

**PENGARUH RAPAT ARUS PULSA TERHADAP
PEMBENTUKAN DAN KARAKTERISASI LAPISAN
KOMPOSIT Ni-TiN/Si₃N₄ DENGAN METODE
ELEKTRODEPOSISI**

Skripsi

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



**Arsyan Fadilah
1306620054**

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2024**

**PENGARUH RAPAT ARUS PULSA TERHADAP
PEMBENTUKAN DAN KARAKTERISASI LAPISAN
KOMPOSIT Ni-TiN/Si₃N₄ DENGAN METODE
ELEKTRODEPOSISI**

Skripsi

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



**Arsyan Fadilah
1306620054**









**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2024**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

PENGARUH RAPAT ARUS PULSA TERHADAP PEMBENTUKAN DAN KARAKTERISASI LAPISAN KOMPOSIT Ni-TiN/Si₃N₄ DENGAN METODE ELEKTRODEPOSISI

Nama : Arsyah Fadilah

No. Registrasi : 1306620054

Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Penanggung Jawab		
Dekan : Prof. Dr. Muktiningsih N., M.Si NIP. 196405111989032001		29/07-2024
Wakil Penanggung Jawab		
Wakil Dekan I : Dr. Esmar Budi, M.T. NIP. 197207281999031002		19/07-2024
Ketua : Dr. Hadi Nasbey, M.Si. NIP. 197909162005011004		19/07-2024
Sekretaris : Syafrima Wahyu, M.Si NIP. 199110132023211021		19/07-2024
Anggota		
Pembimbing I : Dr. Esmar Budi, M.T. NIP. 197207281999031002		19/07-2024
Pembimbing II : Dr. Teguh Budi Prayitno, M.Si NIP. 198205262008121001		19/07-2024
Penguji : Prof. Dr. Erfan Handoko, M.Si NIP. 197302012003121002		19/07-2024

Dinyatakan lulus ujian skripsi tanggal 11 Juli 2024.

LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul **“Pengaruh Rapat Arus Pulsa Terhadap Pembentukan Dan Karakterisasi Lapisan Komposit Ni-TiN/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 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 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, 11 Juli 2024


94653ALX303226327 Arsyah Fadilah



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
UPT PERPUSTAKAAN

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 : Arsyan Fadilah
NIM : 1306620054
Fakultas/Prodi : FMIPA / Fisika
Alamat email : arsyanfadilah9@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 Disertasi Lain-lain (.....)

yang berjudul :

Pengaruh Rapat Arus Pulsa Terhadap Pembentukan dan Karakterisasi
Lapisan Komposit Ni-TiN/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, 05 Agustus 2024

Penulis

(Arsyaf Fadilah)
nama dan tanda tangan

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT. atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Rapat Arus Pulsa Terhadap Pembentukan Dan Karakterisasi Lapisan Komposit Ni-TiN/Si₃N₄ Dengan Metode Elektrodeposisi”. 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. 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. Umiatin, M.Si. selaku Koordinator Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta atas segala arahan selama masa studi.
4. Dr. Widyaningrum Indrasari, 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 (Bapak Anwar Sanusi dan Ibu Yanti) serta kakak-kakak (Kak Ayu dan Kak Asti) yang selalu mendoakan, mendukung, dan memotivasi penulis dalam keadaan apapun.

8. Bagas Anwar Arif Nur, Abdullah Mu'adz Muflih, Huffaz Muhammad Abdurrofi dan Muhammad Rofiid Ramdhan sebagai teman dekat yang senantiasa menemani dan mensupport penulis.
9. Kakak tingkat (Kak Alayya dan Kak Rishadi) yang sudah memberikan arahan dan referensi kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian
10. Teman-teman fisika angkatan 2020 yang senantiasa kebersamai selama masa studi.
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, 11 Juli 2024


Arsyah Fadilah

ABSTRAK

ARSYAN FADILAH. Pengaruh Rapat Arus Pulsa Terhadap Pembentukan Dan Karakterisasi Lapisan Komposit Ni-TiN/Si₃N₄ Dengan Metode Elektrodeposisi. Skripsi, Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta. Juli 2023.

Telah dilakukan pembuatan sistem *pulse generator* dengan menggunakan rangkaian PWM. Rangkaian ini dapat menghasilkan arus pulsa berupa gelombang persegi panjang yang dapat diamati melalui osiloskop. Dengan menggunakan potensiometer, nilai *duty cycle* (lebar pulsa) dan ketinggian pulsa dapat disesuaikan. Dengan menggunakan sistem *pulse generator* ini, telah dilakukan pembentukan, karakterisasi serta analisis pengaruh variasi rapat arus pulsa terhadap lapisan komposit Ni-TiN/Si₃N₄, variasi yang digunakan yaitu 0,25 mA/mm², 0,4 mA/mm², dan 0,55 mA/mm². Proses elektrodeposisi dengan menggunakan suhu 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 semakin tinggi rapat arus pulsa, semakin halus morfologi permukaan lapisan komposit Ni-TiN/Si₃N₄ yang terbentuk. Selain itu, peningkatan rapat arus menyebabkan kenaikan ukuran kristal dan peningkatan kekerasan. Tingkat kekerasan optimum sebesar 1970,3548 kgf/mm² didapatkan pada lapisan komposit Ni-TiN/Si₃N₄ 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 0,55 mA/mm².

Kata kunci: *pulse generator*, lapisan komposit Ni-TiN/Si₃N₄, elektrodeposisi, rapat arus pulsa, morfologi permukaan.

ABSTRACT

ARSYAN FADILAH. Effect of pulse current density on the formation and characterization of Ni-TiN/Si₃N₄ composite layers by electrodeposition method. Thesis, Physics Study Program, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, State University of Jakarta. July 2023.

A pulse generator system using PWM circuit has been made. This circuit can produce a pulse current in the form of a rectangular wave that can be observed through an oscilloscope. By using a potentiometer, the duty cycle value (pulse width) and pulse height can be adjusted. Using this pulse generator system, the formation, characterization and analysis of the effect of pulse current density variations on the Ni-TiN/Si₃N₄ composite layer have been carried out, the variations used are 0.25 mA/mm², 0.4 mA/mm², and 0.55 mA/mm². The electrodeposition process used a temperature of 40°C and a coating time of 30 minutes. The samples were analyzed for morphology and composition using SEM-EDS. Furthermore, it was analyzed by X-Ray Diffraction (XRD) to determine the crystal structure and crystal size, and analyzed for hardness using the Vickers hardness method. The characterization results show that the higher the pulse current density, the smoother the surface morphology of the Ni-TiN/Si₃N₄ composite layer formed. In addition, increasing the current density leads to an increase in crystal size and an increase in hardness. The optimum hardness level of 1970.3548 kgf/mm² was obtained on the Ni-TiN/Si₃N₄ composite coating with a pulse current density of 0.4 mA/mm². It can be analyzed that the hardness increases as the pulse current density increases, and the hardness decreases again when reaching a current density of 0.55 mA/mm².

Keywords: pulse generator, Ni-TiN/Si₃N₄ composite coating, electrodeposition, pulse current density, surface morphology.

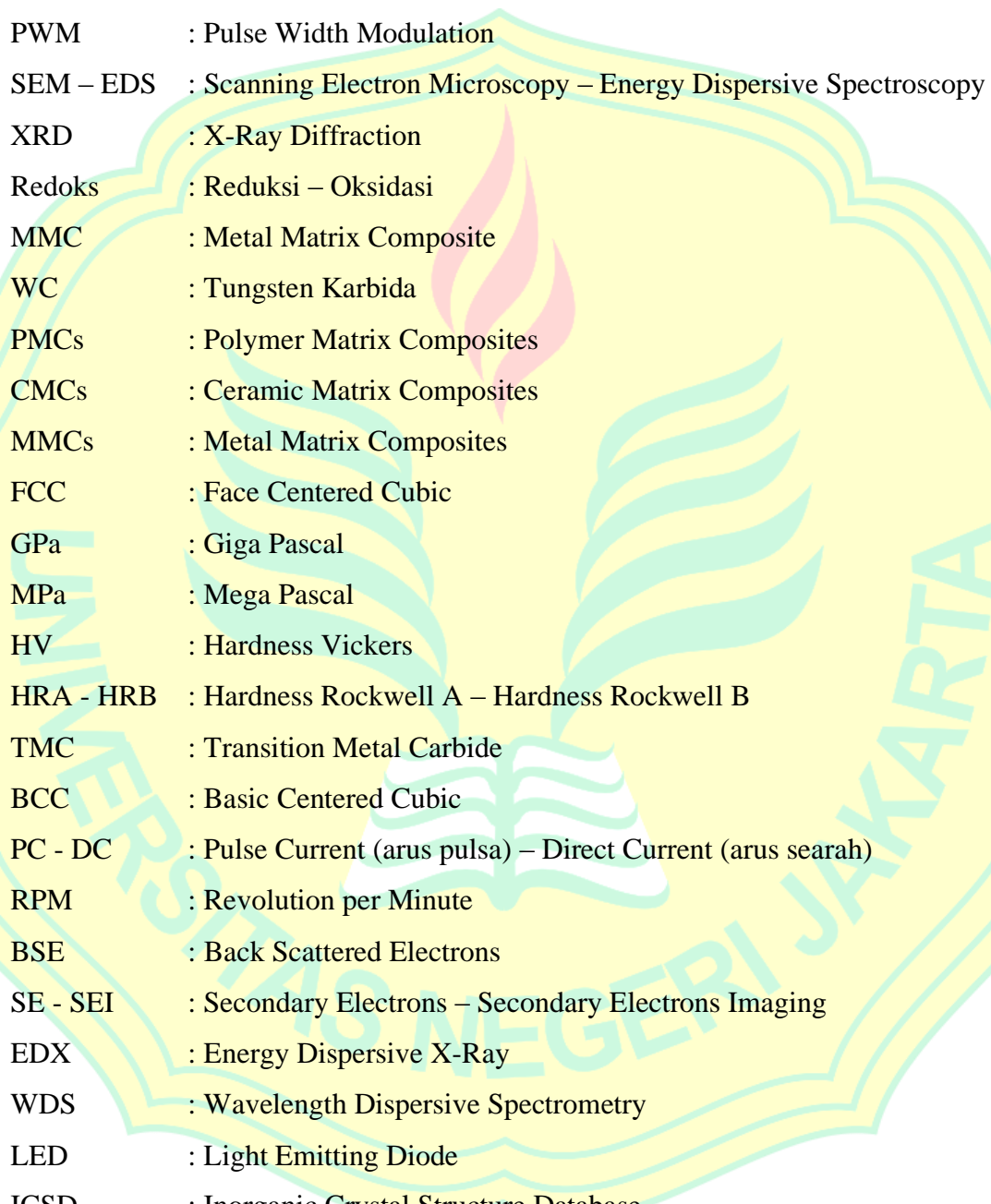
DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR SAMBUNG.....	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR SINGKATAN.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Perumusan Masalah.....	5
C. Tujuan Penelitian.....	5
D. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	6
A. Lapisan Komposit Ni-TiN/Si ₃ N ₄	6
B. Substrat Tungsten Karbida (WC).....	11
C. Elektrodeposisi.....	12
D. Rapat Arus Pulsa.....	19
E. Karakterisasi.....	21
F. Penelitian Relevan.....	28
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	31
A. Tempat dan Waktu Penelitian.....	31
B. Metode Penelitian.....	32
1. Alat dan Bahan Penelitian.....	32
2. Prosedur Penelitian.....	33
C. Teknik Pengumpulan dan Analisis Data.....	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	39
A. Analisis Hasil Rangkaian Sistem <i>Pulse Generator</i>	39
B. Analisis Hasil Karakterisasi SEM – EDS.....	41
C. Analisis Hasil Karakterisasi <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	49
D. Analisis Hasil Karakterisasi Kekerasan Vickers.....	59
E. Peta Hasil Penelitian.....	64
F. Kelebihan dan Kekurangan Penelitian.....	65
BAB V PENUTUP.....	66
A. Kesimpulan.....	66
B. Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA.....	68
LAMPIRAN.....	82
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	112

DAFTAR GAMBAR

No		Halaman
Gambar 2. 1	Struktur Kristal FCC (Nikel).....	7
Gambar 2. 2	Struktur Titanium Nitrida.....	9
Gambar 2. 3	Struktur Kristal Si_3N_4	10
Gambar 2. 4	Struktur kristal WC	12
Gambar 2. 5	Pembentukan MMC dengan Elektrodeposisi.....	14
Gambar 2. 6	Rangkaian Sel Elektrokimia.....	17
Gambar 2. 7	Perbedaan arus searah dengan arus pulsa.....	20
Gambar 2. 8	Rangkaian Osilator dengan IC 555	21
Gambar 2. 9	Skema Interaksi antara bahan dan elektron di dalam SEM.....	22
Gambar 2. 10	Proses pembentukan BSE dan SE.....	23
Gambar 2. 11	Ilustrasi Difraksi Sinar-X	25
Gambar 2. 12	Skema prinsip uji kekerasan dengan metode vickers.....	27
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	34
Gambar 3.2	Skema Rangkaian <i>Pulse Generator</i>	35
Gambar 3.3	Skema Proses Elektrodeposisi Arus Pulsa	37
Gambar 4. 1	Output dari Sistem <i>Pulse Generator</i>	39
Gambar 4. 2	Sampel penelitian	42
Gambar 4. 3	Morfologi Permukaan Lapisan Ni-TiN/ Si_3N_4	43
Gambar 4. 4	Komposisi EDS Ni-TiN/ Si_3N_4 rapat arus pulsa 0,25 mA/mm ²	45
Gambar 4. 5	Komposisi EDS Ni-TiN/ Si_3N_4 rapat arus pulsa 0,4 mA/mm ²	46
Gambar 4. 6	Komposisi EDS Ni-TiN/ Si_3N_4 rapat arus pulsa 0,55 mA/mm ²	46
Gambar 4. 7	Persentase Rapat Arus Pulsa terhadap Komposisi Atom Unsur ...	47
Gambar 4. 8	Difraktogram Ni-TiN/ Si_3N_4 Rapat Arus Pulsa 0,25 mA/mm ²	50
Gambar 4. 9	Difraktogram Ni-TiN/ Si_3N_4 Rapat Arus Pulsa 0,4 mA/mm ²	50
Gambar 4. 10	Difraktogram Ni-TiN/ Si_3N_4 Rapat Arus Pulsa 0,55 mA/mm ²	51
Gambar 4. 11	Difraktogram Ni-TiN/ Si_3N_4 dengan Variasi Rapat Arus Pulsa	51
Gambar 4. 12	Ukuran Rata-Rata Kristal terhadap Variasi Rapat Arus Pulsa.....	57
Gambar 4. 13	Hubungan Rapat Arus Pulsa Terhadap Kekerasan Vickers.....	61

DAFTAR SINGKATAN



Ni-TiN/Si ₃ N ₄	: Nikel – Titanium Nitrida / Silikon Nitrida
IC	: Integrated Circuit
PWM	: Pulse Width Modulation
SEM – EDS	: Scanning Electron Microscopy – Energy Dispersive Spectroscopy
XRD	: X-Ray Diffraction
Redoks	: Reduksi – Oksidasi
MMC	: Metal Matrix Composite
WC	: Tungsten Karbida
PMCs	: Polymer Matrix Composites
CMCs	: Ceramic Matrix Composites
MMCs	: Metal Matrix Composites
FCC	: Face Centered Cubic
GPa	: Giga Pascal
MPa	: Mega Pascal
HV	: Hardness Vickers
HRA - HRB	: Hardness Rockwell A – Hardness Rockwell B
TMC	: Transition Metal Carbide
BCC	: Basic Centered Cubic
PC - DC	: Pulse Current (arus pulsa) – Direct Current (arus searah)
RPM	: Revolution per Minute
BSE	: Back Scattered Electrons
SE - SEI	: Secondary Electrons – Secondary Electrons Imaging
EDX	: Energy Dispersive X-Ray
WDS	: Wavelength Dispersive Spectrometry
LED	: Light Emitting Diode
ICSD	: Inorganic Crystal Structure Database
FWHM	: Full Width Half Maximum
BATAN	: Badan Tenaga Nuklir Nasional
BRIN	: Badan Riset dan Inovasi Nasional

DAFTAR TABEL

No	Halaman
Tabel 2. 1	Karakteristik Fisik dan Mekanik dari Nikel..... 7
Tabel 2. 2	Karakteristik Titanium Nitrida..... 9
Tabel 2. 3	Karakteristik Si ₃ N ₄ 10
Tabel 2. 4	Sifat fisik dan mekanik Tungsten Karbida..... 12
Tabel 3. 1	Tabel Rencana Kegiatan 31
Tabel 3. 2	Komposisi Bahan Larutan Elektrolit..... 36
Tabel 4. 1	Komposisi EDS Ni-TiN/Si ₃ N ₄ rapat arus pulsa 0,25 mA/mm ² 45
Tabel 4. 2	Komposisi EDS Ni-TiN/Si ₃ N ₄ rapat arus pulsa 0,4 mA/mm ² 46
Tabel 4. 3	Komposisi EDS Ni-TiN/Si ₃ N ₄ rapat arus pulsa 0,55 mA/mm ² 47
Tabel 4. 4	Komposisi EDS Lapisan Ni-TiN/Si ₃ N ₄ 47
Tabel 4. 5	Data Parameter Kisi dan Struktur Kristal 53
Tabel 4. 6	Data FWHM dan Ukuran Krista Ni-TiN/Si ₃ N ₄ 0,25 mA/mm ² 55
Tabel 4. 7	Data FWHM dan Ukuran Kristal Ni-TiN/Si ₃ N ₄ 0,4 mA/mm ² 55
Tabel 4. 8	Data FWHM dan Ukuran Kristal Ni-TiN/Si ₃ N ₄ 0,55 mA/mm ² 56
Tabel 4. 9	Hasil Pengujian Kekerasan Vickers Rapat Arus 0,25 mA/mm ² 60
Tabel 4. 10	Hasil Pengujian Kekerasan Vickers Rapat Arus 0,4 mA/mm ² 60
Tabel 4. 11	Hasil Pengujian Kekerasan Vickers Rapat Arus 0,55 mA/mm ² 60
Tabel 4. 12	Hasil Perhitungan Ketebalan Lapisan Komposit Ni-TiN/Si ₃ N ₄ 63
Tabel 4. 13	Tabel Peta Hasil Penelitian 64
Tabel 4. 14	Tabel Kelebihan dan Kekurangan Penelitian..... 65

DAFTAR LAMPIRAN

No	Halaman
Lampiran 1. Komposisi Bahan Larutan Elektrolit	82
Lampiran 2. Perhitungan Rapat Arus	83
Lampiran 3. Alat dan Bahan	84
Lampiran 4. Kegiatan Penelitian	85
Lampiran 5. Data SEM-EDS Ni-TiN/Si ₃ N ₄ Rapat Arus 0,25 mA/mm ²	86
Lampiran 6. Data SEM-EDS Ni-TiN/Si ₃ N ₄ Rapat Arus 0,4 mA/mm ²	88
Lampiran 7. Data SEM-EDS Ni-TiN/Si ₃ N ₄ Rapat Arus 0,55 mA/mm ²	89
Lampiran 8. Database Referensi XRD Ni ICSD 98-064-6092	90
Lampiran 9. Database Referensi XRD Ni ICSD 98-016-2279	92
Lampiran 10. Database Referensi XRD TiN ICSD 98-015-2807	94
Lampiran 11. Database Referensi XRD Si ₃ N ₄ ICSD 98-001-6752	96
Lampiran 12. Hasil Pengolahan XRD Rapat Arus 0,25 mA/mm ²	98
Lampiran 13. Hasil Pengolahan XRD Rapat Arus 0,4 mA/mm ²	101
Lampiran 14. Hasil Pengolahan XRD Rapat Arus 0,55 mA/mm ²	104
Lampiran 15. Perhitungan Ukuran Kristal Rapat Arus 0,25 mA/mm ²	108
Lampiran 16. Perhitungan Ukuran Kristal Rapat Arus 0,4 mA/mm ²	108
Lampiran 17. Perhitungan Ukuran Kristal Rapat Arus 0,55 mA/mm ²	109
Lampiran 18. Jejak Indentasi Vickers	109