

**PEMBENTUKAN DAN KARAKTERISASI LAPISAN
KOMPOSIT NI-TIN-ALN MENGGUNAKAN METODE
ELEKTRODEPOSISI DENGAN VARIASI RAPAT ARUS
PULSA 0,45 MA/MM² SAMPAI DENGAN 0,65 MA/MM²**

Skripsi

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



**Dhea Laila Putri Afifah
1306617023**

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

ABSTRAK

Penggunaan arus pulsa untuk elektrodeposisi memiliki keunggulan yaitu terbentuknya ukuran butir yang lebih kecil, porositas, dan homogenitas, sehingga berdampak pada peningkatan sifat material. Pada penelitian ini, variasi rapat arus pulsa yang akan digunakan yaitu $0,45 \text{ mA/mm}^2$, $0,55 \text{ mA/mm}^2$ dan $0,65 \text{ mA/mm}^2$. Proses elektrodeposisi akan dilakukan selama 30 menit pada suhu 40°C dan laju pengadukan 600 rpm. Setelah proses elektrodeposisi, dilakukan karakterisasi morfologi dan komposisinya menggunakan SEM-EDS. Didapatkan ketebalan lapisan $1,27 \mu\text{m}$, $1,11 \mu\text{m}$, $0,31 \mu\text{m}$. Semakin tinggi rapat arus, hasil morfologi semakin halus. Hasil analisis XRD menunjukkan struktur kristal dan ukuran kristal, pengolahan data XRD menggunakan software Match! 4. Naiknya rapat arus menyebabkan peningkatan kekerasan pada lapisan komposit Ni-TiN-AlN

Kata Kunci: Lapisan Ni-TiN-AlN, Elektrodeposisi, Rapat Arus, Ketebalan Lapisan, Struktur Kristal, Regangan Kisi, Kerapatan Dislokasi, Kekerasan.



ABSTRACT

The use of pulse current for electrodeposition has the advantage of forming smaller grain sizes, porosity and homogeneity, thus having an impact on improving material properties. In this research, variations in pulse current density that will be used are 0,45 mA/mm², 0,55 mA/mm² and 0,65 mA/mm². The electrodeposition process will be carried out for 30 minutes at a temperature of 40°C and a stirring rate of 600 rpm. After the electrodeposition process, the morphology and composition were characterized using SEM-EDS. Obtained layer thickness of 1.27 μm, 1.11 μm, 0,31 μm. The higher the current density, the smoother the morphology results. The results of the XRD analysis show the crystal structure and crystal size. XRD data processing uses Match! 4. Increasing the current density causes a decrease in lattice strain and an increase in hardness in the Ni-TiN-AlN composite layer.

Keywords: Ni-TiN-AlN Composite Coatings, Electrodeposition, Current Density, Layer Thickness, Crystal Structure, Dislocation Density, Hardness.

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

PEMBENTUKAN DAN KARAKTERISASI LAPISAN KOMPOSIT NI-TIN-ALN MENGUNAKAN METODE ELEKTRODEPOSISI DENGAN VARIASI RAPAT ARUS PULSA 0,45 MA/MM² SAMPAI DENGAN 0,65 MA/MM²

Nama : Dhea Laila Putri Afifah
No. Registrasi : 1306617023

	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Penanggung Jawab			
Dekan	: Prof. Dr. Muktiningsih N., M.Si NIP. 196405111989032001		17/08/24
Wakil Penanggung Jawab			
Wakil Dekan I	: Dr. Esmar Budi, M.T NIP. 197207281999031002		15/08/24
Ketua	: Dr. rer.nat. Bambang Heru Iswanto, M, Si NIP. 196804011994031002		25/07/24
Sekretaris	: Prof. Dr. Iwan Sugihartono, M.Si NIP. 197910102008011018		25/07/24
Anggota			
Pembimbing I	: Dr. Esmar Budi, M.T NIP. 19720728199931002		25/07/2024
Pembimbing II	: Dr. Teguh Budi Prayitno, M.Si NIP. 198205262008121001		25/07/24
Penguji	: Prof. Dr. Agus Setyo Budi, M, Sc NIP. 196304261988031002		26/07/24

Dinyatakan lulus ujian skripsi tanggal 22 Juli 2024.

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya yang bertanda tangan di bawah ini, mahasiswa Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta. Menyatakan bahwa skripsi yang saya buat dengan judul “Pembentukan dan Karakterisasi Lapisan Komposit Ni-TiN-AlN Menggunakan Metode Elektrodeposisi dengan Variasi Rapat Arus Pulsa Tinggi” adalah:

1. Dibuat dan diselesaikan oleh saya sendiri, berdasarkan data yang saya peroleh dari hasil penelitian pada bulan Januari-Mei 2024 di Laboratorium Fisika Material GHA-1010 dan Laboratorium Elektronika GHA-1016, Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta.
2. Bukan merupakan duplikat skripsi yang pernah dibuat oleh orang lain.
3. Bukan jiplakan karya tulis orang lain dan bukan terjemahan karya tulis orang lain.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan saya bersedia menanggung segala akibat yang timbul jika pernyataan ini tidak benar.

Jakarta, 7 Juli 2024



Dhea Laila



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 : Dhea Laila Putri Afifah
NIM : 1306617023
Fakultas/Prodi : Fisika/Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Alamat email : afifadh21@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 :

.....
Pembentukan dan Karakterisasi Lapisan Komposit Ni-TiN-AlN Menggunakan Metode
Elektrodeposisi dengan Variasi Rapat Arus Pulsa 0,45 mA/mm² sampai dengan 0,65 mA/mm²
.....

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

Penulis

(Dhea Laila)
nama dan tanda tangan

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul “ Pembentukan dan Karakterisasi Lapisan Komposit Ni-TiN-AlN Menggunakan Metode Elektrodeposisi dengan Variasi Rapat Arus Pulsa 0,45 mA/mm² sampai dengan 0,65 mA/mm²”. Proposal ini diajukan untuk memulai penelitian skripsi di Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta. Penulis menyadari bahwa selesainya penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada yang berkontribusi langsung dalam penyusunan skripsi ini yaitu:

1. Bapak Dr. Esmar Budi, M.T. selaku Pembimbing I atas bimbingan dan waktu yang diluangkan, sehingga skripsi ini dapat selesai dengan baik.
2. Bapak Dr. Teguh Budi Prayitno, M.Si. selaku Pembimbing II atas bimbingan dan waktu yang diluangkan, sehingga skripsi ini dapat selesai dengan baik.
3. Ibu Dr. Umiatin, M.Si. selaku Koordinator Program Studi Fisika FMIPA Universitas Negeri Jakarta.
4. Dr. Widyaningrum Indrasari, M.Si. atas arahan dan nasihatnya selama di kampus.
5. Kedua orang tua, Ibu Ns. Dian Andriani, S.Kep, M.Kes. dan Bapak Afif Amir Amrullah, S.Kp, M.KKK atas bantuan dalam penyusunan dan penelitian skripsi di rumah.
6. Fia, Kak Ais, Gibran, yang menyemangati dan menemani penulis selama ini.
7. Meuthia, Feli, Cynthia, Santa yang membantu, menyemangati dalam penyusunan skripsi.
8. Bayyinah, Syamsinar, Irsya, Arsyah selaku teman seperbimbingan yang membantu selama penyusunan tugas akhir.
9. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini yang tidak bisa disebutkan satu persatu

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam skripsi ini dan jauh dari kata sempurna, sehingga penulis sangat terbuka jika ada kritik dan saran yang

membangun dari pembaca untuk perbaikan dimasa yang akan datang. Dengan dibuatnya skripsi ini, semoga dapat memberikan manfaat kepada pembaca.

Jakarta, 02 Juli 2024



Dhea Laila



DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
<i>ABSTRACT</i>	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iv
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian	4
D. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Lapisan Komposit Ni-TiN-AlN	6
B. Tungsten Karbida	10
C. Elektrodeposisi	11
D. Penggunaan Arus Pulsa pada Elektrodeposisi	12
E. Pengujian	14
1. X-Ray Diffraction (XRD)	14
2. Scanning Electron Microscopy (SEM) dan <i>Energy Dispersive Spectroscopy</i> (EDS)	15

3. <i>Vickers Hardness Test</i>	17
F. Penelitian Relevan.....	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	22
A. Waktu dan Tempat Penelitian	22
B. Metode Penelitian.....	23
1. Alat dan Bahan Penelitian	23
2. Prosedur Penelitian	29
C. Diagram Alir Penelitian	34
D. Pengumpulan dan Analisa Data	35
1. Teknik Pengumpulan Data	35
2. Teknik Analisis Data	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	36
A. Analisis SEM dan EDS	36
B. Analisis X-Ray Diffraction	41
1. Fasa dan Struktur Kristal	41
2. Ukuran Kristal	44
C. Analisis Uji Kekerasan Vickers	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	52
A. Kesimpulan	52
B. Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN	63
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur Kristal FCC Nikel (Callister & Rethwisch, 2016)	7
Gambar 2. 2 Struktur Kristal FCC TiN (Callister & Rethwisch, 2016).....	8
Gambar 2. 3 Struktur Kristal Tungsten Karbida	10
Gambar 2. 4 Hukum Bragg	14
Gambar 2. 5 Sinyal utama pencaran akibat interaksi berkas elektron dan sampel. .	17
Gambar 2. 6 Skema Pengukuran Kekerasan dengan Metode Vickers (Adamovic & Zivic, 2021)	18
Gambar 3. 1 Soldering Helping Hand.....	23
Gambar 3. 2 Power Supply	23
Gambar 3. 3 Rangkaian Arus Pulsa (Pulse Generator)	24
Gambar 3. 4 Gelas Kimia.....	24
Gambar 3. 5 Gelas Ukur.....	24
Gambar 3. 6 Amplas	24
Gambar 3. 7 Neraca Digital	25
Gambar 3. 8 Pinset	25
Gambar 3. 9 Spatula.....	25
Gambar 3. 10 Botol Larutan.....	25
Gambar 3. 11 Kertas Timbang	26
Gambar 3. 12 Hot Plate Magnetic Stirrer.....	26
Gambar 3. 13 Tungsten Karbida (WC)	26
Gambar 3. 14 Platina.....	26
Gambar 3. 15 H_3BO_3	27
Gambar 3. 16 TiN	27
Gambar 3. 17 $NiCl_2 \cdot 6H_2O$	27
Gambar 3. 18 $NiSO_4 \cdot 6H_2O$	27
Gambar 3. 19 AlN	28
Gambar 3. 20 Alkohol.....	28
Gambar 3. 21 Sodium Dodecyl Sulfate (SDS)	28

Gambar 3. 22 Rangkaian Pulse Generator (kiri) dan Output gelombang osiloskop dari rangkaian (kanan).....	29
Gambar 3. 23 Realisasi Rangkaian Pulse Generator.....	29
Gambar 3. 24 Skema Alat Elektrodeposisi	31
Gambar 3. 25 Skema Alat SEM.....	32
Gambar 3. 26 Skema Alat XRD.....	32
Gambar 3. 27 Diagram Alir Penelitian	34
Gambar 4. 1 Morfologi Permukaan Lapisan Ni-TiN-AlN pada kuat arus (a) 0,45 mA/mm ² (b) 0,55 mA/mm ² (c) 0,65 mA/mm ²	36
Gambar 4. 2 Persentase Jumlah Atom Setiap Unsur Terhadap Rapat Arus	40
Gambar 4. 3 Difraktogram Lapisan Komposit Ni-TiN-AlN yang terbentuk dengan Variasi Rapat Arus Pulsa	43
Gambar 4. 4 Ukuran Kristal Nikel, Titanium Nitrida dan Alumunium Nitrida pada Puncak Difraksi Tertinggi.....	46
Gambar 4. 5 Grafik Nilai Kekerasan Pada Penelitian Lapisan Komposit Ni-TiN-AlN	49
Gambar 4. 6 Grafik Nilai Kekerasan dan Ukuran Kristal terhadap Rapat Arus pada Lapisan Komposit Ni-TiN-AlN	49
Gambar 4. 6 Grafik Nilai Kekerasan dan Ukuran Kristal terhadap Rapat Arus pada Lapisan Komposit Ni-TiN-AlN	49
Gambar 4. 6 Grafik Nilai Kekerasan dan Ukuran Kristal terhadap Rapat Arus pada Lapisan Komposit Ni-TiN-AlN	49
Gambar 4. 6 Grafik Nilai Kekerasan dan Ukuran Kristal terhadap Rapat Arus pada Lapisan Komposit Ni-TiN-AlN	49

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Sifat Mekanik dari Nikel (Habashi, 2013a)	7
Tabel 2. 2 Sifat Mekanik TiN (Habashi, 2013b).....	8
Tabel 2. 3 Sifat mekanik AlN (Sugahara, 2015).....	9
Tabel 2. 4 Sifat Mekanik dari Tungsten Karbida (Kong et al., 2010).....	10
Tabel 3. 1 Jadwal Kegiatan Penelitian	22
Tabel 4. 1 Ketebalan Lapisan di Setiap Variasi Rapat Arus.....	37
Tabel 4. 2 Komposisi Unsur di Setiap Lapisan dengan Variasi Rapat Arus.....	39
Tabel 4. 3 Komposisi Unsur di Setiap Lapisan dengan Variasi Rapat Arus.....	39
Tabel 4. 4 Komposisi Unsur di Setiap Lapisan dengan Variasi Rapat Arus.....	39
Tabel 4. 5 Komposisi Unsur Ni, Ti dan Al di Setiap Lapisan dengan Variasi Rapat Arus	40
Tabel 4. 6 Data Parameter Kisi dan Struktur Kristal Lapisan Komposit Ni-TiN-AlN	42
Tabel 4. 7 Data FWHM dan Ukuran Kristal Lapisan Komposit Ni-TiN pada Kondisi Rapat Arus 0,45 mA/mm ²	45
Tabel 4. 8 Data FWHM dan Ukuran Kristal Lapisan Komposit Ni-TiN-AlN pada Kondisi Rapat Arus 0,55 mA/mm ²	45
Tabel 4. 9 Data FWHM dan Ukuran Kristal Lapisan Komposit Ni-TiN-AlN pada Kondisi Rapat Arus 0,65 mA/mm ²	46
Tabel 4. 10 Hasil Kekerasan Vickers Pada Penelitian Lapisan Komposit Ni-TiN-AlN 0,45 mA/mm ²	48
Tabel 4. 11 Hasil Kekerasan Vickers Pada Penelitian Lapisan Komposit Ni-TiN-AlN 0,55 mA/mm ²	48
Tabel 4. 12 Hasil Kekerasan Vickers Pada Penelitian Lapisan Komposit Ni-TiN-AlN 0,65 mA/mm ²	48

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Komposisi Bahan Larutan Elektrolit	63
Lampiran 2 Perhitungan Rapat Arus.....	65
Lampiran 3 Data SEM-EDS Lapisan Komposit Ni-TiN-AlN rapat arus 0,45 mA/mm ²	66
Lampiran 4 Data SEM-EDS Lapisan Komposit Ni-TiN-AlN rapat arus 0,55 mA/mm ²	67
Lampiran 5 Data SEM-EDS Lapisan Komposit Ni-TiN-AlN rapat arus 0,65 mA/mm ²	68
Lampiran 6 Pengolahan data XRD Lapisan Komposit Ni-TiN-AlN rapat arus 0,45 mA/mm ²	69
Lampiran 7 Pengolahan data XRD Lapisan Komposit Ni-TiN-AlN rapat arus 0,55 mA/mm ²	70
Lampiran 8 Pengolahan data XRD Lapisan Komposit Ni-TiN-AlN rapat arus 0,65 mA/mm ²	71
Lampiran 9 Database Referensi XRD Ni 96-153-3237	72
Lampiran 10 Database Referensi XRD TiN 96-153-2766.....	74
Lampiran 11 Database Referensi XRD AlN 96-210-2282	76
Lampiran 12 Jejak Indentor pada Pengujian Kekerasan Vickers Variasi Rapat Arus 0,45 mA/mm ²	78
Lampiran 13 Jejak Indentor pada Pengujian Kekerasan Vickers Variasi Rapat Arus 0,55 mA/mm ²	79
Lampiran 14 Jejak Indentor pada Pengujian Kekerasan Vickers Variasi Rapat Arus 0,65 mA/mm ²	80