terima kasih, penulis menyampaikan penghargaan kepada:

1. Prof. Dr. Esmar Budi, M.T., selaku Dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktu, memberikan bimbingan, arahan, masukan, serta motivasi kepada penulis sejak pelaksanaan penelitian hingga penyelesaian skripsi ini.
2. Siti Julia, M.Si., selaku Dosen Pembimbing II yang senantiasa memberikan saran, koreksi, dukungan, serta bimbingan selama proses penelitian dan penyusunan skripsi.
3. Dr. Teguh Budi Prayitno, M.Si., selaku Koordinator Program Studi Fisika, Prof. Dr. Mangasi Alion Marpaung, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik, beserta seluruh dosen dan tenaga kependidikan Program Studi Fisika FMIPA Universitas Negeri Jakarta yang telah memberikan ilmu pengetahuan, pengalaman, serta bantuan selama penulis menempuh pendidikan.
4. Kedua orang tua tercinta, yang selalu memberikan kasih sayang, doa, perhatian, dukungan moral maupun material, serta menjadi penyemangat terbesar bagi penulis dalam menyelesaikan studi.
5. Sahabat seperjuangan, yaitu Ndari, Viero, Echa, Uya, dan April, yang selalu berbagi pengalaman, bertukar pikiran, memberikan semangat, serta

menemani penulis selama menjalani perkuliahan hingga penyusunan skripsi.

6. Seluruh mahasiswa Program Studi Fisika Angkatan 2022 Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Jakarta yang telah menjadi bagian dari perjalanan akademik penulis melalui kebersamaan, kerja sama, dan pengalaman yang berharga.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna dan masih terdapat berbagai kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan sebagai bahan evaluasi dan penyempurnaan karya ilmiah ini.

Jakarta, Agustus 2026

Arini



ABSTRAK

ARINI. Pengaruh Variasi Rapat Arus Pulsa terhadap Struktur dan Sifat Mekanik Lapisan Komposit $Ni-AlN/Si_3N_4$ Hasil Elektrodeposisi Ultrasonik pada Substrat Baja *High-Speed Steel*. Skripsi, Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta, Juli 2026. Di bawah bimbingan ESMAR BUDI dan SITI JULIA.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi rapat arus pulsa terhadap struktur kristal, morfologi permukaan, komposisi unsur, dan sifat mekanik lapisan komposit $Ni-AlN/Si_3N_4$ yang dideposisikan pada substrat *High-Speed Steel* (HSS) menggunakan metode *Ultrasonic-Assisted Pulse Electrodeposition* (UAED). Variasi rapat arus pulsa yang digunakan yaitu $0,064 \text{ mA/mm}^2$, $0,072 \text{ mA/mm}^2$, dan $0,080 \text{ mA/mm}^2$. Karakterisasi lapisan dilakukan menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive Spectroscopy* (SEM-EDS), serta uji kekerasan Vickers. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lapisan komposit tersusun atas fasa Ni, Aluminium, $\beta-Si_3N_4$, dan CrFe. Peningkatan rapat arus pulsa meningkatkan ukuran kristalit rata-rata dari $27,76 \text{ nm}$ menjadi $32,69 \text{ nm}$ tanpa membentuk fasa baru, namun memengaruhi orientasi kristal $\beta-Si_3N_4$. Nilai kekerasan Vickers meningkat dari $766,47 \text{ HV}$ ($7,52 \text{ GPa}$) pada $0,064 \text{ mA/mm}^2$ menjadi $878,80 \text{ HV}$ ($8,62 \text{ GPa}$) pada $0,072 \text{ mA/mm}^2$, kemudian menurun menjadi $753,70 \text{ HV}$ ($7,39 \text{ GPa}$) pada $0,080 \text{ mA/mm}^2$. Hasil SEM-EDS menunjukkan bahwa variasi rapat arus memengaruhi morfologi permukaan, distribusi partikel, dan komposisi unsur lapisan komposit. Berdasarkan hasil karakterisasi struktur kristal, morfologi, komposisi unsur, dan sifat mekanik, rapat arus pulsa $0,072 \text{ mA/mm}^2$ menghasilkan karakteristik lapisan paling optimum dengan kombinasi ketebalan lapisan dan kekerasan tertinggi.

Kata Kunci: $Ni-AlN/Si_3N_4$; *Ultrasonic-Assisted Pulse Electrodeposition*; rapat arus pulsa; struktur kristal; morfologi; kekerasan Vickers.

ABSTRACT

ARINI. Effect of Pulse Current Density Variation on the Structure and Mechanical Properties of Ni–AlN/Si₃N₄ Composite Coatings Produced by Ultrasonic Electrodeposition on High-Speed Steel Substrates. Undergraduate Thesis, Physics Study Program, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Negeri Jakarta, July 2026. Supervised by ESMAR BUDI and SITI JULIA.

This study investigates the effect of pulse current density on the crystal structure, surface morphology, elemental composition, and mechanical properties of Ni–AlN/Si₃N₄ composite coatings deposited on High-Speed Steel (HSS) substrates using the Ultrasonic-Assisted Pulse Electrodeposition (UAED) method. Pulse current densities of 0.064, 0.072, and 0.080 mA/mm² were applied. The coatings were characterized using X-ray Diffraction (XRD), Scanning Electron Microscopy coupled with Energy Dispersive Spectroscopy (SEM–EDS), and Vickers hardness testing. The results revealed that the coatings consisted of Ni, Al, β-Si₃N₄, and CrFe phases. Increasing the pulse current density increased the average crystallite size from 27.76 nm to 32.69 nm without forming new phases, but it altered the preferred crystal orientation of β-Si₃N₄. The Vickers hardness increased from 766.47 HV (7.52 GPa) at 0.064 mA/mm² to a maximum of 878.80 HV (8.62 GPa) at 0.072 mA/mm², then decreased to 753.70 HV (7.39 GPa) at 0.080 mA/mm². SEM–EDS analysis showed that pulse current density influenced the surface morphology, particle distribution, and elemental composition of the composite coatings. Overall, the coating deposited at 0.072 mA/mm² exhibited the optimum characteristics, providing the best combination of coating thickness and mechanical performance. Keywords: Ni–AlN/Si₃N₄ composite coating; Ultrasonic-Assisted Pulse Electrodeposition; pulse current density; crystal structure; surface morphology; Vickers hardness.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	15
A. Latar Belakang	15
B. Perumusan Masalah.....	18
C. Tujuan Masalah.....	18
D. Manfaat Penelitian	19
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	20
A. Lapisan Komposit Ni-AlN/Si ₃ N ₄	20
B. Substrat Baja HSS	24
C. Ultrasonic Bath	26
D. Elektrodeposisi.....	27
E. Rapat Arus Pulsa	31
F. <i>X-Ray Diffraction</i>	32
G. <i>Scanning Electron Microscopy (SEM) & Energy Dispersive Spectroscopy (EDS)</i>	34
H. Uji Kekerasan Vickers	35
I. Pengembangann Riset Sebelumnya	37
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	39
A. Tempat dan Waktu Penelitian	39
B. Metode Penelitian.....	40
1. Alat dan Bahan.....	40
2. Prosedur Penelitian.....	41

3. Teknik Pengumpulan dan Analisis Data	46
C. Teknik Pengumpulan dan Analisis Data.....	47
1. Teknik Pengumpulan Data	47
2. Teknik Analisis Data.....	47
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	48
A. Analisis Morfologi dengan Scanning Electron Microscopy - Energy Dispersive Spectroscopy (SEM-EDS) pada Lapisan Komposit Ni-AlN/Si ₃ N ₄	48
B. Analisis Struktur Kristal dengan X-Ray Diffraction (XRD) Lapisan Komposit (Ni-AlN/Si ₃ N ₄)	60
1. Fasa dan Struktur Kristal	60
2. Ukuran Kristal.....	66
C. Analisis Uji Kekerasan Vickers pada Lapisan Komposit Ni-AlN/Si ₃ N ₄	74
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	82
A. Kesimpulan.....	82
B. Saran.....	83
DAFTAR PUSTAKA.....	84
LAMPIRAN	95