

**PENGARUH RAPAT ARUS PULSA TERHADAP
STRUKTUR DAN SIFAT MEKANIK LAPISAN
KOMPOSIT Ni/Si₃N₄ PADA BAJA *HIGH-SPEED STEEL*
MELALUI PROSES ELEKTRODEPOSISI ULTRASONIK**

Skripsi

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



**Ezalicha Fatya Jasmine
1306622002**

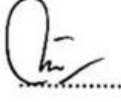
**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2026**

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH RAPAT ARUS PULSA TERHADAP STRUKTUR DAN SIFAT MEKANIK LAPISAN KOMPOSIT $\text{Ni/Si}_3\text{N}_4$ PADA BAJA *HIGH-SPEED* *STEEL* MELALUI PROSES ELEKTRODEPOSISI ULTRASONIK

Nama : Ezalicha Fatya Jasmine

No. Registrasi : 1306622002

Jabatan	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Penanggung Jawab:			
Dekan	: Dr. Hadi Nasbey, S.Pd., M.Si. NIP. 197909162005011004		03/08/26
Wakil Penanggung Jawab			
Wakil Dekan I	: Dr. Meiliasari, S.Pd., M.Sc. NIP. 197905042009122002		03/08/26
Ketua Sidang	: Prof. Dr. Agus Setyo Budi, M.Sc. NIP. 19304261988031002		28/07/26
Sekretaris	: Fachriza Fathan, S.Si., M.Si. NIP. 199203102014061002		28/07/26
Anggota:			
Pembimbing I	: Prof. Dr. Esmar Budi, S.Si., M.T. NIP. 197207281999031002		28/07/26
Pembimbing II	: Siti Julia, M.Si. NIP. 199205282025062007		28/07/26
Penguji	: Riser Fahdiran, S.Si., M.Si. NIP. 198307172009121008		28/07/26

Dinyatakan lulus pada tanggal 16 Juli 2026.

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul: "**PENGARUH RAPAT ARUS PULSA TERHADAP STRUKTUR DAN SIFAT MEKANIK LAPISAN KOMPOSIT Ni/SiN₄ PADA BAJA *HIGH-SPEED STEEL* MELALUI PROSES ELEKTRODEPOSISI ULTRASONIK**" disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta, merupakan hasil karya ilmiah saya sendiri yang disusun di bawah arahan dan bimbingan dosen pembimbing.

Segala sumber informasi, data, teori, pendapat, maupun hasil penelitian yang berasal dari karya orang lain dan telah dipublikasikan maupun belum dipublikasikan telah dicantumkan dalam naskah skripsi ini dan dituliskan dalam Daftar Pustaka sesuai dengan kaidah, norma, dan etika penulisan ilmiah yang berlaku.

Apabila di kemudian hari ditemukan bahwa sebagian atau seluruh isi skripsi ini bukan merupakan hasil karya saya sendiri atau terdapat unsur plagiarisme, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik Universitas Negeri Jakarta serta peraturan perundang-undangan yang berlaku, termasuk pencabutan gelar akademik yang telah saya peroleh. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 16 Juli 2026



Ezalicha Fatya Jasmine

LEMBAR 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 : Esaicha Fajra Jasmine
NIM : 1306622002
Fakultas/Prodi : FMIPA / FISIKA
Alamat email : esaicha.fajra@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 Paparan Arus Pulsa Terhadap Struktur dan Sifat Mekanik
Lapisan Komposit Ni/Si₃N₄ Pada Baja High Speed Steel Melalui
Proses Elektrodosis Ultrasonik.

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 05 Agustus 2026

Penulis

(Esaicha Fajra J)
nama dan tanda tangan

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah Swt. atas segala rahmat, karunia, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Rapat Arus Pulsa terhadap Struktur dan Sifat Mekanik Lapisan Komposit Ni/Si₃N₄ pada Baja *High-Speed Steel* melalui Proses Elektrodeposisi Ultrasonik” dengan baik.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta. Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis memperoleh banyak bantuan, dukungan, bimbingan, serta motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Esmar Budi, M.T. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, arahan, wawasan, serta motivasi kepada penulis selama pelaksanaan penelitian hingga penyusunan skripsi.
2. Siti Julia, M.Si. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan arahan, masukan, serta dukungan kepada penulis selama proses penelitian dan penulisan skripsi.
3. Dr. Teguh Budi Prayitno, M.Si. selaku Koordinator Program Studi Fisika, Dr. Widyaningrum, M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik, serta seluruh dosen dan staf Laboratorium Material Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta yang telah memberikan ilmu, pengalaman, serta bantuan selama masa studi dan penelitian.
4. Bapak, Ibu, Mas, Kakak, dan Adik tercinta yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, dukungan moral maupun material, serta menjadi sumber kekuatan dan motivasi bagi penulis dalam menyelesaikan studi dan skripsi ini.
5. Teman-teman seperjuangan, yaitu Ndari, Viero, Arini, Auliya, dan Aprilia yang telah menjadi rekan bertukar pikiran, berbagi pengalaman,

memberikan dukungan, serta menemani perjalanan akademik penulis selama masa perkuliahan.

6. Nadya, Madha, Rizky, Athallah, Caca, serta kekasih tercinta yang senantiasa hadir memberikan dukungan, perhatian, semangat, doa, dan motivasi kepada penulis sehingga mampu melalui berbagai tantangan selama penyusunan skripsi ini.
7. Seluruh teman-teman Angkatan 2022 Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta atas kebersamaan, dukungan, serta berbagai pengalaman berharga selama masa perkuliahan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki berbagai keterbatasan dan kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat terbuka terhadap kritik dan saran yang membangun demi perbaikan karya ini di masa mendatang.

Akhir kata, penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat serta kontribusi bagi perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang fisika material dan teknologi pelapisan material.

Jakarta, Juli 2026

Ezalicha Fatya Jasmine

ABSTRAK

EZALICHA FATYA JASMINE. Pengaruh Rapat Arus Pulsa terhadap Struktur dan Sifat Mekanik Lapisan Komposit Ni/Si₃N₄ pada Baja *High-Speed Steel* melalui Proses Elektrodeposisi Ultrasonik. 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 menganalisis pengaruh variasi rapat arus pulsa terhadap karakteristik lapisan komposit Ni/Si₃N₄ pada substrat *High-Speed Steel* (HSS) yang disintesis menggunakan metode *Ultrasonic-Assisted Pulse Electrodeposition* (UAED). Variasi rapat arus pulsa yang digunakan yaitu 0,024; 0,040; dan 0,056 mA/mm². Karakterisasi lapisan komposit dilakukan menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscopy–Energy Dispersive Spectroscopy* (SEM–EDS), dan uji kekerasan Vickers untuk mengevaluasi pengaruh variasi rapat arus terhadap struktur kristal, morfologi permukaan, komposisi unsur, dan sifat mekanik lapisan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh lapisan komposit tersusun atas fase β-Si₃N₄, Ni, dan CrFe tanpa terbentuk fase kristal baru. Variasi rapat arus pulsa tidak mengubah fase kristal yang terbentuk, tetapi memengaruhi ukuran kristalit fase Ni dan β-Si₃N₄, *internal stress*, morfologi permukaan, distribusi unsur, serta nilai kekerasan Vickers. Peningkatan rapat arus hingga 0,040 mA/mm² menghasilkan ukuran kristalit Ni terkecil, sedangkan peningkatan rapat arus hingga 0,056 mA/mm² menyebabkan distribusi morfologi lapisan menjadi kurang homogen dan diikuti penurunan nilai kekerasan Vickers. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi deposisi paling optimum diperoleh pada rapat arus pulsa 0,024 mA/mm², yang menghasilkan lapisan paling homogen dengan nilai kekerasan Vickers tertinggi sebesar 859,63 HV (8,43 GPa).

Kata Kunci: komposit Ni/Si₃N₄; elektrodeposisi; arus pulsa; ultrasonik; mikrostruktur; kekerasan Vickers.

ABSTRACT

EZALICHA FATYA JASMINE. The Effect of Pulse Current Density on the Structure and Mechanical Properties of Ni/Si₃N₄ Composite Coatings on High-Speed Steel by Ultrasonic-Assisted Electrodeposition. Undergraduate Thesis, Physics Study Program, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Negeri Jakarta, July 2026. Under the supervision of ESMAR BUDI and SITI JULIA.

This study aims to analyze the effect of pulse current density on the characteristics of Ni/Si₃N₄ composite coatings deposited on High-Speed Steel (HSS) substrates using the Ultrasonic-Assisted Pulse Electrodeposition (UAED) method. The pulse current densities employed were 0.024, 0.040, and 0.056 mA/mm². The composite coatings were characterized using X-Ray Diffraction (XRD), Scanning Electron Microscopy–Energy Dispersive Spectroscopy (SEM–EDS), and Vickers hardness testing to evaluate the influence of pulse current density on the crystal structure, surface morphology, elemental composition, and mechanical properties of the coatings. The results showed that all composite coatings consisted of β -Si₃N₄, Ni, and CrFe phases without the formation of any new crystalline phases. Although variations in pulse current density did not alter the crystalline phases, they affected the crystallite size of the Ni and β -Si₃N₄ phases, internal stress, surface morphology, elemental distribution, and Vickers hardness. Increasing the pulse current density to 0.040 mA/mm² produced the smallest Ni crystallite size, whereas increasing it to 0.056 mA/mm² resulted in a less homogeneous morphological distribution accompanied by a decrease in Vickers hardness. The optimum deposition condition was obtained at a pulse current density of 0.024 mA/mm², producing the most homogeneous coating with the highest Vickers hardness of 859.63 HV (8.43 GPa).

Keywords: Ni/Si₃N₄ composite; electrodeposition; pulse current; ultrasonic; microstructure; Vickers hardness.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	iii
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Perumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
A. Lapisan Komposit Ni/Si ₃ N ₄	5
B. High Speed Steel.....	7
C. Elektrodeposisi	11
1. Kerapatan Arus	13
2. Agitasi dan Kecepatan Agitasi.....	13
3. pH.....	14
4. Konsentrasi Partikel	14
5. Suhu.....	14
6. Kavitasi.....	14
D. Rapat Arus Pulsa.....	16
E. Karakterisasi	17
1. <i>Scanning Electron Microscopy with Energy Dispersive X-ray Spectroscopy</i>	17
2. X-Ray Diffraction (XRD)	19
3. Uji Kekerasan Vickers.....	21
F. Pengembangan Riset Sebelumnya.....	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	24
A. Tempat dan Waktu Penelitian.....	24
B. Metode Penelitian	25
1. Alat dan Bahan.....	25
2. Prosedur Penelitian.....	27

3. Teknik Pengumpulan dan Analisis Data	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	35
A. Analisis <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	35
1. Analisis Difraktogram Lapisan Komposit.....	35
2. Identifikasi Fasa Lapisan Komposit	40
3. Analisis Struktur Kristal Lapisan Komposit	42
B. Analisis Morfologi Permukaan dan Komposisi Unsur Lapisan Komposit	52
1. Morfologi Permukaan Lapisan Komposit	52
2. Analisis Porositas Lapisan Komposit.....	56
3. Analisis Komposisi Unsur Hasil EDS.....	60
C. Analisis Sifat Mekanik Lapisan Komposit.....	65
1. Hasil Pengujian Vickers	65
2. Pengaruh Rapat Arus Pulsa terhadap Kekerasan Lapisan	68
D. Pembahasan dan Korelasi Temuan	72
1. Hubungan Struktur Kristal terhadap Kekerasan	72
2. Hubungan Morfologi dan Komposisi terhadap Kekerasan	74
3. Pengaruh Rapat Arus Pulsa terhadap Karakteristik Lapisan Komposit Ni/Si ₃ N ₄	75
4. Mekanisme Penguatan Lapisan Komposit Ni/Si ₃ N ₄ pada Substrat HSS	76
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	78
A. Kesimpulan.....	78
B. Saran.....	79
DAFTAR PUSTAKA	80
LAMPIRAN	91