

**ANALISIS VARIASI RAPAT ARUS PULSA
PADA PEMBENTUKAN DAN KARAKTERISASI
LAPISAN KOMPOSIT Ni-TiN-Al₂O₃/Si₃N₄
DENGAN METODE ELEKTRODEPOSISI**

Skripsi

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



**Fiona Fatiha
1306621027**

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

**ANALISIS VARIASI RAPAT ARUS PULSA
PADA PEMBENTUKAN DAN KARAKTERISASI
LAPISAN KOMPOSIT Ni-TiN-Al₂O₃/Si₃N₄
DENGAN METODE ELEKTRODEPOSISI**

Skripsi

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



**Fiona Fatiha
1306621027**

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

ABSTRAK

FIONA FATIHA. Analisis Variasi Rapat Arus Pulsa pada Pembentukan dan Karakterisasi Lapisan Komposit Ni-TiN- $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Si}_3\text{N}_4$ dengan Metode Elektrodeposisi. Skripsi, Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta. Juli 2025.

Dalam aplikasi industri, korosi menjadi faktor yang mempengaruhi kinerja dan masa pakai material. Salah satu solusi untuk mengatasi masalah korosi pada logam adalah dengan menerapkan metode pelapisan komposit. Pelapisan ini dilakukan dengan metode elektrodeposisi untuk menganalisis pengaruh variasi rapat arus pulsa pada pembentukan dan karakterisasi lapisan komposit Ni-TiN- $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Si}_3\text{N}_4$. Proses pelapisan dilakukan dengan rapat arus pulsa sebesar $0,3 \text{ mA/mm}^2$, $0,4 \text{ mA/mm}^2$ dan $0,5 \text{ mA/mm}^2$, dilakukan selama 30 menit dengan temperatur 40°C dan laju pengadukan 600rpm. Selanjutnya dilakukan karakterisasi *Scanning Electron Microscopy - Energy Dispersive Spectroscopy* (SEM-EDS) untuk menganalisis morfologi dan komposisi, lalu karakterisasi *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk menganalisis struktur kristal serta ukuran kristal. Terakhir karakterisasi *Vickers Hardness Test* untuk menganalisis nilai kekerasan lapisan komposit Ni-TiN- $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Si}_3\text{N}_4$. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi rapat arus pulsa, semakin halus morfologi permukaan lapisan komposit Ni-TiN- $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Si}_3\text{N}_4$ yang terbentuk. Selain itu, peningkatan rapat arus menyebabkan penurunan ukuran kristal dan peningkatan nilai kekerasan. Tingkat kekerasan optimum sebesar $1682,116 \text{ kgf/mm}^2$ didapatkan pada lapisan komposit Ni-TiN- $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Si}_3\text{N}_4$ dengan rapat arus pulsa $0,4 \text{ mA/mm}^2$. Dengan ini dapat dianalisa bahwa kekerasan meningkat seiring dengan peningkatan rapat arus pulsa, dan kekerasan kembali menurun saat mencapai rapat arus $0,55 \text{ mA/mm}^2$.

Kata-kata kunci: Lapisan komposit Ni-TiN- $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Si}_3\text{N}_4$, Rapat arus pulsa, Elektrodeposisi, SEM-EDS, XRD, Vickers.

ABSTRACT

FIONA FATIHA. Analisis Variasi Rapat Arus Pulsa pada Pembentukan dan Karakterisasi Lapisan Komposit Ni-TiN- $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Si}_3\text{N}_4$ dengan Metode Elektrodeposisi. Skripsi, Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta. Juli 2025.

In industrial applications, corrosion is a factor that affects the performance and service life of materials. One solution to address corrosion issues in metals is the application of composite coatings. This coating is carried out using the electrodeposition method to analyze the effect of pulse current density variations on the formation and characterization of Ni-TiN- $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Si}_3\text{N}_4$ composite coatings. The coating process was conducted using pulse current densities of 0.3 mA/mm^2 , 0.4 mA/mm^2 , and 0.5 mA/mm^2 for 30 minutes at a temperature of 40°C and a stirring rate of 600 rpm. Subsequently, Scanning Electron Microscopy - Energy Dispersive Spectroscopy (SEM-EDS) characterization was performed to analyze the morphology and composition, followed by X-Ray Diffraction (XRD) to analyze the crystal structure and crystal size. Finally, the Vickers Hardness Test was conducted to evaluate the hardness of the Ni-TiN- $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Si}_3\text{N}_4$ composite coating. The results show that the higher the pulse current density, the smoother the surface morphology of the Ni-TiN- $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Si}_3\text{N}_4$ composite coating. In addition, increasing the current density leads to a decrease in crystal size and an increase in hardness. The optimum hardness value of $1682.116 \text{ kgf/mm}^2$ was achieved at a pulse current density of 0.4 mA/mm^2 . It can be concluded that the hardness increases with increasing pulse current density, but decreases again when the current density reaches 0.55 mA/mm^2 .

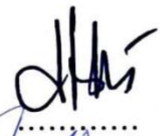
Keywords: Ni-TiN- $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Si}_3\text{N}_4$ composite layer, Pulse current density, Electrodeposition, SEM-EDS, XRD, Vickers.

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Analisis Variasi Rapat Arus Pulsa Pada Pembentukan dan Karakterisasi Lapisan Komposit Ni-TiN-Al₂O₃/Si₃N₄ dengan Metode Elektrodeposisi

Nama : Fiona Fatiha

NIM : 1306621027

Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Penanggung Jawab		
Dekan : Dr. Hadi Nasbey, S.Pd., M.Si.		12/10/2025
NIP. 197909162005011004		
Wakil Penanggung Jawab		
Wakil Dekan I : Dr. Meiliasari, S.Pd., M.Sc.		12/10/2025
NIP. 197905042009122002		
Ketua : Prof. Dr. Erfan Handoko, M.Si.		04/10/2025
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 **“Analisis Variasi Rapat Arus Pulsa Pada Pembentukan dan Karakterisasi Lapisan Komposit Ni-TiN-Al₂O₃/Si₃N₄ dengan Metode Elektrodeposisi”** 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 dosen pembimbing.

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

Jika kemudian hari ditemukan Sebagian besar skripsi ini bukan hasil karya saya sendiri dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya sanding dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Jakarta, 24 Juli 2025



Fiona Fatiha



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 : Fiona Fatiha
NIM : 1306621027
Fakultas/Prodi : Fisika / Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Alamat Email : piyonapatiha@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 :

Analisis Variasi Rapat Arus Pulsa pada Pembentukan dan Karakterisasi Lapisan Komposit
Ni-TiN-Al₂O₃/Si₃N₄ dengan Metode Elektrodeposisi

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, 13 Agustus 2025

Penulis

Fiona Fatiha

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Analisis Variasi Rapat Arus Pulsa pada Pembentukan dan Karakterisasi Lapisan Komposit Ni-TiN-Al₂O₃/Si₃N₄ dengan Metode Elektrodeposisi”. Penulisan skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta. Dalam proses penelitian hingga penyusunan laporan akhir ini, penulis memperoleh banyak bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis dengan tulus menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah berkontribusi.

1. Kepada Prof. Dr. Esmar Budi, M.T. selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan arahan, wawasan, serta masukan berharga selama proses penelitian berlangsung.
2. Kepada Dr. Teguh Budi Prayitno, M.Si. selaku dosen pembimbing II, dosen pembimbing akademik dan Koordinator Program Studi Fisika FMIPA Universitas Negeri Jakarta atas bimbingan, arahan dan masukan dalam penelitian ini.
3. Kepada seluruh dosen dan tenaga kependidikan di Program Studi Fisika FMIPA Universitas Negeri Jakarta atas ilmu dan dukungan yang diberikan selama masa studi.
4. Kepada seluruh staf Laboratorium Material Fisika yang telah memberikan pendampingan dan bantuan teknis selama kegiatan penelitian berlangsung.
5. Kepada ibu tercinta, Ibu Eli Nurmilah, nenek penulis Ibu Euis Karningsih, serta kedua adik penulis, Finara Natasha dan Firara Refina, atas doa, dukungan, dan semangat yang tiada henti dalam setiap langkah perjalanan ini.
6. Kepada Rizky Fajar Abdillah seseorang yang selalu menemani penulis dalam keadaan suka maupun duka, yang selalu mendengarkan keluh kesah, selalu

memberikan dukungan dan motivasi selama proses penyusunan skripsi hingga selesai.

7. Kepada Salsabila Putri Hayati, Najmi Syahro Fadhlán, Fatimah Haura yang selalu mendampingi dan memberikan semangat selama proses penyusunan skripsi.
8. Kepada kakak tingkat, Kak Arsyán atas segala arahan dan referensi yang sangat membantu dalam proses penelitian ini.
9. Kepada semua individu yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah penulis temui dan senantiasa memberikan semangat serta dorongan positif dalam menyelesaikan studi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan dan keterbatasan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan di masa yang akan datang. Semoga karya ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca serta menjadi referensi yang berguna dalam bidang terkait.

Jakarta, 24 Juli 2025



Fiona Fatiha

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iv
LEMBAR PERNYATAAN	v
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR SINGKATAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan	4
D. Manfaat Penelitian	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA	6
A. Lapisan Komposit Ni-TiN-Al ₂ O ₃ /Si ₃ N ₄	6
B. Substrat Tungsten Karbida	12
C. Elektrodeposisi	13
D. Rapat Arus Pulsa	15
E. Karakterisasi	18
F. Penelitian Relevan	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	26
A. Tempat dan Waktu Penelitian	26
B. Metode Penelitian	27
C. Teknik Pengumpulan dan Analisa Data	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	34
A. Analisis Hasil Karakterisasi SEM –EDS	34
B. Analisis Hasil Karakterisasi <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	42
C. Analisis Hasil Karakterisasi Kekerasan <i>Vickers</i>	51

D. Peta Hasil Penelitian	55
BAB V PENUTUP.....	56
A. Kesimpulan	56
B. Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA	58
LAMPIRAN.....	68
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	106



DAFTAR TABEL

No	Halaman
Tabel 2.1 Sifat fisik nikel.....	8
Tabel 2.2 Sifat fisika dan kimia TiN.....	10
Tabel 2.3 Sifat alumina	11
Tabel 2.4 mekanik silikon nitrida.....	12
Tabel 3.1 Tabel rencana kegiatan.....	26
Tabel 3.2 Komposisi bahan larutan elektrolit	30
Tabel 4.2 Komposisi EDS Ni-TiN-Al ₂ O ₃ /Si ₃ N ₄ rapat arus pulsa 0,3 mA/mm ² ..	38
Tabel 4.3 Komposisi EDS Ni-TiN-Al ₂ O ₃ /Si ₃ N ₄ rapat arus pulsa 0,4 mA/mm ² ..	39
Tabel 4.4 Komposisi EDS Ni-TiN-Al ₂ O ₃ /Si ₃ N ₄ rapat arus pulsa 0,5 mA/mm ² ..	40
Tabel 4.5 Komposisi EDS Lapisan Ni-TiN-Al ₂ O ₃ /Si ₃ N ₄	40
Tabel 4.6 Data Parameter Kisi dan Struktur Kristal	45
Tabel 4.7 Data FWHM dan Ukuran Kristal Ni-TiN-Al ₂ O ₃ /Si ₃ N ₄ 0,3 mA/mm ² .	47
Tabel 4.8 Data FWHM dan Ukuran Kristal Ni-TiN-Al ₂ O ₃ /Si ₃ N ₄ 0,4 mA/mm ² .	48
Tabel 4.9 Data FWHM dan Ukuran Kristal Ni-TiN-Al ₂ O ₃ /Si ₃ N ₄ 0,5 mA/mm ² .	48
Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Derajat Kristalinitas	50
Tabel 4.11 Hasil Pengujian Kekerasan Vickers saat Rapat Arus 0,3 mA/mm ²	51
Tabel 4.12 Hasil Pengujian Kekerasan Vickers saat Rapat Arus 0,4 mA/mm ²	52
Tabel 4.13 Hasil Pengujian Kekerasan Vickers saat Rapat Arus 0,5 mA/mm ²	52
Tabel 4.14 Hasil Perhitungan Ketebalan.....	54
Tabel 4.15 Peta Hasil Penelitian	55

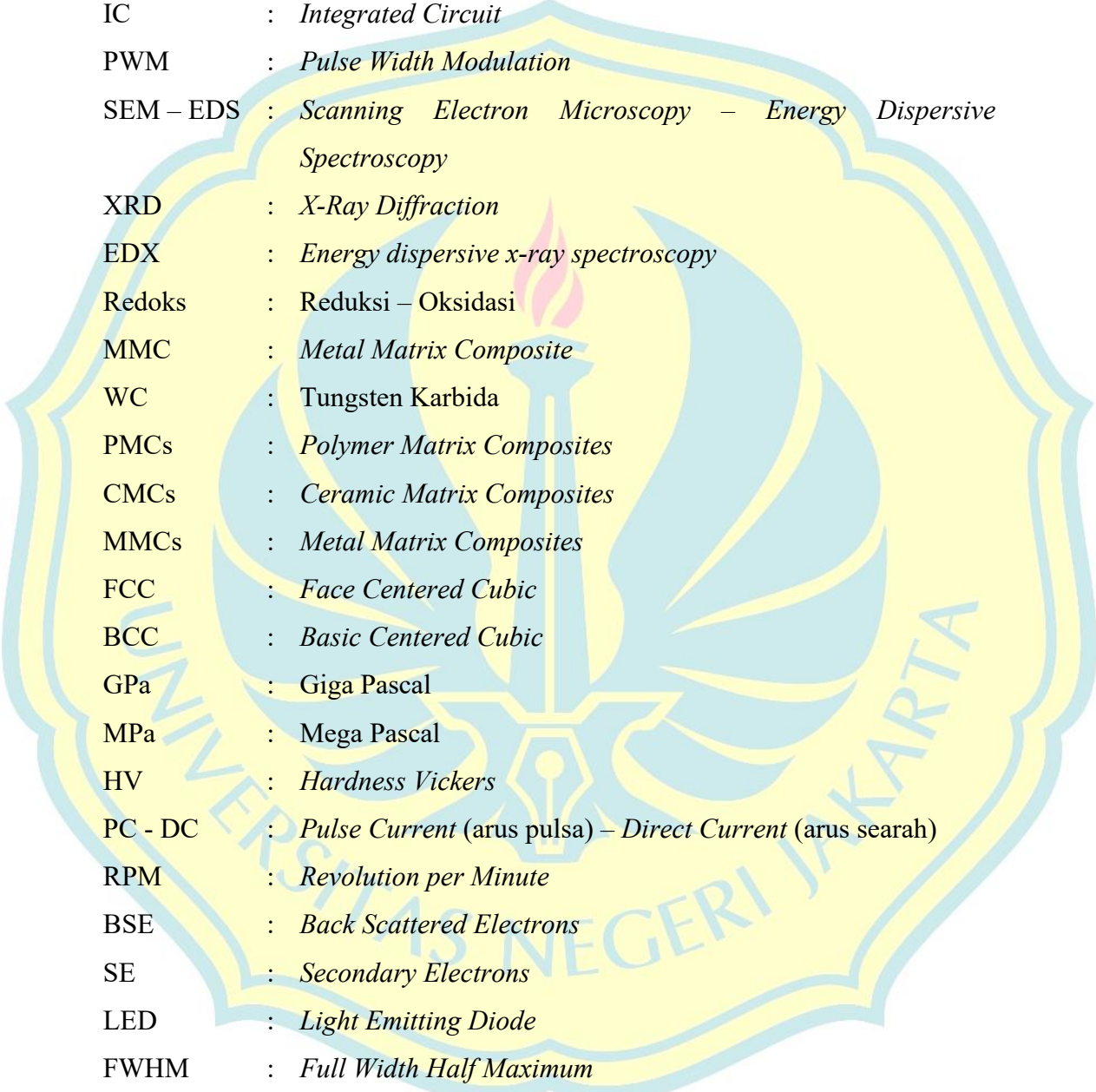
DAFTAR GAMBAR

No	Halaman
Gambar 2.1 Struktur kristal FCC (nikel).....	7
Gambar 2.2 Struktur titanium nitrida	9
Gambar 2.3 Struktur kristal alumina.....	10
Gambar 2.4 Struktur kristal Si_3N_4	11
Gambar 2.5 Struktur kristal WC	12
Gambar 2.6 Pembentukan MMC dengan elektrodeposisi.....	14
Gambar 2.7 Perbedaan arus searah dengan arus pulsa.....	16
Gambar 2.8 Skema elektrodeposisi arus pulsa.....	17
Gambar 2.9 Skema interaksi antara bahan dan elektron di dalam SEM.....	19
Gambar 2.10 Ilustrasi dari difraksi sinar-X.....	20
Gambar 2.11 Skema pengukuran kekerasan Vickers.....	22
Gambar 3.1 Rangkaian PWM	27
Gambar 3.2 Diagram alir penelitian.....	29
Gambar 3.3 Rangkaian Proses Elektrodeposisi Arus Pulsa	31
Gambar 4.1 Morfologi Permukaan Lapisan Ni-TiN- $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Si}_3\text{N}_4$	35
Gambar 4.2 Histogram Distribusi Ukuran Partikel Ni-TiN- $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Si}_3\text{N}_4$	37
Gambar 4.3 Komposisi EDS pada rapat arus pulsa $0,3 \text{ mA/mm}^2$	38
Gambar 4.4 Komposisi EDS pada rapat arus pulsa $0,4 \text{ mA/mm}^2$	39
Gambar 4.5 Komposisi EDS pada rapat arus pulsa $0,5 \text{ mA/mm}^2$	39
Gambar 4.6 Persentase Rapat Arus Pulsa terhadap Komposisi Atom Unsur	40
Gambar 4.7 Difraktogram Ni-TiN- $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Si}_3\text{N}_4$ Rapat Arus Pulsa $0,3 \text{ mA/mm}^2$	43
Gambar 4.8 Difraktogram Ni-TiN- $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Si}_3\text{N}_4$ Rapat Arus Pulsa $0,4 \text{ mA/mm}^2$	43
Gambar 4.9 Difraktogram Ni-TiN- $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Si}_3\text{N}_4$ Rapat Arus Pulsa $0,5 \text{ mA/mm}^2$	44
Gambar 4.10 Difraktogram Ni-TiN- $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Si}_3\text{N}_4$ Variasi Rapat Arus Pulsa	44
Gambar 4.11 Ukuran Rata-Rata Kristal terhadap Variasi Rapat Arus Pulsa	49
Gambar 4.12 Grafik Hubungan Rapat Arus Pulsa Terhadap Kekerasan Vickers.	52

DAFTAR LAMPIRAN

No	Halaman
Lampiran 1. Komposisi Bahan Larutan Elektrolit	68
Lampiran 2. Perhitungan Rapat Arus.....	69
Lampiran 3. Alat dan Bahan	70
Lampiran 4. Kegiatan Penelitian.....	71
Lampiran 5. Gambar Pengolahan oleh aplikasi ImageJ.....	72
Lampiran 6. Data SEM-EDS Rapat Arus Pulsa 0,3 mA/mm ²	73
Lampiran 7. Data SEM-EDS Rapat Arus Pulsa 0,4 mA/mm ²	74
Lampiran 8. Data SEM-EDS Rapat Arus Pulsa 0,5 mA/mm ²	75
Lampiran 9. Database Referensi XRD Ni ICSD 98-016-2279	76
Lampiran 10. Database Referensi XRD TiN ICSD 98-015-2807	78
Lampiran 11. Database Referensi XRD Al ₂ O ₃ ICSD 98-017-3713	80
Lampiran 12. Database Referensi XRD Si ₃ N ₄ ICSD 98-010-0135	83
Lampiran 13. Database Referensi XRD Si ₃ N ₄ ICSD 98-003-5560.....	86
Lampiran 14. Hasil Pengolahan XRD Rapat Arus 0.3 mA/mm ²	90
Lampiran 15. Hasil Pengolahan XRD Rapat Arus 0.4 mA/mm ²	93
Lampiran 16. Hasil Pengolahan XRD Rapat Arus 0.5 mA/mm ²	97
Lampiran 17. Perhitungan Ukuran Kristal Rapat Arus 0.3 mA/mm ²	101
Lampiran 18. Perhitungan Ukuran Kristal Rapat Arus 0.4 mA/mm ²	101
Lampiran 19. Perhitungan Ukuran Kristal Rapat Arus 0.5 mA/mm ²	101
Lampiran 20. Jejak Indentasi Vickers Rapat Arus 0,3 mA/mm ²	102
Lampiran 21. Jejak Indentasi Vickers Rapat Arus 0,4 mA/mm ²	103
Lampiran 22. Jejak Indentasi Vickers Rapat Arus 0,5 mA/mm ²	104
Lampiran 23. Gambar sampel terdeposit.	105

DAFTAR SINGKATAN



Ni-TiN-	: Nikel – Titanium Nitrida – Alumunium Oksida / Silikon
Al ₂ O ₃ /Si ₃ N ₄	Nitrida
IC	: <i>Integrated Circuit</i>
PWM	: <i>Pulse Width Modulation</i>
SEM – EDS	: <i>Scanning Electron Microscopy – Energy Dispersive Spectroscopy</i>
XRD	: <i>X-Ray Diffraction</i>
EDX	: <i>Energy dispersive x-ray spectroscopy</i>
Redoks	: Reduksi – Oksidasi
MMC	: <i>Metal Matrix Composite</i>
WC	: Tungsten Karbida
PMCs	: <i>Polymer Matrix Composites</i>
CMCs	: <i>Ceramic Matrix Composites</i>
MMCs	: <i>Metal Matrix Composites</i>
FCC	: <i>Face Centered Cubic</i>
BCC	: <i>Basic Centered Cubic</i>
GPa	: Giga Pascal
MPa	: Mega Pascal
HV	: <i>Hardness Vickers</i>
PC - DC	: <i>Pulse Current (arus pulsa) – Direct Current (arus searah)</i>
RPM	: <i>Revolution per Minute</i>
BSE	: <i>Back Scattered Electrons</i>
SE	: <i>Secondary Electrons</i>
LED	: <i>Light Emitting Diode</i>
FWHM	: <i>Full Width Half Maximum</i>
BRIN	: Badan Riset dan Inovasi Nasional