

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI LAPISAN
KOMPOSIT Ni-AlN-Al₂O₃ MENGGUNAKAN
METODE ELEKTRODEPOSISI DENGAN VARIASI
RAPAT ARUS PULSA**

Skripsi

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



**Fatimah Haura
1306621020**

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2025**

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI LAPISAN
KOMPOSIT Ni-AlN-Al₂O₃ MENGGUNAKAN
METODE ELEKTRODEPOSISI DENGAN VARIASI
RAPAT ARUS PULSA**

HALAMAN SAMPUL

Skripsi

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



**Fatimah Haura
1306621020**

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2025**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

SINTESIS DAN KARAKTERISASI LAPISAN KOMPOSIT Ni-AIN- Al_2O_3 MENGUNAKAN METODE ELEKTRODEPOSISI DENGAN VARIASI RAPAT ARUS PULSA

Nama : Fatimah Haura

NIM : 1306621020

Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Penanggung Jawab		
Dekan : Dr. Hadi Nasbey, S.Pd., M.Pd.		12/08/2025
NIP. 197909162005011004		
Wakil Penanggung Jawab		
Wakil Dekan I : Dr. Meiliasari, S.Pd. M.Sc.		12/08/2025
NIP. 197905042009122002		
Ketua : Prof. Dr. Erfan Handoko, M.Si.		09/08/2025
NIP. 197302012003121002		
Sekretaris : Siti Julia, M.Si.		31/07/2025
NIP. 199205282025062007		
Anggota		
Pembimbing I : Prof. Dr. Esmar Budi, M.T.		31/07/2025
NIP. 197207281999031002		
Pembimbing II : Dr. Teguh Budi Prayitno, M.Si.		31/07/2025
NIP. 198205262008121001		
Penguji : Dr. Anggara Budi Susila, M.Si.		01/08/2025
NIP. 196010011992031001		

Dinyatakan lulus ujian skripsi tanggal 24 Juli 2025

LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul “Sintesis dan Karakterisasi Lapisan Komposit Ni-AlN-Al₂O₃ Menggunakan Metode Elektrodposisi Dengan Variasi Rapat Arus Pulsa” yang disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dari Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta adalah karya ilmiah saya dengan arahan dari dosen pembimbing.

Sumber informasi yang diperoleh dari penulis lain yang telah dipublikasikan yang disebutkan dalam teks skripsi ini, telah dicantumkan dalam Daftar Pustaka sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah.

Jika dikemudian hari ditemukan sebagian besar skripsi ini bukan hasil karya saya sendiri, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Jakarta, 20 Juli 2025



Fatimah Haura



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

Kampus Universitas Negeri Jakarta, 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 dibawah ini, saya:

Nama : Fatimah Haura
NIM : 1306621020
Fakultas/Prodi : Fisika / Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Alamat Email : haurahbs@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 ☐ Disertas ☐ Lain-lain (.....)

Yang berjudul :

Sintesis dan Karakterisasi Lapisan Komposit Ni-AlN-Al₂O₃ Menggunakan Metode Elektrodeposisi dengan Variasi Rapat Arus Pulsa

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, !! Agustus 2025
Penulis

Fatimah Haura

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT. atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Sintesis Dan Karakterisasi lapisan Komposit Ni-AlN-Al₂O₃ Menggunakan Metode Elektrodeposisi Dengan Variasi Rapat Arus”. Skripsi ini disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dari Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta. Dalam proses pelaksanaan dan penyusunan skripsi tidak terlepas dari berbagai pihak yang memberikan kontribusi serta dukungan. Untuk itu penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Esmar Budi, M.T. selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan wawasan, nasihat, dan arahan dalam kegiatan penelitian.
2. Dr. Teguh Budi Prayitno, M.Si. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan arahan dan masukan dalam penelitian.
3. Dr. Teguh Budi Prayitno, M.Si. selaku Koordinator Program Studi Fisika FMIPA UNJ.
4. Dr. Mutia Delina, M.Si. selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan nasihat dan arahan selama masa studi.
5. Seluruh Dosen dan Tenaga Kependidikan Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta atas ilmu yang bermanfaat.
6. Seluruh Staf Laboratorium Material Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta yang telah mendampingi kegiatan penelitian.
7. Orang tua (Abah dan Umi) serta adik-adik (Ali, Haidar, dan Sajjad) yang selalu mendoakan, mendukung, dan memotivasi penulis dalam keadaan apapun.
8. Suami (Muhammad Robbani Assegaf), seseorang yang selalu menemani penulis dalam keadaan suka maupun duka, yang selalu mendengarkan keluhan kesah, selalu memberikan dukungan dan motivasi sehingga skripsi ini terselesaikan dengan baik

9. Salsabila Putri Hayati, Najmi Syahro Fadhlán, Fiona Fatiha dan teman kuliah lainnya yang membantu dan memotivasi selama kuliah dalam menyelesaikan studi dan penelitian.
10. Teman-teman angkatan 2021 Program Studi Fisika FMIPA UNJ atas dukungan dan motivasi yang diberikan.
11. Orang-orang yang penulis temui yang senantiasa memberikan support dan semangat kepada penulis untuk menyelesaikan studi.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat terbuka atas kritik dan saran yang membangun dari pembaca untuk perbaikan dimasa yang akan datang. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Jakarta, 20 Juli 2025



Fatimah Haura

ABSTRAK

FATIMAH HAURA. Sintesis dan Karakterisasi Lapisan Komposit Ni-AlN-Al₂O₃ Menggunakan Metode Elektrodposisi Dengan Variasi Rapat Arus Pulsa. Skripsi, Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta. Juli 2025.

Industri pelapisan logam telah berkembang pesat seiring dengan kemajuan dalam ilmu pengetahuan dan teknologi. Pada pelapisan, material yang digunakan harus tidak hanya kuat, tetapi juga memiliki ketahanan terhadap korosi dan aus. Oleh karena itu, telah dilakukan pembentukan, karakterisasi serta analisis pengaruh variasi rapat arus pulsa terhadap lapisan komposit Ni-AlN-Al₂O₃, variasi yang digunakan yaitu 0,3 mA/mm², 0,4 mA/mm², dan 0,5 mA/mm². Proses elektrodposisi dengan menggunakan temperatur sebesar 40 °C dan waktu pelapisan selama 30 menit. Sampel dianalisis morfologi dan komposisinya menggunakan SEM-EDS. Selanjutnya dianalisis dengan X-Ray Diffraction (XRD) untuk mengetahui struktur kristal dan ukuran kristal, serta dianalisis tingkat kekerasannya menggunakan metode kekerasan Vickers. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa morfologi permukaan paling halus diperoleh pada rapat arus 0,4 mA/mm². Selain itu, peningkatan rapat arus menyebabkan penurunan ukuran kristal dan peningkatan kekerasan. Tingkat kekerasan optimum sebesar 1048,914 kgf/mm² didapatkan pada lapisan komposit Ni-AlN-Al₂O₃ dengan rapat arus pulsa 0,4 mA/mm². Dengan ini dapat dianalisa bahwa kekerasan meningkat seiring dengan peningkatan rapat arus pulsa, dan kekerasan kembali menurun saat mencapai rapat arus 0,5 mA/mm².

Kata Kunci: Lapisan Komposit, Ni-AlN-Al₂O₃, Elektrodposisi, Rapat Arus Pulsa.

ABSTRACT

FATIMAH HAURA. Synthesis and Characterization of Ni-AlN-Al₂O₃ Composite Coatings Using Electrodeposition Method with Pulse Current Density Variations. Undergraduate Thesis, Physics Study Program, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Negeri Jakarta. July 2025.

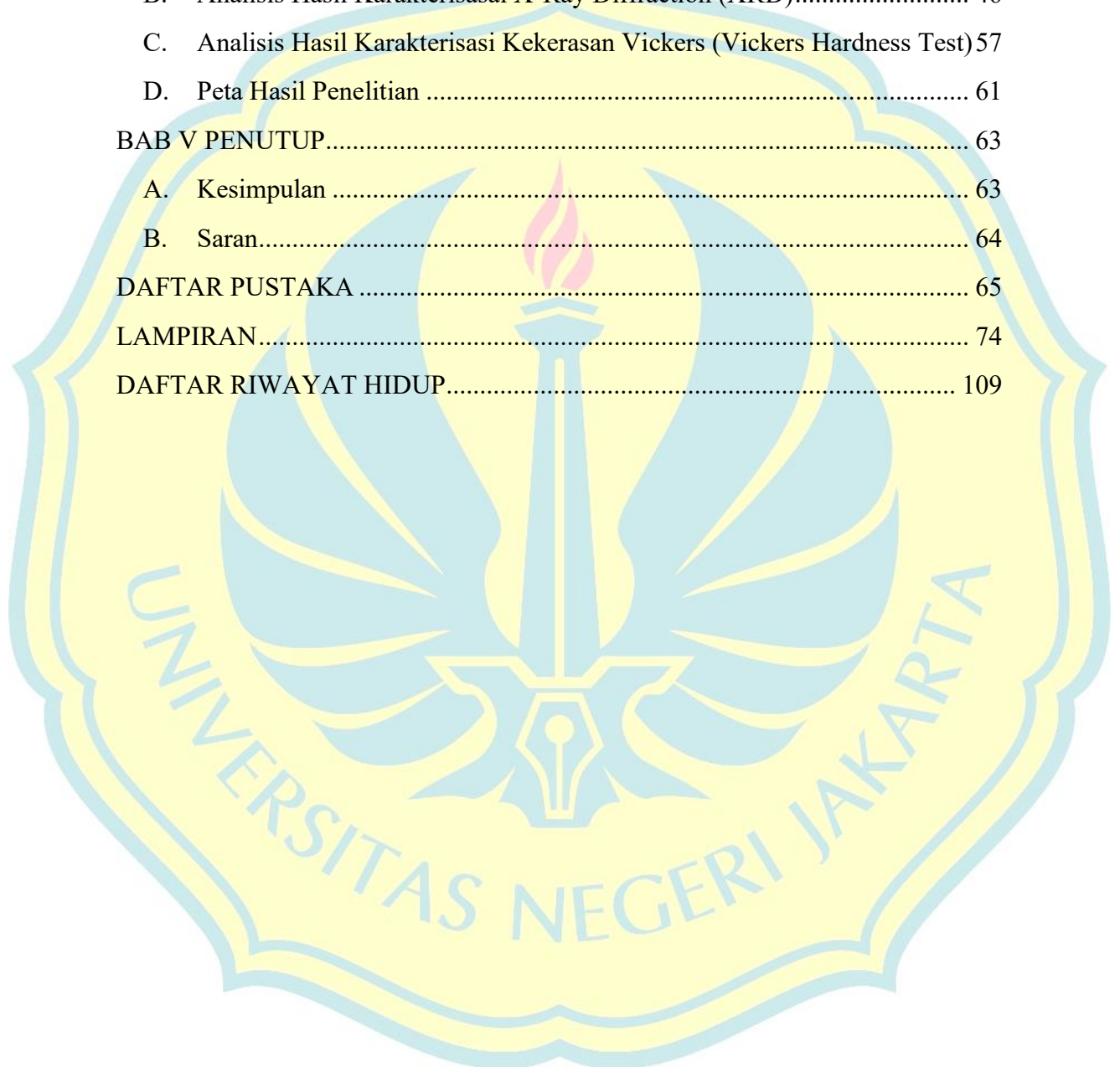
The metal coating industry has grown rapidly alongside advances in science and technology. In coating processes, materials must not only possess good mechanical strength but also resistance to corrosion and wear. Therefore, the formation, characterization, and analysis of the effect of pulse current density variations on Ni-AlN-Al₂O₃ composite coatings were conducted using current densities of 0,3 mA/mm², 0,4 mA/mm², and 0,5 mA/mm². The electrodeposition process was carried out at 40 °C for 30 minutes. The morphology and composition of the samples were analyzed using Scanning Electron Microscopy with Energy Dispersive Spectroscopy (SEM-EDS). X-ray Diffraction (XRD) was used to determine crystal structure and grain size, while Vickers hardness testing was applied to measure hardness levels. The results showed that the smoothest surface morphology was obtained at a current density of 0,4 mA/mm². Additionally, increasing the current density led to smaller crystal sizes and higher hardness values. The optimum hardness of 1048.914 kgf/mm² was achieved at 0,4 mA/mm². These results indicate that hardness increases with increasing pulse current density but decreases again at 0,5 mA/mm².

Keywords: Composite Coating, Ni-AlN-Al₂O₃, Electrodeposition, Pulse Current Density.

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR SINGKATAN	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian	4
D. Manfaat Penelitian	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA	6
A. Lapisan Komposit Ni-AlN-Al ₂ O ₃	6
B. Substrat Tungsten Karbida (WC)	11
C. Elektrodeposisi	13
D. Rapat Arus Pulsa	18
E. Karakterisasi	19
F. Penelitian relevan	27
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	29
A. Tempat dan Waktu Penelitian	29
B. Metode Penelitian	30
1. Alat dan Bahan Penelitian	30
2. Prosedur Penelitian	31

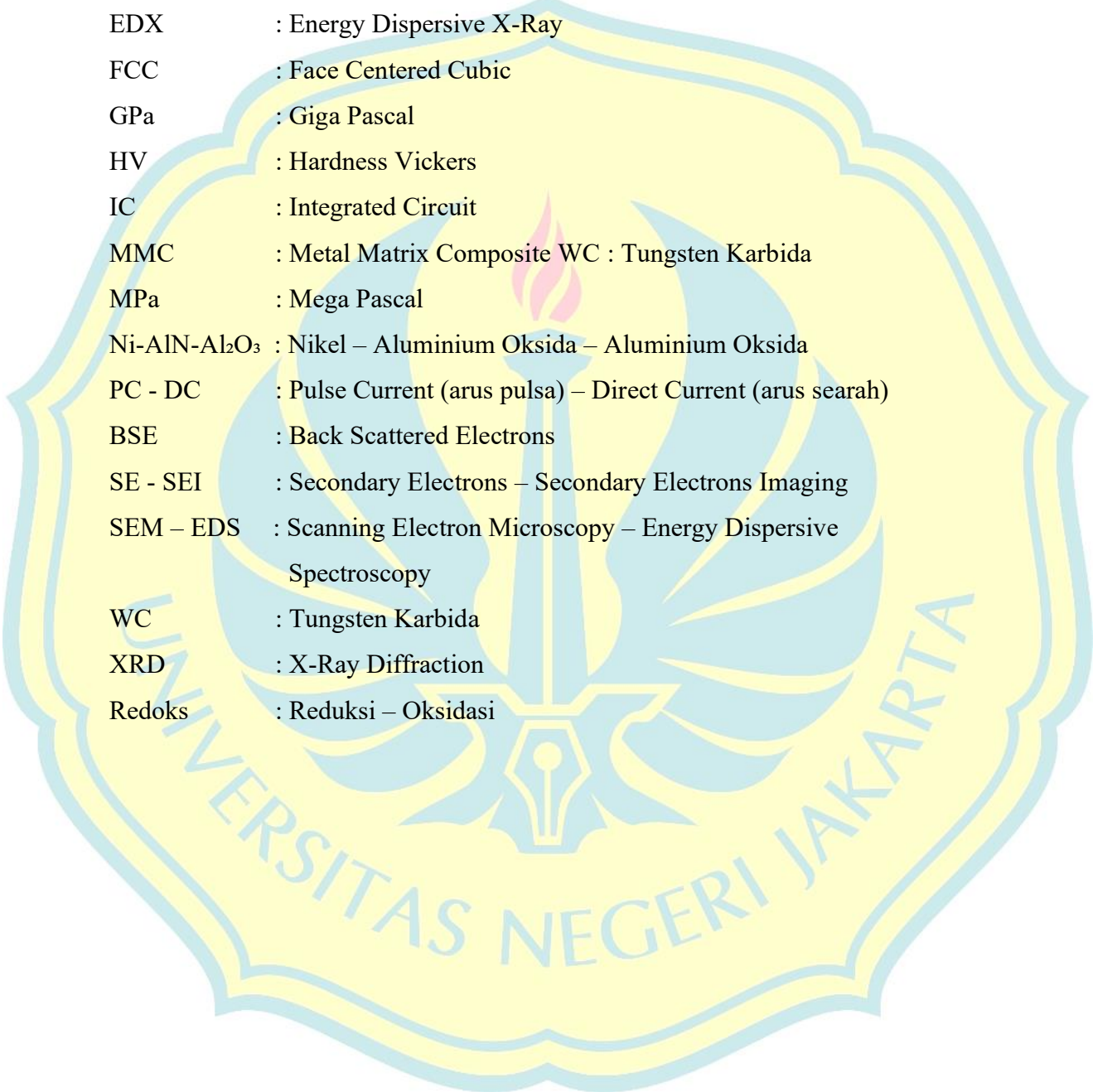
C. Teknik Pengumpulan dan Analisis Data	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	38
A. Analisis Hasil Karakterisasi Scanning Electron Microscopy (SEM) – Energy Dispersive Spectroscopy (EDS)	38
B. Analisis Hasil Karakterisasi X-Ray Diffraction (XRD).....	46
C. Analisis Hasil Karakterisasi Kekerasan Vickers (Vickers Hardness Test).....	57
D. Peta Hasil Penelitian	61
BAB V PENUTUP.....	63
A. Kesimpulan	63
B. Saran.....	64
DAFTAR PUSTAKA	65
LAMPIRAN.....	74
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	109



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur Kristal FCC (Nikel).....	8
Gambar 2. 2 Keterkaitan antara Jari-jari R dengan Kisi Kristal a	8
Gambar 2. 3 Struktur Kristal Aluminium Nitrida	10
Gambar 2. 4 Struktur Kristal Heksagonal Aluminium Oksida	11
Gambar 2. 5 Struktur Kristal Tungsten Karbida	12
Gambar 2. 6 Pembentukan Lapisan Komposit Elektrodeposisi.....	13
Gambar 2. 7 Sel Elektrokimia.....	14
Gambar 2. 8 Bentuk Gelombang Elektrodeposisi Arus Pulsa	19
Gambar 2. 9 Skema Interaksi Sinyal Elektron	20
Gambar 2. 10 Proses Pembentukan BSE dan SE.....	21
Gambar 2. 11 Ilustrasi Pola X-ray diffraction.....	23
Gambar 2. 12 Hubungan intensitas terhadap sudut 2θ	24
Gambar 2. 13 Skema Prinsip Uji Kekerasan Vickers	26
Gambar 3. 1 Rangkaian Pulse Generator dengan IC 555.....	30
Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian	32
Gambar 3. 3 Skema Proses Elektrodeposisi Arus Pulsa	34
Gambar 4. 1 Morfologi Permukaan Lapisan Komposit.....	39
Gambar 4. 2 Histogram Distribusi Partikel Lapisan Komposit	42
Gambar 4. 3 Komposisi EDS rapat arus pulsa $0,3 \text{ mA/mm}^2$	43
Gambar 4. 4 Komposisi EDS rapat arus pulsa $0,4 \text{ mA/mm}^2$	44
Gambar 4. 5 Komposisi EDS rapat arus pulsa $0,5 \text{ mA/mm}^2$	44
Gambar 4. 6 Grafik Rapat Arus Pulsa terhadap Komposisi Atom Unsur.....	45
Gambar 4. 7 Difraktogram pada Rapat Arus Pulsa $0,3 \text{ mA/mm}^2$	47
Gambar 4. 8 Difraktogram pada Rapat Arus Pulsa $0,4 \text{ mA/mm}^2$	48
Gambar 4. 9 Difraktogram pada Rapat Arus Pulsa $0,5 \text{ mA/mm}^2$	48
Gambar 4. 10 Difraktogram dengan Rapat Arus Pulsa.....	49
Gambar 4. 11 Ukuran Rata-Rata Kristal terhadap Variasi Rapat Arus Pulsa.....	54
Gambar 4. 12 Grafik Hubungan Rapat Arus Pulsa Terhadap Kekerasan Vickers.....	58

DAFTAR SINGKATAN



BCC	: Basic Centered Cubic
BRIN	: Badan Riset dan Inovasi Nasional
EDX	: Energy Dispersive X-Ray
FCC	: Face Centered Cubic
GPa	: Giga Pascal
HV	: Hardness Vickers
IC	: Integrated Circuit
MMC	: Metal Matrix Composite WC : Tungsten Karbida
MPa	: Mega Pascal
Ni-AlN-Al ₂ O ₃	: Nikel – Aluminium Oksida – Aluminium Oksida
PC - DC	: Pulse Current (arus pulsa) – Direct Current (arus searah)
BSE	: Back Scattered Electrons
SE - SEI	: Secondary Electrons – Secondary Electrons Imaging
SEM – EDS	: Scanning Electron Microscopy – Energy Dispersive Spectroscopy
WC	: Tungsten Karbida
XRD	: X-Ray Diffraction
Redoks	: Reduksi – Oksidasi

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Karakteristik Nikel	8
Tabel 2. 2 Karakteristik Aluminium Nitrida	10
Tabel 2. 3 Karakteristik of Al_2O_3	11
Tabel 3. 1 Rencana Penelitian	29
Tabel 3. 2 Komposisi bahan larutan elektrolit	33
Tabel 4. 1 Komposisi EDS pada rapat arus pulsa $0,3 \text{ mA/mm}^2$	43
Tabel 4. 2 Komposisi EDS pada rapat arus pulsa $0,4 \text{ mA/mm}^2$	44
Tabel 4. 3 Komposisi EDS pada rapat arus pulsa $0,5 \text{ mA/mm}^2$	45
Tabel 4. 4 Tabel Komposisi EDS Lapisan Ni-AlN- Al_2O_3	45
Tabel 4. 5 Data Parameter Kisi dan Struktur Kristal	50
Tabel 4. 6 Data FWHM dan Ukuran Kristal Rapat Arus Pulsa $0,3 \text{ mA/mm}^2$	53
Tabel 4. 7 Data FWHM dan Ukuran Kristal Rapat Arus Pulsa $0,4 \text{ mA/mm}^2$	53
Tabel 4. 8 Data FWHM dan Ukuran Kristal Rapat Arus Pulsa $0,5 \text{ mA/mm}^2$	54
Tabel 4. 9 Hasil Perhitungan Derajat Kristalinitas	56
Tabel 4. 10 Hasil Pengujian Kekerasan Vickers Rapat Arus $0,3 \text{ mA/mm}^2$	57
Tabel 4. 11 Hasil Pengujian Kekerasan Vickers Rapat Arus $0,4 \text{ mA/mm}^2$	58
Tabel 4. 12 Hasil Pengujian Kekerasan Vickers Rapat Arus $0,5 \text{ mA/mm}^2$	58
Tabel 4. 13 Hasil Perhitungan Ketebalan dengan Variasi Rapat Arus Pulsa	60
Tabel 4. 14 Tabel Peta Hasil Penelitian	61

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Komposisi Bahan Larutan Elektrolit	74
Lampiran 2. Perhitungan Rapat Arus.....	75
Lampiran 3. Alat dan Bahan	76
Lampiran 4. Kegiatan Penelitian.....	78
Lampiran 5. Gambar Hasil Pengolahan Image J.....	79
Lampiran 6. Data SEM-EDS Rapat Arus 0,3 mA/mm ²	80
Lampiran 7. Data SEM-EDS Rapat Arus 0,4 mA/mm ²	81
Lampiran 8. Data SEM-EDS Rapat Arus 0,5 mA/mm ²	82
Lampiran 9. Database Referensi XRD Ni 98-026-0172	83
Lampiran 10. Database Referensi XRD Ni ICSD 98-004-3397	85
Lampiran 11. Database Referensi XRD Ni ICSD 98-016-2279	87
Lampiran 12. Database Referensi XRD AlN ICSD 98-060-8628	89
Lampiran 13. Database Referensi XRD AlN ICSD 98-006-7780	91
Lampiran 14. Database Referensi XRD Al ₂ O ₃ ICSD 98-017-3713	93
Lampiran 15. Hasil Pengolahan XRD Rapat Arus 0.3 mA/mm ²	95
Lampiran 16. Hasil Pengolahan XRD Rapat Arus 0.4 mA/mm ²	98
Lampiran 17. Hasil Pengolahan XRD Rapat Arus 0.5 mA/mm ²	101
Lampiran 18. Perhitungan Ukuran Kristal Rapat Arus 0.3 mA/mm ²	104
Lampiran 19. Perhitungan Ukuran Kristal Rapat Arus 0.4 mA/mm ²	104
Lampiran 20. Perhitungan Ukuran Kristal Rapat Arus 0.5 mA/mm ²	105
Lampiran 21. Jejak Indentasi Vickers	106
Lampiran 22. Massa Sampel Terdeposi.....	108