

**PEMBENTUKAN LAPISAN KOMPOSIT Ni-TiAIN
MENGUNAKAN TEKNIK ELEKTRODEPOSISI
DENGAN VARIASI KONSENTRASI *SODIUM
DODECYL SULFATE (SDS)***

Skripsi

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



**Yulia Ermadiana
3225130882**

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2017**

PERSETUJUAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

PEMBENTUKAN LAPISAN KOMPOSIT Ni-TiAIN MENGGUNAKAN
TEKNIK ELEKTRODEPOSISI DENGAN VARIASI KONSENTRASI *SODIUM*
DODECYL SULFATE (SDS)

Nama : Yulia Ermadiana
Noreg : 3225130882

	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Penanggung Jawab			
Dekan	: Prof. Dr. Suyono, M.Si NIP.19671218 199303 1 005	.....	.....
Wakil Penanggung Jawab			
Wakil Dekan I	: Dr. Muktiningsih N., M.Si NIP.19640511 198903 2 001	.....	.....
Ketua	: Prof. Dr. Agus Setyo Budi, M.Sc NIP.19630426 198803 1 002	.....	.....
Sekretaris	: Dr. Widyaningrum Indrasari, M.Si NIP. 19770510 200604 2 001	.....	.....
Anggota			
Pembimbing I	: Dr. Esmar Budi, M.T NIP. 19720728 199903 1 002	.....	.....
Pembimbing II	: Dr. Iwan Sugihartono, M.Si NIP. 19791010 200801 1 018	.....	.....
Penguji	: Dr. Anggara Budi Susila, M.Si NIP. 19601001 199203 1 001	.....	.....

Dinyatakan lulus ujian skripsi tanggal 10 Agustus 2017

LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul **“Pembentukan Lapisan Komposit Ni-TiAlN Menggunakan Teknik Elektrodeposisi Dengan Variasi Konsentrasi *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS) ”** yang disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dari Program Studi Fisika 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, Agustus 2017

Yang membuat pernyataan

Yulia Ermadiana

ABSTRAK

YULIA ERMADIANA. Pembentukan Lapisan Komposit Ni-TiAlN Menggunakan Teknik Elektrodeposisi Dengan Variasi Konsentrasi *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS). Skripsi. Jakarta: Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta, 2017.

Telah dilakukan proses pelapisan komposit Ni-TiAlN untuk mengkaji pengaruh variasi konsentrasi *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS) terhadap morfologi permukaan, sistem kristal dan kekerasan lapisan komposit Ni-TiAlN yang telah terbentuk. Proses pelapisan menggunakan metode elektrodeposisi dengan arus 3mA, selama 15 menit. Lapisan komposit ini terbentuk pada substrat Tungsten Karbida dengan komposisi larutan elektrolit yang terdiri dari 2 gr/l AlN; 2 gr/l TiN; 0,49 mol/L H₃BO₃; 0,17 M NiCl₂·6H₂O; 0,38 M NiSO₄·6H₂O dan SDS. Variasi konsentrasi SDS yang digunakan yaitu 0,2 gr/l; 0,4 g/l dan 0,6 g/l. Berdasarkan pengujian karakterisasi *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS) variasi konsentrasi 0,4 gr/l membentuk aglomerasi lebih sedikit dan komposisi Ni-TiAlN 39,83% dibandingkan SDS 0,2gr/l dan 0,6 gr/l. Berdasarkan uji *X-Ray Diffraction* (XRD) dan uji keras terjadinya peningkatan ukuran kristal dan diikuti pula peningkatan nilai kekerasan lapisan disetiap kenaikan variasi konsentrasi SDS.

Kata Kunci: *Elektrodeposisi, Lapisan tipis komposit Ni-TiAlN, Sodium Dodecyl Sulfate (SDS).*

ABSTRACT

YULIA ERMADIANA. *Synthesis of Ni-TiAlN Composites Coating Using Electrodeposition Technique With Concentration Variation of Sodium Dodecyl Sulfate (SDS). Thesis. Jakarta: Physics Study Program, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, State University of Jakarta, 2017.*

An experiment has been done to deposit a composite coating of Ni-TiAlN, the experiment has conducted to study the effect of concentration variation of SDS on surface morphology, crystal structure and hardness of composite Ni-TiAlN layers. Coating process is used electrodeposition method with current 3mA, for 15 minutes. This composite layer is formed on a Tungsten Carbide substrate with an electrolyte solution composition comprising 2 gr/l AlN; 2 g/l TiN; 0.49 mol/l H₃BO₃; 0.17 M NiCl₂.6H₂O; 0.38 M NiSO₄6H₂O and SDS. SDS concentration variations used were 0.2 gr/l; 0.4 gr/l and 0.6 gr/l. Based on the characterization test of Scanning Electron Microscopy (SEM) and Energy Dispersive Spectroscopy (EDS), less agglomeration was formed on the surface coating at SDS concentration of 0,4 gr/l formed of less agglomeration and Ni-TiAlN composition 39,83% than SDS 0,2gr/L and 0,6 gr/l. Based on X-Ray Diffraction (XRD) test and hardness test of crystal size increase and followed by increase of layer hardness value in every increte of SDS concentration variation.

Keywords: *Electrodeposition, Ni-TiAlN composite thin layer, Sodium Dodecyl Sulfate (SDS).*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahNya maka karya ilmiah ini berhasil diselesaikan oleh penulis. Jenis penelitian ini adalah penelitian Sains yang dilaksanakan sejak bulan April 2017 dengan judul Pembentukan Lapisan Tipis Komposit Ni-TiAlN Menggunakan Teknik Elektrodeposisi dengan Variasi Konsentrasi *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS).

Terimakasih penulis ucapkan kepada bapak Dr. Esmar Budi, M.T dan bapak Dr. Iwan Sugihartono, M.Si selaku dosen pembimbing I dan pembimbing II yang telah memberi masukan dan saran. Terimakasih pula kepada Pembimbing Akademik bapak Prof. Dr. Agus Setyo Budi, M.Sc yang telah membimbing penulis secara akademik selama kuliah di Program Studi Fisika FMIPA UNJ. Disamping itu penghargaan penulis disampaikan kepada Koordinator Program Studi Fisika yaitu ibu Dr. Widyaningrum Indrasari, M.Si., Wakil Dekan Bidang Akademik ibu Dr. Muktiningsih, M.Si dan Dekan FMIPA UNJ bapak Prof. Dr. Suyono, M.Si yang telah membantu selama penyelesaian studi.

Ungkapan terima kasih disampaikan kepada Ayah, ibu, seluruh keluarga, serta seluruh sahabat atas segala doa dan kasih sayangnya. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada teknisi Laboratorium Fisika Material FMIPA UNJ serta teman-teman angkatan 2013 atas bantuan dan persahabatannya. Semoga karya ilmiah ini bermanfaat

Jakarta, Agustus 2017

Yulia Ermadiana

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PERSETUJUAN PANITIA UJIAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Perumusan Masalah	4
1.5 Tujuan Penelitian	4
1.6 Manfaat Penelitian	5
BAB II	6
KAJIAN PUSTAKA	6
2.1 <i>Sodium Dodecyl Sulfate</i> (SDS)	6
2.2 Lapisan Komposit Ni-TiAlN	7
2.3 Elektrodeposisi	8
2.4 Substrat Katoda Tungsten Karbida WC	12
2.5 Struktur Kristal	14
2.6 X-Ray Diffraction (XRD)	15
2.7 <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM)	18
2.8 Uji Keras (<i>Hardness Test</i>)	19
2.8.1 Metode Vickers	21
BAB III	24
METODOLOGI PENELITIAN	24
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	24

3.1.1 Waktu Penelitian.....	24
3.1.2 Tempat Penelitian	24
3.2 Metode Penelitian	24
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	24
3.3.1 Alat Penelitian	24
3.3.2 Bahan Penelitian	25
3.4 Pengujian	25
3.4.1 Uji <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM).....	25
3.4.2 <i>Energy Dispersive Spectroscopy</i> (EDS)	26
3.4.3 Uji <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	26
3.4.4 Uji Keras (<i>Hardness Test</i>)	26
3.5 Diagram Alir Penelitian	27
3.6 Prosedur Penelitian	28
3.6.1 Persiapan Substrat.....	28
3.6.2 Pembuatan Larutan Elektrolit.....	28
3.6.3 Proses Elektrodeposisi	30
3.7 Pengujian	31
3.7.1 Pengujian Morfologi dan Grafik EDS Komposisi Lapisan Komposit Ni-TiAlN.....	31
3.7.2 Pengujian Karakterisasi Struktur Kristal Lapisan Komposit Ni-TiAlN	31
3.7.3 Pengujian Kekerasan Lapisan Komposit Ni-TiAlN	32
BAB IV	33
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	33
4.1 Morfologi Lapisan Ni-TiAlN	33
4.2 Komposisi Lapisan Ni-TiAlN.....	35
4.2.1 Konsentrasi <i>Sodium Dodecyl Sulfate</i> (SDS) 0,2 g/l.....	35
4.2.2 Konsentrasi <i>Sodium Dodecyl Sulfate</i> (SDS) 0,4 g/l.....	37
4.2.3 Konsentrasi <i>Sodium Dodecyl Sulfate</i> (SDS) 0,6 g/l.....	38
4.2.4 Data Perbandingan Jumlah Komposisi Massa Unsur Variasi Konsentrasi <i>Sodium Dodecyl Sulfate</i> (SDS) 0,2; 0.4 dan 0.6 g/l.....	40
4.3 Pengujian <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	42
4.3.1 Konsentrasi <i>Sodium Dodecyl Sulfate</i> (SDS) 0.2 g/l.....	42
4.3.2 Konsentrasi <i>Sodium Dodecyl Sulfate</i> 0,4 g/l.....	43

4.3.3	Konsentrasi <i>Sodium Dodecyl Sulfate</i> 0.6 g/l.....	45
4.3.4	Analisa Perbandingan XRD dengan Variasi Konsentrasi <i>Sodium Dodecyl Sulfate</i> 0,2; 0,4 dan 0,6 g/l.....	46
4.4	Pengujian <i>Micro Hardness</i>	49
4.4.1	Analisa Perbandingan Hasil Uji Keras dengan Variasi Konsentrasi <i>Sodium Dodecyl Sulfate</i> 0,2; 0,4 dan 0,6 g/l.....	51
BAB V	.....	54
PENUTUP	.....	54
5.1	Kesimpulan	54
5.2	Saran	54
DAFTAR PUSTAKA	.....	55
LAMPIRAN	.....	59

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Lattice pada tiga dimensi.....	14
Tabel 2.2 Penentuan Struktur Kristal	15
Tabel 2.3 Data Nilai Keras Logam.....	23
Tabel 3.1 Komposisi Bahan-bahan Larutan Elektrolit.....	29
Tabel 4.1 Komposisi Lapisan Ni-TiAlN Dengan SDS 0,2 g/l	36
Tabel 4.2 Komposisi Lapisan Ni-TiAlN Dengan Konsentrasi SDS 0,4 g/L.....	38
Tabel 4.3 Komposisi Lapisan Ni-TiAlN Dengan Konsentrasi SDS 0,6 g/l.....	40
Tabel 4.4 Data Perbandingan Komposisi Massa Unsur dengan Variasi Konsentrasi SDS 0,2; 0,4 dan 0,6 g/l.....	40
Tabel 4.5 Variasi Konsentrasi SDS 0,2 g/l.....	43
Tabel 4.6 Data Hasil Uji Vickers Dengan SDS 0,6 g/l	51

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Struktur Molekul Sodium Dodecyl Sulfate (SDS)	7
Gambar 2.2 Skema Struktur Kristal TiAlN	8
Gambar 2.3 Elektrodeposisi Pada Pembentukan Lapisan Komposit	9
Gambar 2.4 Substrat Tungsten Karbida	13
Gambar 2.5 Difraksi Sinar-X	16
Gambar 2.6 Grafik Perbandingan Fasa Ti, Al, Ni dengan Perbedaan Rapat Arus	17
Gambar 2.7 Blok Diagram SEM	19
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	27
Gambar 3.2 (a) Bahan Larutan Elektrolit Sebelum Dilarutkan dengan Aquades dan (b) Larutan Elektrolit	29
Gambar 3.3 (a) Proses Elektrodeposisi (b) Rangkaian Potensiostat	30
Gambar 3.4 Lapisan yang Terbentuk Pada Substrat Tungsten Karbida dengan Metode Elektrodeposisi	31
Gambar 4.1 Morfologi Lapisan Ni-TiAlN dengan Konsentrasi SDS 0,2 g/l	33
Gambar 4.2 Morfologi Lapisan Ni-TiAlN dengan Konsentrasi SDS 0,4 g/l	34
Gambar 4.3 Morfologi Lapisan Ni-TiAlN dengan Konsentrasi SDS 0,6 g/l	34
Gambar 4.4 Grafik Komposisi Lapisan Ni-TiAlN Dengan Konsentrasi SDS 0,2 g/l.....	35
Gambar 4.5 Grafik Komposisi Lapisan Ni-TiAlN Dengan Konsentrasi SDS 0,4 g/l.....	37
Gambar 4.6 Grafik Komposisi Lapisan Ni-TiAlN Dengan Konsentrasi SDS 0,6 g/l.....	39
Gambar 4.7 Data Perbandingan Komposisi Massa Unsur Variasi Konsentrasi SDS 0,2; 0,4 dan 0,6 g/l.....	41
Gambar 4.8 Grafik Difraksi Dengan Variasi Konsentrasi SDS 0,2 g/l	42
Gambar 4.9 Grafik Difraksi Dengan Variasi Konsentrasi SDS 0,4 g/l	44
Gambar 4.10 Grafik Difraksi Dengan Variasi Konsentrasi SDS 0,6 g/l	45
Gambar 4.11 Grafik Perbandingan XRD Variasi Konsentrasi SDS 0,2; 0,4 dan 0,6 g/l.....	47

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Komposisi Bahan Larutan Elektrolit	59
Lampiran 2 EDS Komposisi Sodium Dodecyl Sulfate 0,2 g/l.....	61
Lampiran 3 EDS Komposisi Sodium Dodecyl Sulfate 0,4 g/l.....	62
Lampiran 4 EDS Komposisi <i>Sodium Dodecyl Sulfate</i> 0,6 g/l.....	63
Lampiran 5 Pengolahan Sodium Dodecyl Sulfate 0,2 g/l	64
Lampiran 6 Pengolahan Data Difraksi Sodium Dodecyl Sulfate 0,2 g/l	65
Lampiran 7 Pengolahan Sodium Dodecyl Sulfate 0,4 g/l	66
Lampiran 8 Pengolahan Data Difraksi Sodium Dodecyl Sulfate 0,4 g/l	67
Lampiran 9 Pengolahan Sodium Dodecyl Sulfate 0,6 g/l	68
Lampiran 10 Pengolahan Sodium Dodecyl Sulfate 0,6 g/l	69
Lampiran 11 Jejak Identor Micro Hardness	70

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sejalan dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, penggunaan logam tidak dapat dipisahkan dari kehidupan sehari-hari, dengan demikian logam harus memiliki tampilan yang sesuai dengan kondisi yang dibutuhkan (Ksatriotomo, 2015). Salah satu teknik material yang sedang dikembangkan adalah teknik pelapisan material dengan ukuran nano. Pelapisan ini dideposisikan pada substrat tertentu. Penumbuhannya dapat dilakukan dengan berbagai metode antara lain: *electrodeposition*, *evaporation*, *Physical Vapour Deposition* (PVD) dan *Chemical Vapor Deposition* (CVD). Teknik penumbuhan lapisan dengan metode elektrodeposisi atau *electroplating* memiliki beberapa keunggulan antara lain: lapisannya lebih merata, daya rekatnya lebih baik, proses pelapisan tidak membutuhkan tegangan listrik terlalu tinggi dan membuat tampilan struktur cerah (Aminah, 2011).

Dalam teknologi logam, proses pelapisan listrik termasuk ke dalam proses pengerjaan akhir (*metal finishing*). Fungsi utama dari pelapisan logam adalah memperbaiki penampilan, misalnya: pelapisan Emas, Perak, Kuningan, dan Tembaga. Teknik elektrodeposisi juga memperbaiki kehalusan atau bentuk permukaan, misalnya: pelapisan Nikel, *Chromium*, Tungsten Karbida, selain itu juga melindungi logam dasar dari korosi baik itu melindungi dengan logam yang lebih mulia seperti pelapisan Platina, Emas dan Baja atau melindungi dengan logam dasar yang kurang mulia seperti pelapisan seng pada baja dan terakhir adalah meningkatkan ketahanan produk terhadap gesekan (abrasi) (Ahmad, 2011).

Proses elektrodeposisi sendiri dapat didefinisikan sebagai deposisi elektrolit logam akibat reaksi reduksi pada elektroda katoda atau substrat, dimana hasil akhir dalam proses ini adalah sebuah lapisan tipis pada permukaan substrat (Mansyur & Dogra 1990). Pada proses elektrodeposisi, Nikel banyak digunakan untuk bahan rekayasa yang bertindak sebagai matriks logam. Lapisan tipis komposit dari matriks logam mengandung partikel penguat yang terdispersi

didalamnya, biasanya mempunyai berbagai sifat khusus seperti pengerasan, tahan terhadap suhu tinggi, tahan gesekan dan tahan korosi. Sifat-sifat ini bergantung pada morfologi dan partikel pengisi (penguat) dalam lapisan komposit (Zhao, Jiang, Xu, Cai, Zhang, & Fu, 2015).

Selain beberapa jenis partikel keras tersebut, Titanium Aluminium Nitrida (TiAlN) sebagai salah satu bahan yang menjanjikan karena kemampuannya untuk membentuk lapisan yang sangat keras dan padat dengan kekerasan yang dapat tahan dengan suhu tinggi (Veprek, Haussmann, Reiprich, Shizhi, & Dian, 1996). Kemudian partikel pengisi yang sulit untuk terdeposisi dikarenakan sulitnya dispersi partikel didalam larutan elektrolit. Ketika dua partikel berdekatan satu sama lain, ada energy yang menentukan apakah partikel akan terpisah atau menggumpal (aglomerasi). Secara umum aglomerasi terjadi karena energi tarik lebih besar dibandingkan energi tolak antar partikel. Sifat dan karakteristik lapisan tipis komposit Ni-TiAlN hasil elektodeposisi banyak dipengaruhi oleh parameter proses, meliputi: konsentrasi larutan, kerapatan arus, suhu, pH larutan dan konsentrasi *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS) sebagai surfaktan (Hidayu, Taer & Sugianto 2016).

Surfaktan berfungsi sebagai pengaktif tegangan permukaan sampel agar tidak terjadi penggumpalan antar partikel, memperkecil dan mengontrol ukuran partikel yang terbentuk, serta membantu dalam pembentukan struktur pori (Hidayu, Taer & Sugianto 2016). Penambahan surfaktan dalam larutan akan menyebabkan turunnya tegangan permukaan larutan. Dengan menambahkan SDS pada konsentrasi tertentu bisa meningkatkan keunggulan *filler* matriks komposit (Nainggolan, 2014). Setelah mencapai konsentrasi tertentu, tegangan permukaan akan konstan walaupun konsentrasi surfaktan ditingkatkan. Bila surfaktan ditambahkan melebihi konsentrasi ini maka surfaktan membentuk misel. Konsentrasi terbentuknya misel ini disebut *Critical Micelle Concentration* (CMC). Tegangan permukaan akan menurun hingga *Critical Micelle Concentration* (CMC) tercapai. Setelah *Critical Micelle Concentration* (CMC) tercapai, tegangan permukaan akan konstan menunjukkan bahwa antarmuka menjadi jenuh dan terbentuknya misel yang berada dalam keseimbangan dinamis

dengan monomernya. (Nainggolan, 2014). Selain itu penambahan surfaktan akan mempengaruhi nilai parameter kisi yang dihasilkan, semakin tinggi parameter kisi yang didapatkan (Tebriani, Syukri & Dahlan 2013).

Berdasarkan pemaparan diatas, penulis melakukan pengembangan penelitian lapisan komposit Ni-TiAlN dengan metode elektrodeposisi. Berdasarkan penelitian (Ksatrio, 2015) waktu proses pendeposisian dilakukan selama 15 menit. Pengembangan penelitian yang dilakukan yaitu memvariasikan penggunaan konsentrasi SDS. Penelitian variasi SDS ini diharapkan dapat mengetahui pengaruh konsentrasi SDS terhadap morfologi permukaan, sistem kristal dan kekerasan pada lapisan tipis komposit Ni-TiAlN yang sudah terbentuk.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka dapat diidentifikasi masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS) terhadap pembentukan lapisan komposit Ni-TiAlN dengan proses elektrodeposisi?
2. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS) terhadap morfologi permukaan lapisan komposit Ni-TiAlN yang telah terbentuk?
3. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS) terhadap sistem kristal lapisan komposit Ni-TiAlN yang telah terbentuk?
4. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS) terhadap kekerasan pada lapisan komposit Ni-TiAlN yang telah terbentuk?

1.3 Batasan Masalah

Pembatasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pembentukan lapisan komposit Ni-TiAlN menggunakan metode elektrodeposisi.
2. Pembentukan lapisan komposit Ni-TiAlN disintesis pada substrat Tungsten Karbida (WC) selama 15 menit dengan arus listrik 3 mA menggunakan pengadukan *low speed* (850,5 rpm).
3. Menggunakan tiga variasi konsentrasi *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS) sebanyak 0,2 g/l; 0,4 g/l dan 0,6 g/l.
4. Menguji lapisan komposit Ni-TiAlN menggunakan pengujian *Scanning Electron Microscopy* (SEM), *Hardness* dan *X-Ray Diffraction* (XRD).

1.4 Perumusan Masalah

Dari uraian di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan pada penelitian ini adalah pengaruh variasi konsentrasi *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS) terhadap pembentukan lapisan komposit Ni-TiAlN.

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Membentuk lapisan komposit Ni-TiAlN dengan variasi konsentrasi *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS) menggunakan metode elektrodeposisi.
2. Menentukan pengaruh variasi konsentrasi *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS) terhadap morfologi permukaan lapisan komposit Ni-TiAlN.
3. Menentukan pengaruh variasi konsentrasi *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS) terhadap struktur kristal lapisan komposit Ni-TiAlN.
4. Menentukan pengaruh variasi konsentrasi *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS) terhadap kekerasan lapisan komposit Ni-TiAlN. \

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memberikan informasi tentang struktur morfologi, struktur kristal dan tingkat kekerasan pada lapisan komposit Ni-TiAlN hasil karakterisasi dengan alat *Scanning Electron Microscopy (SEM)*, *Electron Dispersive Spectroscopy (EDS)*, Kekerasan (*Hardness*) dan *X-Ray Diffraction (XRD)*.
2. Mengetahui pengaruh variasi konsentrasi *Sodium Dodecyl Sulfate (SDS)* terhadap morfologi permukaan, struktur kristal dan kekerasan pada lapisan komposit Ni-TiAlN.
3. Memberikan referensi untuk penelitian lebih lanjut tentang pembentukan lapisan komposit Ni-TiAlN menggunakan teknik elektrodeposisi dengan variasi konsentrasi *Sodium Dodecyl Sulfate (SDS)*.

BAB II

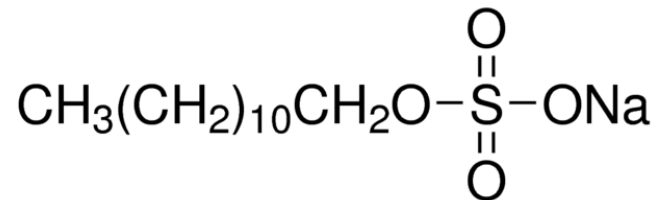
KAJIAN PUSTAKA

2.1 *Sodium Dodecyl Sulfate (SDS)*

Surfaktan merupakan suatu molekul sekaligus memiliki gugus hidrofilik dan gugus lipofilik sehingga dapat mempersatukan campuran yang terdiri dari air dan minyak. Surfaktan adalah bahan aktif permukaan. Aktifitas surfaktan diperoleh karena sifat ganda dari molekulnya. Molekul surfaktan memiliki bagian polar yang suka akan air (hidrofilik) dan bagian non polar yang suka akan minyak atau lemak (lipofilik). Bagian polar molekul surfaktan dapat bermuatan positif, negatif atau netral. Sifat rangkap ini yang menyebabkan surfaktan dapat diadsorbsi pada antar muka udara-air, minyak-air dan zat padat-air membentuk lapisan tunggal dimana gugus hidrofilik berada pada fase air dan rantai hidrokarbon ke udara, dalam kontak dengan zat padat ataupun terendam dalam fase minyak (Salager, 2002).

Penambahan surfaktan dalam larutan akan menyebabkan turunnya tegangan permukaan larutan. Setelah mencapai konsentrasi tertentu, tegangan permukaan akan konstan walaupun konsentrasi surfaktan ditingkatkan. Bila surfaktan ditambahkan melebihi konsentrasi ini maka surfaktan membentuk misel. Konsentrasi terbentuknya misel ini disebut *Critical Micelle Concentration (CMC)*. Tegangan permukaan akan menurun hingga *Critical Micelle Concentration (CMC)* tercapai. Setelah *Critical Micelle Concentration (CMC)* tercapai, tegangan permukaan akan konstan menunjukkan bahwa antarmuka menjadi jenuh dan terbentuknya misel yang berada dalam keseimbangan dinamis dengan monomernya. *Sodium Dodecyl Sulfate (SDS)* dengan rumus bangun $C_{12}H_{25}NaSO_4$ merupakan salah satu jenis surfaktan anionik yang biasa digunakan sebagai bahan baku deterjen. Dengan penambahan SDS pada konsentrasi tertentu bisa meningkatkan keunggulan dari pada *filler* matriks komposit (Nainggolan, 2014).

Pada gambar 2.1 merupakan struktur molekul dari *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS) :



Gambar 2.1 Struktur Molekul *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS)

(Surdla, 1993)

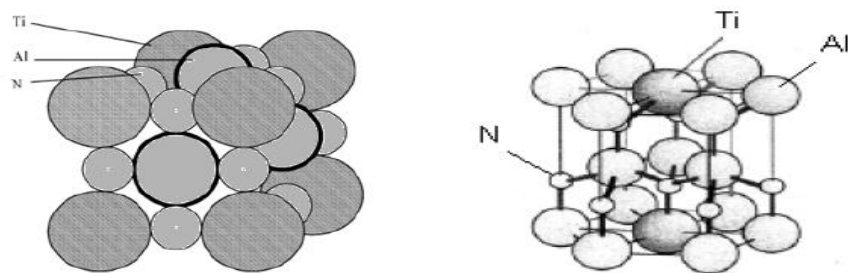
2.2 Lapisan Komposit Ni-TiAlN

Ni (Nikel) adalah kelompok VIII elemen dari tabel periodik mempunyai nomor dan berat atom 28. Nikel merupakan kelompok komposit bagian dari salah satu logam. Struktur kristal dari Nikel adalah FCC (*Face Centered Cubic*) dengan jari-jari atom 0.1246 nm. Nikel mempunyai nilai modulus elastis sebesar 207 GPa, titik yield sebesar 138 MPa dan kekuatan tarik sebesar 480 MPa. Nikel memiliki titik leleh sebesar 2651 K dan suhu rekristalisasi sebesar 1455°C (Callister & Rethwisch 2009).

Titanium Nitrida adalah bahan pelapis yang telah banyak digunakan sebagai lapisan pelindung tipis karena resistensi yang tinggi terhadap korosi oleh asam kuat, kekerasan tinggi, lebur tinggi titik (2927°C) dan kecenderungan sintering rendah, yang membuatnya sangat cocok untuk aplikasi dalam suhu tinggi katalisis heterogen . TiN dapat diproduksi oleh deposisi uap fisik atau oleh deposisi uap kimia pada suhu lebih tinggi dari 950°C. TiN telah menjadi bahan yang menarik untuk dimasukkan ke dalam matriks Nikel. Partikel TiN telah memiliki ukuran butir rata-rata 14-50 nm (Magdy, F & Saleh 2013).

Titanium Aluminium Nitrida (TiAlN) merupakan paduan pelapis keras metastabil yang terdiri dari unsur-unsur logam Titanium Aluminium dan Nitrogen untuk meningkatkan sifat mekanik dan kimia dari material. TiAlN merupakan salah satu jenis *coating* yang digunakan untuk meningkatkan ketahanan aus

substrat Tungsten Karbida (WC). Kombinasi Ni sebagai matriks logam pada lapisan komposit dan partikel keras seperti TiN dipilih untuk meningkatkan kekerasan (Khasanah, Budi, & Fahdiran, 2015). Kemudian tingkat keras pada Titanium Alumunium Nitrida yaitu 2000-3500 kg/mm² (Veprek & Reiprich, 1995).



Gambar 2.2 Skema Struktur Kristal TiAlN

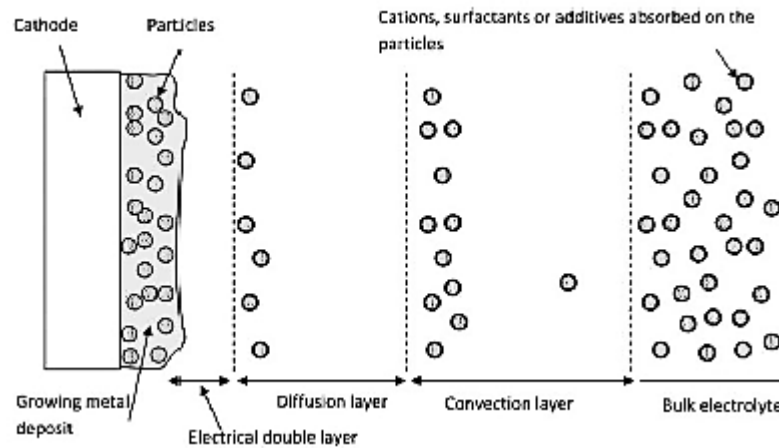
(Budi, et al. 2013)

2.3 Elektrodeposisi

Elektrodeposisi merupakan kaidah pelapisan berdasarkan prinsip elektrokimia untuk membentuk lapisan komposit logam dan bukan logam (Budi, et al.,2013). Prinsip pelapisan logam secara listrik adalah penempatan ion logam yang ditambah elektron pada logam yang dilapisi, yang mana ion-ion logam tersebut didapat dari anoda dan larutan elektrolit yang digunakan (Warsiti, 2005). Kaidah ini digunakan untuk mendeposisikan partikel berukuran mikro atau sub-mikro pada matrik logam atau bukan logam. (Budi, et al., 2015).

Transfer muatan pada permukaan elektroda berhubungan dengan *transport* ion-ion elektrolit. Jika yang terlibat adalah ion yang tidak bermuatan, maka perpindahannya ditentukan oleh konveksi dan difusi ion dalam larutan. Dalam spesies yang bermuatan, medan listrik turut mempengaruhi proses perpindahan reaktan ke permukaan elektroda. Kecepatan perpindahan massa tersebut dapat

dinaikkan menggunakan beberapa cara antara lain : meningkatkan konsentrasi reaktan, meningkatkan pengadukan, atau meningkatkan temperatur larutan.



Gambar 2.3 Elektrodeposisi Pada Pembentukan Lapisan Komposit

(de Leon & Walsh 2014)

Pada gambar 2.3 menggambarkan peristiwa elektrodeposisi terjadi pada lapisan komposit, dengan rumusan :



Dimana :

M^{+Z} : ion logam

M : logam

z : nomer atom

e^{-} : elektron (Budi, et al., 2013).

Hukum Faraday adalah hukum dasar untuk elektrolisis. Hukum ini digunakan untuk menjelaskan pemakaian sel elektrolisis dalam analisis kimia. Hukum elektrolisis Faraday menyatakan bahwa jumlah zat yang bereaksi pada elektroda sebanding dengan jumlah arus listrik yang mengalir melalui sel elektrokimia.

Berdasarkan hukum diatas maka dapat dihitung jumlah zat yang mengendap pada elektroda berdasarkan persamaan 2.1 :

$$W = \frac{(BM)(i)(t)}{(n)(96500)} \quad (2.1)$$

dengan

W : massa logam yang terdeposisi (gram)

BM : berat atom atau molekul

n : jumlah elektron yang terlibat dalam elektrolisis

i : arus listrik (ampere)

t : waktu elektrolisis (detik)

(Wibowo, 2006)

Elektrodeposisi dipengaruhi oleh beberapa variabel diantaranya adalah rapat arus, suhu, waktu deposisi, pengadukan, substrat, keasaman larutan (pH), konsentrasi larutan dan potensial listrik.

a. Rapat arus

Rapat arus mempengaruhi proporsi logam deposit. Rapat arus yang kecil menyebabkan ion bermuatan yang bergerak sedikit, sehingga endapan yang terbentuk sedikit. Semakin besar rapat arus menyebabkan ion bermuatan semakin banyak yang bergerak membentuk endapan.

b. Suhu

Suhu bahan mempengaruhi intensitas refleksi pola difraksi sinar X. Dalam keadaan normal, atom-atom menempati posisi yang tepat pada bidang kristal. Diatas suhu nol mutlak, atom-atom di dalam kristal mengalami getaran panas atau vibrasi termal. Vibrasi termal mengakibatkan jarak antar bidang berubah-ubah sehingga intensitas menurun saat suhu naik. Pemanasan setelah mencapai kondisi jenuh akan menyebabkan terbentuknya pori-pori mikro pada lapisan. Adanya pori-pori lapisan mengakibatkan terjadinya penurunan kerapatan dan keteraturan

atom-atom lapisan tipis yang terbentuk. Peningkatan suhu larutan tidak merubah struktur kristal tetapi mengakibatkan pembentukan lapisan tipis pada orientasi bidangnya semakin mantap.

c. Waktu

Semakin lama proses elektrodposisi, maka endapan yang terbentuk semakin banyak. Endapan hanya terbentuk jika ion-ion yang akan dideposisikan dalam larutan masih ada. Jika kandungan ion-ion dalam larutan telah habis maka tidak akan lagi terbentuk endapan atau lapisan.

d. Pengadukan

Pengadukan larutan elektrolit saat proses elektrodposisi akan mengurangi gelembung-gelembung gas hidrogen. Gelembung-gelembung gas hidrogen ini akan menempel pada anoda dan katoda, sehingga menghalangi proses pelepasan ion dari anoda dan menghambat proses penangkapan ion-ion pelapis oleh katoda. Terhalangnya pelepasan ion-ion pelapis dari anoda mengakibatkan jumlah ion-ion pelapis yang didistribusikan ke katoda menjadi sedikit dan terhambatnya penangkapan ion-ion pelapis oleh katoda mengakibatkan lapisan yang terbentuk tidak rata dan berlubang-lubang. Proses pengadukan larutan pada saat proses elektrodposisi dibedakan menjadi tiga kecepatan yaitu, *low speed*, *medium speed* dan *high speed*. Pada penelitian sebelumnya hasil lapisan optimum didapatkan morfologi lapisan yang halus terdapat pada pengadukan *low speed* (Permatasari, 2015).

e. Substrat

Substrat yang digunakan dalam elektrodposisi berpengaruh pada sifat magnetik lapisan tipis yang terbentuk. Substrat selain sebagai tempat menampung deposit juga berfungsi sebagai lapisan penyangga atau cetakan dimana struktur morfologi dan volume lapisan yang akan ditumbuhkan bergantung pada morfologi substratnya (Muarief, 2015)

f. Keasaman (pH)

Keasaman (pH) lebih mempengaruhi sifat fisik deposit dari pada komposisinya. Semakin asam larutan konsentrasi ion hidrogennya semakin tinggi dan hantaran arus dari anoda ke katoda semakin besar sehingga semakin banyak ion-ion pelapis yang didistribusikan ke katoda.

g. Konsentrasi larutan elektrolit

Semakin tinggi konsentrasi larutan elektrolit berarti jumlah ion logam yang terkandung dalam larutan semakin banyak sehingga lapisan yang terbentuk semakin tebal.

h. Potensial listrik

Potensial rendah menyebabkan reaksi reduksi oksidasi tidak akan terjadi. Potensial yang digunakan harus lebih besar dari potensial elektroda standar. Potensial elektroda standar adalah beda potensial antara elektroda hidrogen standar dengan setengah sel yang terdapat pada elektroda yang tercelup dalam larutannya. Pada potensial standar hanya akan terbentuk gas yang menutupi elektroda. Jika potensial yang diberikan terlalu tinggi menyebabkan penempatan ion pelapis sangat cepat sehingga lapisan tidak rata dan kasar. Beda potensial mengakibatkan adanya pergerakan ion-ion dalam sistem (Jannah, 2006).

2.4 Substrat Katoda Tungsten Karbida WC

Dalam proses elektrodposisi, substrat atau bahan dasar logam digunakan sebagai katoda didalam larutan elektrolit yang mana menjadi tempat lapisan akan diendapkan. Katoda adalah elektroda yang dihubungkan dengan kutub negatif sumber arus dan tempat terjadinya reaksi reduksi, karena elektron-elektron meninggalkan sumber arus dan masuk kedalam sel elektrolisis pada elektroda tersebut. Pemilihan elektroda harus memiliki kumpulan atom-atom yang terikat dimana elektron-elektronnya dapat bergerak bebas sehingga proses elektrodposisi dapat berlangsung dengan baik dan logam dapat menempel dengan kuat pada substrat (Muarief, 2015).

Tungsten juga dikenal sebagai Wolfram, adalah unsur kimia dengan symbol W dan nomor atom 74. Dalam bentuk mentah, Tungsten adalah baja abu-abu keras logam yang sering rapuh dan sulit untuk dimanfaatkan. Jika dibuat sangat murni, Tungsten memiliki kekerasan (yang melebihi baja), dan menjadi cukup mudah untuk dimanfaatkan. Hal ini membutuhkan proses untuk menghasilkannya dengan cara ditempa, ataupun diekstrusi. Logam tungsten juga sering dibentuk melalui proses sintering.

Dari semua logam dalam bentuk murni, Tungsten memiliki titik leleh tertinggi (3.442°C), tekanan uap terendah (pada suhu diatas 1.650°C) dan kekuatan tarik tertinggi. Meskipun karbon tetap padat pada suhu yang lebih tinggi dari pada Tungsten dan pada saat itu karbon menyublim, bukan mencair, Tungsten tetap dianggap memiliki titik lebur yang lebih tinggi. Tungsten memiliki koefisien ekspansi termal terendah dari setiap logam murni. Ekspansi termal yang rendah, titik lebur yang tinggi dan kekuatan tarik Tungsten yang kuat berasal dari ikatan kovalen yang terbentuk antar atom Tungsten oleh elektron 5d. Logam tungsten mempunyai potensi reduksi sebesar 0.28 V (Permatasari, 2015). Pada Tungsten Karbida ada dua senyawa yang terdapat di dalam material tungsten karbida ini ialah pada tungsten dan karbon, WC dan semi tungsten karbida, W_2C . Kedua senyawa dapat hadir dalam pelapis dan proporsi dapat bergantung pada metode lapisan. WC dapat dibuat dengan reaksi logam tungsten dan karbon pada $1400\text{-}2000^{\circ}\text{C}$



Gambar 2.4 Substrat Tungsten Karbida

2.5 Struktur Kristal

Struktur kristal adalah suatu keteraturan susunan atom-atom dalam suatu zat padat. Atom-atom dan molekul-molekul dari bahan tersebut akan tersusun secara beraturan, sehingga membentuk suatu pola tiga dimensi yang dapat digambarkan sebagai suatu kelipatan atau pengulangan dari suatu pola satuan yang dikenal sebagai sel satuan atau *unit cell*. Pada umumnya kristal tersusun dari basis dan *lattice*, basis adalah sekumpulan atom dan *lattice* (kisi) adalah sebuah susunan titik yang teratur dan periodik didalam ruang. Sistem, jumlah kisi, sumbu konvensional dan sudut dapat dilihat pada tabel 2.1:

Tabel 2.1 Lattice pada tiga dimensi

Sistem	Jumlah Kisi	Sumbu Konvensional	Sudut
Triklinik	1	$|\vec{a}_1| \neq |\vec{a}_2| \neq |\vec{a}_3|$	$\alpha \neq \beta \neq \gamma$
Monoklinik	2	$|\vec{a}_1| \neq |\vec{a}_2| \neq |\vec{a}_3|$	$\alpha = \gamma = 90^\circ \neq \beta$
Ortrombik	4	$|\vec{a}_1| \neq |\vec{a}_2| \neq |\vec{a}_3|$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
Tetragonal	2	$|\vec{a}_1| = |\vec{a}_2| \neq |\vec{a}_3|$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
Kubus	3	$|\vec{a}_1| = |\vec{a}_2| = |\vec{a}_3|$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
Trigonal	1	$|\vec{a}_1| = |\vec{a}_2| = |\vec{a}_3|$	$\alpha = \beta = \gamma \leq 120^\circ, \neq 90^\circ$
Hexagonal	1	$|\vec{a}_1| = |\vec{a}_2| \neq |\vec{a}_3|$	$\alpha = \beta = 90^\circ \gamma = 120^\circ$

(Kittel, 2005)

Sistem Indeks (Indeks Miller) digunakan untuk menyatakan bidang kristal (indeks bidang), untuk menyatakan bidang kristal dengan cara :

1. Menentukan titik potong antara bidang yang bersangkutan dengan sumbu-sumbu ($\vec{a}_1, \vec{a}_2, \vec{a}_3$) atau sumbu-sumbu primitif atau konvensional dalam satuan konstanta *lattice* (a_1, a_2, a_3).

- Menentukan kebalikan (*reciprok*) dari bilangan-bilangan sebelumnya, dan kemudian menentukan tiga bilangan bulat (terkecil) yang mempunyai perbandingan yang sama pada indeks (h k l) (Kittel, 2005).
- Untuk menentukan struktur kristal apakah merupakan struktur kristal *Simple Cubic* (SC), *Body Centered Cubic* (BCC) atau *Face Centered Cubic* (FCC) ataupun yang lain diperlukan tabel 2.2 berikut ini :

Tabel 2.2 Penentuan Struktur Kristal

Struktur Kristal	$h^2 + k^2 + l^2$
<i>Simple Cubic</i> (SC)	1,2,3,4,5,6,7,8.....
<i>Body Centered Cubic</i> (BCC)	2,4,6,8,10,12,14,16,....
<i>Face Centered Cubic</i> (FCC)	3,4,8,11,12,16,19,20,24,.....

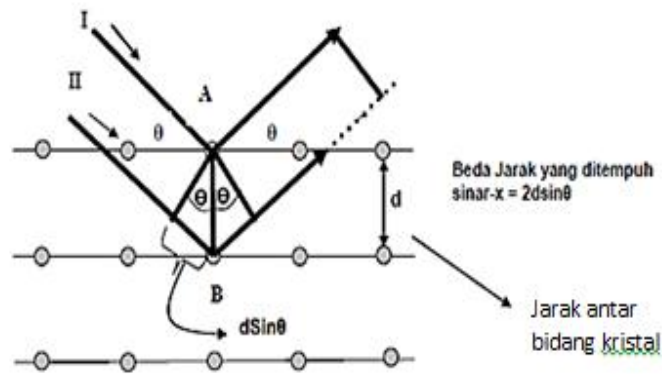
(Kittel, 2005)

2.6 X-Ray Diffraction (XRD)

Teknik difraksi (difraksi sinar-X) merupakan teknik yang sering digunakan dalam penelitian struktur kristal bahan. Sinar-X adalah gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang antara 0,5 – 2,5 Å. Sinar-X terjadi bila suatu sasaran logam ditembak oleh berkas elektron yang berenergi tinggi. Bila sinar-X bertemu dengan bahan, sebagian dari sinar-X tersebut akan ditransmisi dan sebagian lagi diserap. Spektrum pada sinar-X ada yang bersifat kontinu dan ada yang mempunyai puncak-puncak khas, hal ini dipengaruhi pada nilai voltasi yang diterapkan terhadap tabung sinar-X dan tidak bergantung pada jenis sasarnya. Spektrum ini terdiri atas beberapa komponen-komponen, yang paling umum adalah $K\alpha$ dan $K\beta$ (Surdla, 1993).

Berkas sinar-X monokromatik yang jatuh pada sebuah kristal akan terhambur kesegala arah, tetapi karena keteraturan letak atom-atom pada arah tertentu maka gelombang hambur akan berinterferensi konstruktif sedangkan pada arah yang lain akan berinterferensi destruktif. Menurut Bragg, interferensi konstruktif terjadi

bila panjang lintasan yang ditempuh sinar hamburan sejajar adalah kelipatan bilangan bulat dari panjang gelombang (λ) (Beiser, 2003).



Gambar 2.5 Difraksi Sinar-X

(Beiser, 2003)

Pola-pola difraksi akan terjadi pada :

$$2d \sin \theta = n \lambda \quad (2.2)$$

Dengan :

d : jarak antar bidang

θ : sudut difraksi

λ : panjang gelombang sinar X yang digunakan

n : orde difraksi

Persamaan diatas adalah hukum Bragg yang memberikan hubungan antara bidang dalam kristal dan sudut yang radiasi refleksinya menunjukkan intensitas maksimum untuk panjang gelombang tertentu. Secara eksperimen, hukum Bragg dapat digunakan menurut dua cara. Dengan menggunakan sinar-X dari panjang gelombang λ dan menentukan, maka dapat ditentukan jarak d dari berbagai bidang dalam kristal, ini merupakan analisa struktur. Cara lain ialah menggunakan suatu kristal dengan bidang yang diketahui jarak d , ditentukan θ , dan kemudian panjang gelombang λ dari radiasi yang digunakan dapat dicari, ini adalah

spektroskopi sinar-X. Yang menentukan arah difraksi atau sudut θ dalam kristal, ialah sistem kristal dan parameter kisi. Menggunakan persamaan dibawah ini :

$$\frac{1}{d^2} = \frac{(h+k+l)^2}{a^2} \quad (2.3)$$

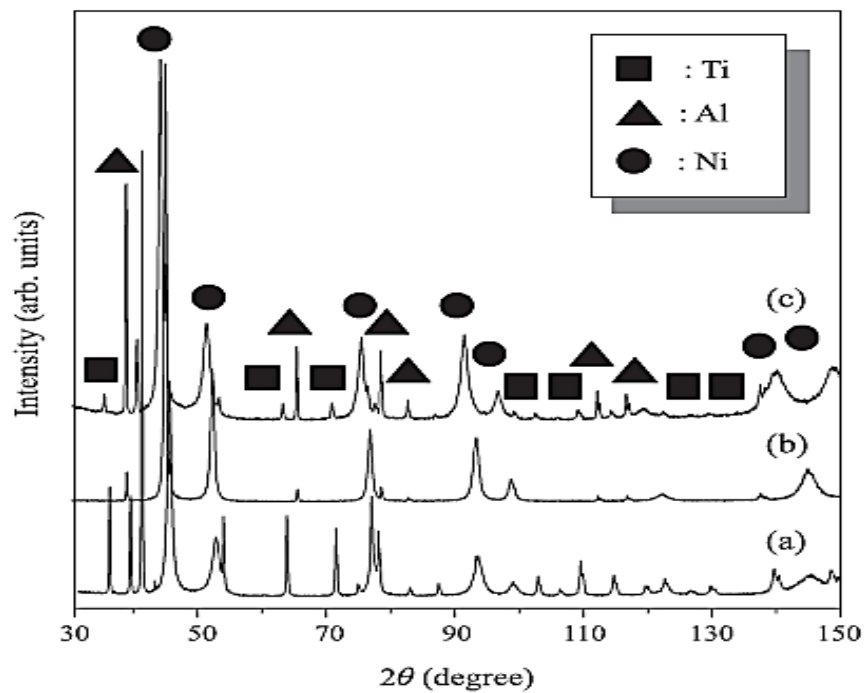
Dengan :

a : parameter kisi

d : jarak antar bidang kisi

h, k, l : indeks bidang (Surdla, 1993).

Berikut pada gambar 2.6. menjelaskan grafik XRD pada lapisan Ni-TiAlN



Gambar 2.6 Grafik Perbandingan Fasa Ti, Al, Ni dengan Perbedaan Rapat Arus

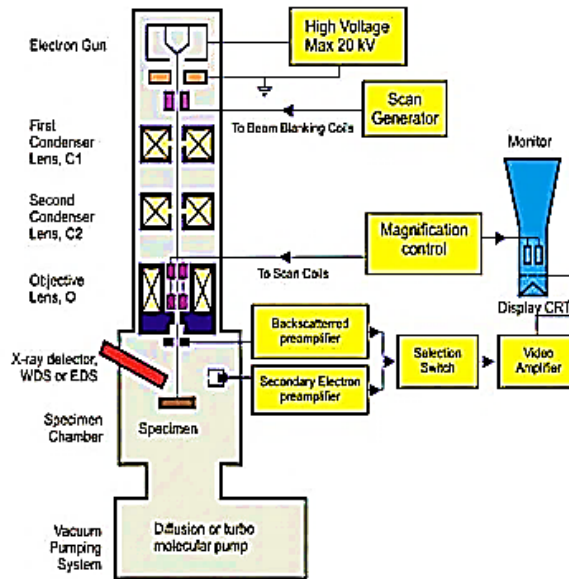
(Bilnik, Budniok, Losiewicz, L, & Lagiewka, 2004)

2.7 Scanning Electron Microscopy (SEM)

Scanning Elektron Microscopy (SEM) merupakan salah satu jenis mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk menggambarkan permukaan sampel melalui proses *scan* dengan menggunakan pancaran energi yang tinggi dari elektron dalam suatu pola *scan* (Yanti, Awaluddin, & Anggraini). Sistem alat ini menggunakan elektrostatik dan elektromagnetik yang digunakan untuk mengontrol pencahayaan dan tampilan gambar serta memiliki kemampuan pembesaran objek dan resolusi yang lebih baik dibandingkan mikroskop cahaya (Sofiana, 2015). *Scanning Electron Microscopy* (SEM) digunakan untuk mengamati morfologi permukaan, yang bertindak menetapkan secara kualitatif suatu pengamatan fisika yang berhubungan dengan luas permukaan (Huda, 2012). Elektron berinteraksi dengan atom-atom yang membuat sampel menghasilkan sinyal yang memberikan informasi mengenai permukaan topografi sampel, komposisi dan sifat-sifat lainnya (Yanti, Awaluddin, & Anggraini).

Scanning Electron Microscopy (SEM) terdiri dari sebuah senapan elektron (*elektron gun*) yang memproduksi berkas elektron yang akan dilewatkan pada beberapa lensa elektromagnetik untuk menghasilkan gambaran berukuran kurang dari 10 nm pada sampel dan ditampilkan dalam bentuk film fotografi. *Scanning raster* mendefleksikan berkas elektron untuk mengamati permukaan sampel sebelum melalui lensa elektromagnetik terakhir. Hasil *scan* ini tersinkronasi dengan tabung sinar katoda dan diproses untuk menghasilkan gambar. Tingkat kontras yang tampak pada tabung sinar katoda timbul karena hasil refleksi yang berbeda-beda dari sampel. Sewaktu berkas elektron mengenai permukaan sampel, sejumlah elektron direfleksikan sebagai *Back Scattered Electron* (BSE) dan yang lain membebaskan energi rendah *Secondary Electron* (SE).

Elektron-elektron BSE dan SE yang direfleksikan dan dipancarkan sampel dikumpulkan oleh sebuah *scintillator* yang memancarkan seberkas cahaya pada elektron yang datang kemudian diubah menjadi sinyal listrik dan diperbesar oleh *photomultiplier* (Sofiana, 2015). Mekanisme kerja atau blok diagram SEM digambarkan pada gambar 2.7



Gambar 2.7 Blok Diagram SEM

(Sujatno, Salam, Bandriyana, & Dimiyati, 2015)

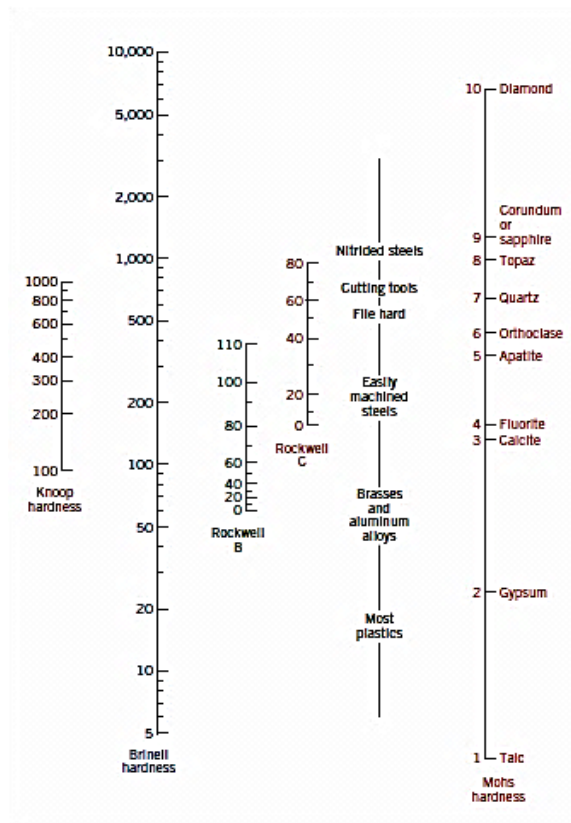
2.8 Uji Keras (*Hardness Test*)

Kekerasan (*hardness*) dapat didefinisikan sebagai kemampuan bahan untuk bertahan terhadap goresan, pengikisan (abrasi), penetrasi. Sifat ini berkaitan erat dengan sifat keausan (*wear resistance*). Dimana kekerasan ini juga mempunyai korelasi dengan kekuatan. Kekerasan logam didefinisikan sebagai ketahanan terhadap penetrasi, dan memberikan indikasi cepat mengenai perilaku deformasi (Murtiono, 2012).

Hardenability adalah sifat yang menentukan dalamnya daerah logam yang dapat dikeraskan. Pendinginan yang terlalu cepat dapat dihindarkan karena dapat menyebabkan permukaan logam (baja) retak. Kekerasan didefinisikan sebagai ketahanan sebuah benda terhadap penetrasi/daya tembus dari bahan lain yang lebih keras (penetrator). Kekerasan merupakan suatu sifat dari bahan yang sebagian besar dipengaruhi oleh unsur-unsur paduannya dan kekerasan suatu bahan tersebut dapat berubah bila dikerjakan dengan *cold worked* seperti pengerolan, penarikan, penekanan dan lain-lain serta kekerasan dapat dicapai

sesuai kebutuhan dengan perlakuan panas (Wahyuni, Rojul, Nasocha, Rosyi, Khusnia, & Ningsih).

Pengujian kekerasan bertujuan untuk mengetahui seberapa besar tingkat kekerasan logam tersebut. Metode pengujian kekerasan dapat melalui tiga metode pengujian kekerasan dengan satuan yang baku, yaitu penekanan, goresan, dan dinamik. Pengujian kekerasan dengan cara penekanan banyak digunakan oleh industri permesinan, dikarenakan prosesnya sangat mudah dan cepat dalam memperoleh angka kekerasan logam tersebut apabila dibandingkan dengan metode pengujian lainnya. Pengujian kekerasan dengan cara penekanan terdiri dari tiga jenis, yaitu pengujian kekerasan dengan metode Rockwell, Brinell, dan Vickers. Ketiga metode tersebut memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing, serta perbedaan dalam menentukan angka kekerasannya. Metode Brinell dan Vickers memiliki prinsip dasar yang sama dalam menentukan angka kekerasannya, yaitu menitikberatkan pada perhitungan kekuatan bahan terhadap setiap daya luas penampang bidang yang menerima pembebanan tersebut. Sedangkan metode Rockwell menitik beratkan pada pengukuran kedalaman hasil penekanan atau penekan (indenter) yang membentuk bekasnya (indentasi) pada benda uji (Robbina, 2012). Kemudian pada gambar 2.8 terdapat skala perbandingan tingkat keras dari beberapa material, yang dapat dijadikan rujukan untuk membandingkan hasil tingkat keras yang didapatkan pada penelitian.



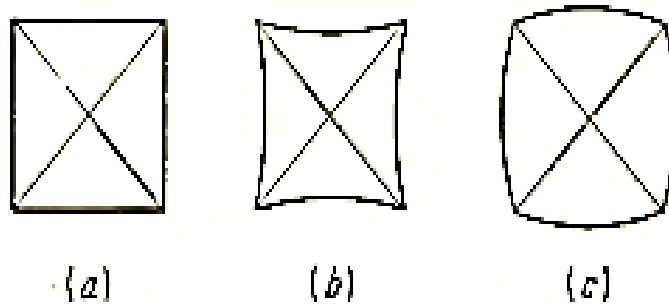
Gambar 2.8 Skala Perbandingan Tingkat Keras Material

(Callister & Rethwisch, 2009)

2.8.1 Metode Vickers

Metode Vickers berdasarkan pada penekanan oleh suatu gaya tekan tertentu oleh sebuah indenter berupa *pyramid diamond* terbalik dengan sudut puncak 136° ke permukaan logam yang akan diuji kekerasannya, dimana permukaan logam yang diuji ini harus rata dan bersih. Angka kekerasan Vickers (VHN) didefinisikan sebagai beban dibagi luas permukaan lekukan. Pengujian Vickers dapat dilakukan tidak hanya pada benda yang lunak akan tetapi juga dapat dilakukan pada bahan yang keras. Bekas penekanan yang kecil pada pengujian Vickers mengakibatkan kerusakan bahan percobaan relatif sedikit. Pada benda kerja yang tipis atau lapisan permukaan yang tipis dapat diukur dengan gaya yang relatif kecil (Robbina, 2012).

Angka kekerasan piramida intan, atau angka kekerasan Vickers, didefinisikan sebagai beban dibagi luas permukaan lekukan, prinsip pengukuran untuk kekerasan mikro vickers dapat dilihat pada Gambar 2.8



Gambar 2.9 Tipe-Tipe Lekukan Piramida Intan
(Dieter, 1961)

Keterangan gambar 2.8 :

- (a) Lekukan yang sempurna
- (b) Lekukan bantal jarum (*pinchusion*) yang disebabkan oleh penurunan
- (c) lekukan berbentuk tong yang disebabkan oleh penimbunan ke atas.

Lekukan yang benar terbuat dari penumbuk piramida intan harus berbentuk bujur sangkar yang digambarkan pada gambar 2.7 (a). Kemudian pada gambar 2.7 (b) adalah akibat terjadinya penurunan logam disekitar permukaan piramida yang datar. Keadaan demikian terdapat pada logam-logam yang dilunakan dan mengakibatkan pengukuran panjang diagonal yang berlebihan. Lekukan berbentuk tong pada gambar 2.7 (c) mengalami proses pengerjaan dingin. Bentuk demikian diakibatkan oleh penimbunan ke atas logam-logam disekitar permukaan penumbuk. Ukuran diagonal pada kondisi demikian akan menghasilkan luas permukaan kontak yang kecil, sehingga menimbulkan kesalahan angka kekerasan yang besar ada koreksi empiris untuk menanggulangi pengaruh hal di atas. Pada prakteknya luas ini dihitung dari pengukuran mikroskopik panjang diagonal jejak. VHN dapat ditentukan dari persamaan 2.4:

$$VHN = \frac{2P \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)}{L^2} \quad (2.4)$$

Keterangan:

P : Beban yang digunakan (kg)

L : Panjang diagonal rata-rata (mm)

θ : Sudut antara permukaan intan yang berlawanan = 136°

Hal-hal yang menghalangi keuntungan pemakaian metode Vickers adalah uji kekerasan Vickers tidak dapat digunakan untuk pengujian rutin karena pengujian tersebut lamban, memerlukan persiapan permukaan benda uji yang hati-hati, dan terdapat pengaruh kesalahan manusia yang besar pada penentuan panjang diagonal (Robbina, 2012). Pada tabel 2.3 terdapat nilai keras dari beberapa material.

Tabel 2.3 Data Nilai Keras Logam

<i>Metal (alloy)</i>	<i>Microhardness H_v</i>
Ag	800 ± 200
Ag-Sb	1600 ± 200
Au	800 ± 200
Co	4000 ± 700
Cu	800 ± 300
Fe-W	11000 ± 1000
Ir	8800 ± 800
Ni (mat)	2500 ± 500
Os	8600 ± 800
Pb	100 ± 20
Pb-Sn	140 ± 20
Pt	3100 ± 500
Zn	800 ± 200
Zn-Co	3200 ± 300
Zn-Ni	1000 ± 200

(D, Gamburg & Zangari 2011)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

3.1.1 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan mulai dari bulan April 2017 sampai dengan bulan Mei 2017.

3.1.2 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Fisika Material FMIPA, Universitas Negeri Jakarta.

3.2 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Metode eksperimen dilakukan untuk membentuk lapisan tipis komposit Ni-TiAlN dan mengetahui hasil dari pelapisan dengan menganalisis pengaruh variasi konsentrasi *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS) yang dilakukan selama proses elektrodeposisi berlangsung terhadap morfologi, komposisi lapisan, struktur kristal dan tingkat kekerasan yang telah terbentuk pada substrat Tungsten Karbida (WC) sehingga berpengaruh pada tingkat kekerasan lapisan komposit Ni-TiAlN.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. *Hot plate*,
2. Gelas ukur,
3. Kertas timbang,
4. *Magnetic stirrer*,
5. Neraca digital,
6. Pinset,

7. Pipet tetes,
8. Seperangkat alat elektrodeposisi,
9. Spatula,
10. *Tachometer*,
11. Botol larutan,
12. *Ultrasonic cleaner*.

3.3.2 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Ag,
2. Alkohol 96%,
3. AlN,
4. *Aquades*,
5. H_2SO_4 ,
6. H_3BO_3 ,
7. $NiCl_2 \cdot 6H_2O$,
8. $NiSO_4 \cdot 6H_2O$,
9. Platina (pt),
10. *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS) ,
11. TiN,
12. Tungsten Karbida (WC).

3.4 Pengujian

3.4.1 Uji *Scanning Electron Microscope* (SEM)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui morfologi dari lapisan komposit Ni-TiAlN yang sudah terbentuk pada substrat Tungsten Karbida (WC) dengan metode elektrodeposisi. Pengujian *Scanning Electron Microscope* (SEM) ini dilakukan di Pusat Sains dan Teknologi Bahan Maju BATAN. Tipe alat uji SEM yang digunakan ini adalah JEOL-JSM 6510LA dengan percepatan energi sebesar 20 KeV.

3.4.2 Energy Dispersive Spectroscopy (EDS)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi bahan yang terkandung pada lapisan komposit Ni-TiAlN yang sudah terbentuk pada substrat Tungsten Karbida (WC) dengan metode elektrodeposisi. Pengujian *Energy Dispersive Spectroscopy* dilakukan di Pusat Sains dan Teknologi Bahan Maju BATAN.

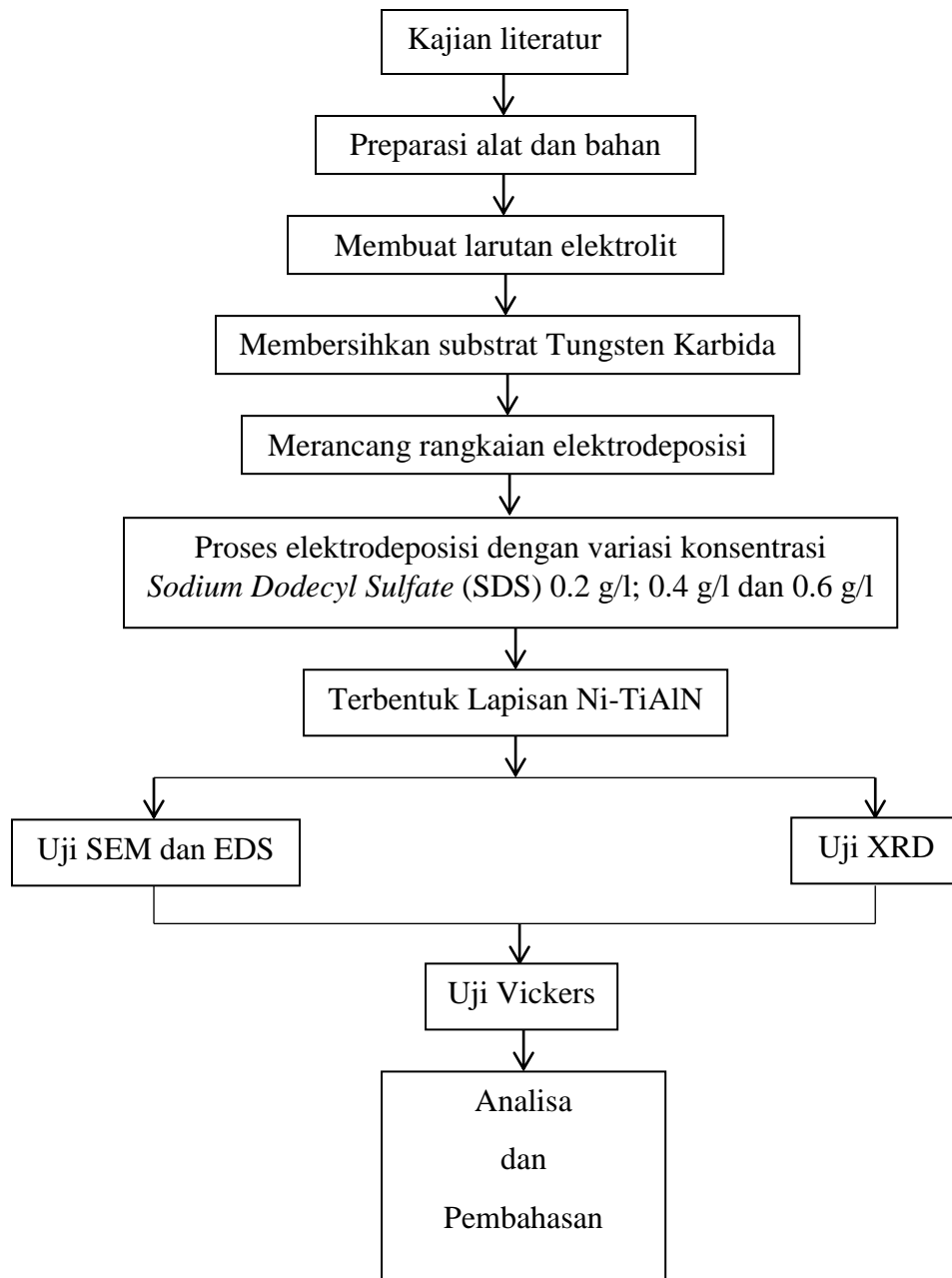
3.4.3 Uji X-Ray Diffraction (XRD)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui struktur kristal dan fasa kristal dari lapisan komposit Ni-TiAlN yang sudah terbentuk pada substrat Tungsten Karbida (WC) dengan metode elektrodeposisi. Pengujian *X-Ray Diffraction* (XRD) dilakukan di Pusat Sains dan Teknologi Bahan Maju BATAN. Tipe alat uji XRD yang digunakan ini adalah Panalytical Empyrean Philips, sumber radiasi Cu-K α dengan panjang gelombang 1.54Å .

3.4.4 Uji Keras (*Hardness Test*)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kekerasan dari lapisan komposit Ni-TiAlN yang sudah terbentuk pada substrat Tungsten Karbida (WC) dengan metode elektrodeposisi. Tipe alat uji *microhardness* adalah HV-100. Pengujian *X-Ray Diffraction* (XRD) dilakukan di Pusat Sains dan Teknologi Bahan Maju BATAN.

3.5 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.6 Prosedur Penelitian

3.6.1 Persiapan Substrat

Tungsten Karbida (WC) digunakan sebagai substrat yang berbentuk balok dengan lebar 0,45cm yang ditempatkan sebagai katoda (kutub negatif). Persiapan substrat dapat dilakukan dengan langkah-langkah berikut :

1. Mencuci substrat dengan sabun,
2. Mensterilkan substrat dengan *ultrasonic cleaner*,
3. Mengeringkan substrat dengan *hot plate*,
4. Mensterilkan kembali substrat dengan alkohol 96%
5. Menyimpan substrat pada wadah tertutup agar tidak terkontaminasi dengan bahan lain.

Pemegangan substrat menggunakan pinset setelah langkah pertama untuk meminimalisir substrat terkena kotoran ditangan.

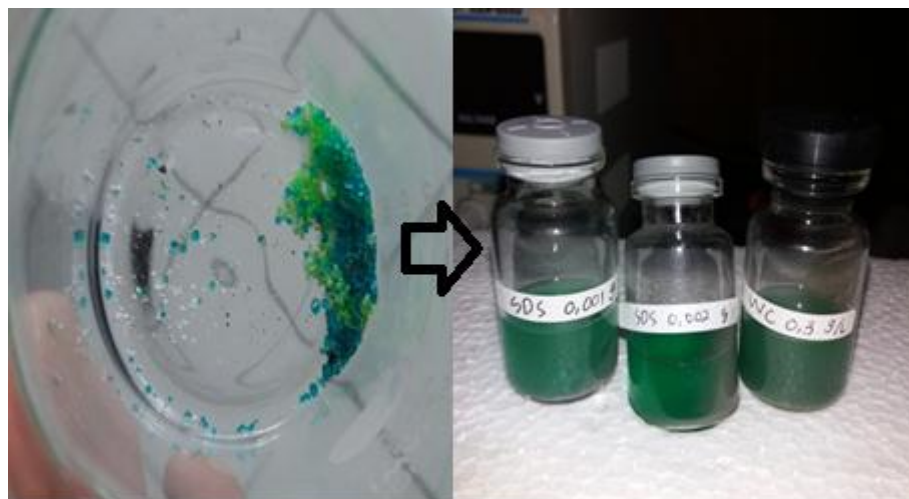
3.6.2 Pembuatan Larutan Elektrolit

Larutan elektrolit dibuat sebanyak tiga macam larutan elektrolit dengan variasi konsentrasi *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS). Pembuatan larutan elektrolit dilakukan dengan mencampurkan bahan-bahan komposisi larutan elektrolit yang telah ditimbang menggunakan neraca analitik dan 5ml *aquades*. Untuk mengetahui komposisi larutan elektrolit yang dibutuhkan yaitu menggunakan perhitungan rumus mol dengan solusi molaritas (M) masing-masing bahan 0,38 M $\text{Ni}_2\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$; 0,17 M $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$; 0,49 M H_3BO_3 ; 0,2 gr/l, 0,4 gr/l, 0,6 gr/l SDS; 2 gr/l TiN dan 2 gr/l AlN. Setelah dilakukan pencampuran, campuran tersebut kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 24 jam. Komposisi masing-masing bahan larutan elektrolit dapat dilihat pada tabel 3.1 dan pada gambar 3.2 menggambarkan bahan-bahan larutan elektrolit sebelum dilarutkan dengan *aquades* dan sesudah dilarutkan dengan *aquades*.

Tabel 3.1 Komposisi Bahan-bahan Larutan Elektrolit

No	Nama Bahan	Komposisi
1	AlN	2 g/l
2	TiN	2 g/l
3	H ₃ BO ₃	0,49 M
4	NiCl ₂ .6H ₂ O	0,17 M
5	Ni ₂ SO ₄ .6H ₂ O	0,38 M
6	<i>Sodium Dodecyl Sulfate</i> (SDS)	
	- Larutan pertama	0,02 g/l
	- Larutan kedua	0,04 g/l
	- Larutan ketiga	0,06 g/l

Setelah dilakukan pencampuran, campuran tersebut kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 24 jam.



(a)

(b)

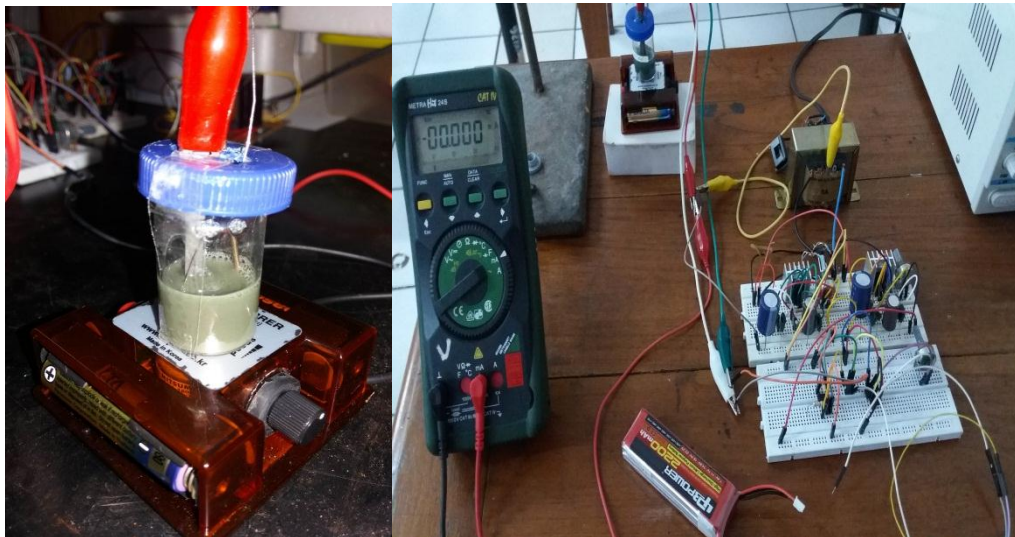
Gambar 3.2 (a) Bahan Larutan Elektrolit Sebelum Dilarutkan dengan *Aquades* dan (b) Larutan Elektrolit

3.6.3 Proses Elektrodeposisi

Proses elektrodeposisi dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Memasukkan larutan elektrolit kedalam wadah, kemudian wadah tersebut diletakkan diatas *magnetic stirrer*,
2. Memasukkan ketiga elektroda dan batang magnet *stirrer* kedalam wadah yang telah berisi larutan elektrolit,
3. Menghubungkan substrat katoda dengan kutub negatif serta anoda dengan kutub positif dengan rangkaian *potensiostat*,
4. Menghidupkan *power supply* dan mengatur besar arus listrik sebesar $I=3\text{mA}$,
5. Menghidupkan *magnetic stirrer* dengan kecepatan *lowspeed* (850,5 rpm),
6. Melakukan proses pendeposisian lapisan tipis selama 15 menit,
7. Melakukan kembali proses elektodeposisi dengan menggunakan variasi konsentrasi *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS) yang berbeda.

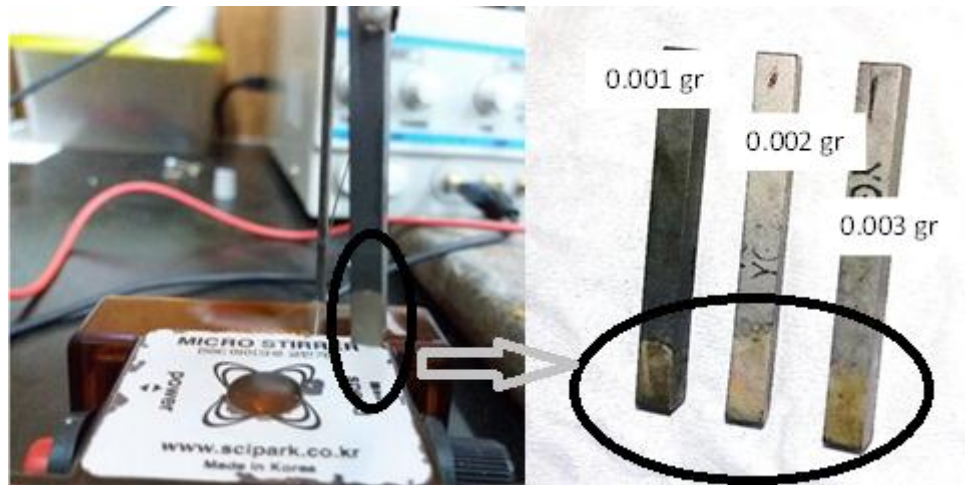
Proses elektrodeposisi dan hasil pelapisan dapat dilihat pada gambar 3.3 (a), 3.3 (b) dan 3.4



(a)

(b)

Gambar 3.3 (a) Proses Elektrodeposisi (b) Rangkaian *Potensiostat*



Gambar 3.4 Lapisan yang Terbentuk Pada Substrat Tungsten Karbida dengan Metode Elektrodeposisi

3.7 Pengujian

3.7.1 Pengujian Morfologi dan Grafik EDS Komposisi Lapisan Komposit Ni-TiAlN

Pengukuran atau pengujian morfologi sampel lapisan komposit Ni-TiAlN yang telah terbentuk pada substrat Tungsten Karbida (WC) dengan proses elektodeposisi menggunakan pengujian *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan *Electron Dispersive Spectroscopy* (EDS) untuk mengetahui kandungan unsur yang terdapat pada lapisan tipis komposit Ni-TiAlN yang telah terbentuk pada substrat Tungsten Karbida (WC) dengan proses elektodeposisi. Tipe alat uji *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan *Electron Dispersive Spectroscopy* (EDS) adalah JEOL-JSM 6510LA dengan percepatan energi 20KeV. Pengujian SEM dan EDS dilakukan di Pusat Sains dan Teknologi Bahan Maju (PSTBM-BATAN).

3.7.2 Pengujian Karakterisasi Struktur Kristal Lapisan Komposit Ni-TiAlN

Untuk mengetahui karakteristik struktur kristal lapisan komposit Ni-TiAlN yang telah terbentuk pada substrat Tungsten Karbida (WC) dengan proses elektodeposisi menggunakan pengujian *X-Ray Diffraction* (XRD). Tipe alat uji XRD yang digunakan ini adalah Panalytical Empyrean Philips, sumber radiasi

Cu-K α dengan panjang gelombang 1,54Å. Pengujian struktur kristal dilakukan di Pusat Sains dan Teknologi Bahan Maju (PSTBM-BATAN).

3.7.3 Pengujian Kekerasan Lapisan Komposit Ni-TiAlN

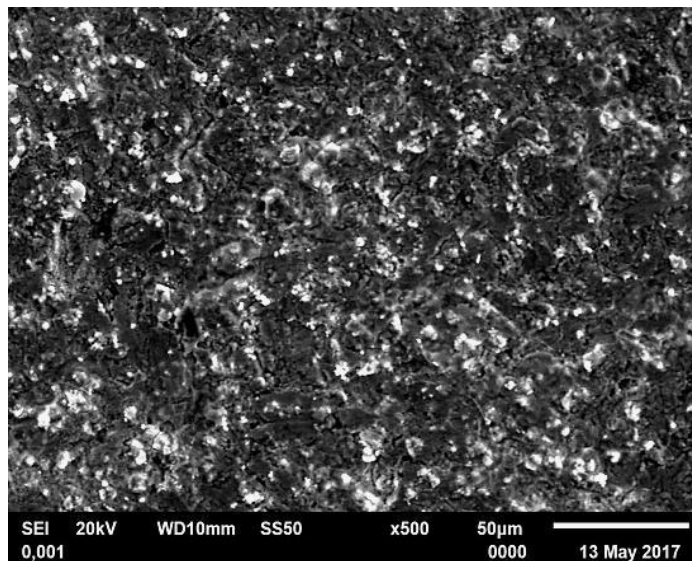
Untuk mengetahui tingkat kekerasan lapisan komposit Ni-TiAlN yang telah terbentuk pada substrat Tungsten Karbida (WC) dengan proses elektrodeposisi menggunakan pengujian kekerasan. Tipe pengujian kekerasannya adalah microhardness menggunakan alat dengan tipe HV-1000. Pengujian tingkat kekerasan lapisan dilakukan di Pusat Sains dan Teknologi Bahan Maju (PSTBM-BATAN).

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

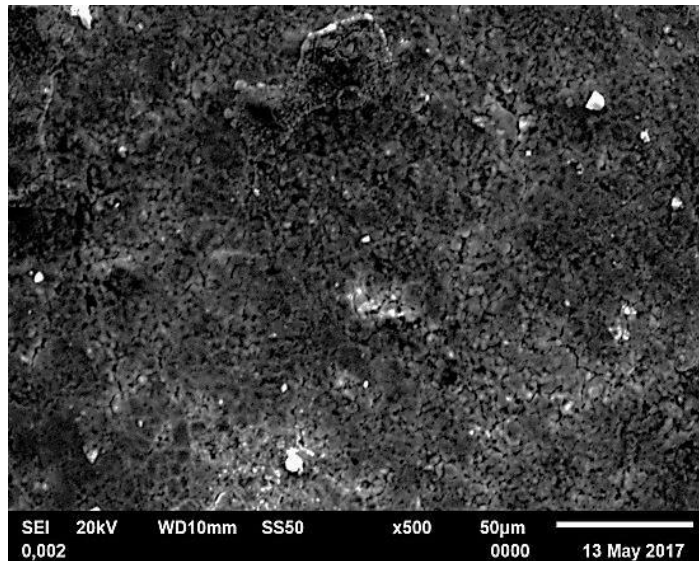
4.1 Morfologi Lapisan Ni-TiAlN

Pengujian *Scanning Electron Microscopy* (SEM) bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS) terhadap morfologi lapisan tipis komposit Ni-TiAlN yang terbentuk pada substrat Tungsten Karbida. Pengujian SEM menggunakan perbesaran 500x. Pada penelitian ini variasi konsentrasi *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS) bertujuan untuk meminimalisir terbentuknya aglomerasi pada morfologi permukaan lapisan, pada penelitian ini SDS bertindak sebagai surfaktan. Pada proses pelapisan tanpa menggunakan surfaktan aglomerasi yang terbentuk akan menyebar merata pada permukaan lapisan (Tebriani, Syukri, & Dahlan, 2013). Morfologi lapisan Ni-TiAlN ditunjukkan pada gambar 4.1, 4.2 dan 4.3.



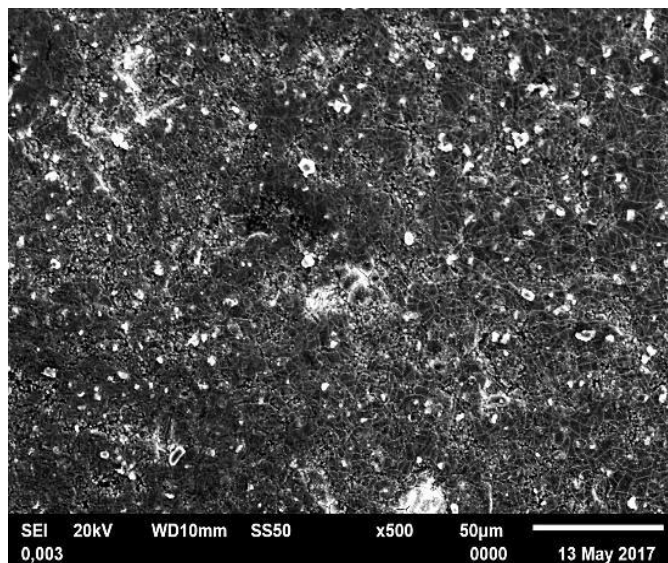
Gambar 4.1 Morfologi Lapisan Ni-TiAlN dengan Konsentrasi SDS 0,2 g/l

Pada gambar 4.1 adalah morfologi permukaan hasil pelapisan dengan konsentrasi SDS 0,2 g/l, terlihat morfologi permukaan dari lapisan yang kasar dan terbentuk aglomerasi yang cukup banyak, aglomerasi yang terbentuk hampir menyebar diseluruh morfologi permukaan lapisan dan terdapat retakan pada permukaan lapisan yang lebih lebar dibandingkan dengan komposisi SDS 0,6 g/l .



Gambar 4.2 Morfologi Lapisan Ni-TiAlN dengan Konsentrasi SDS 0,4 g/l

Pada gambar 4.2 adalah hasil pelapisan dengan konsentrasi SDS 0,4 g/l terlihat morfologi lapisan yang semakin halus dan terbentuk aglomerasi yang lebih sedikit, dan terdapat retakan pada permukaan lapisan yang terlihat lebih lebar dibandingkan dengan konsentrasi SDS 0,6 g/l.



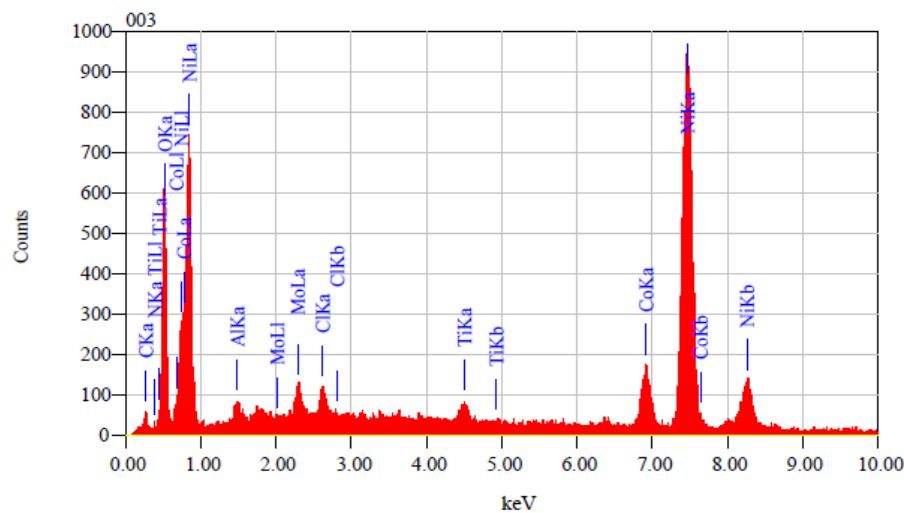
Gambar 4.3 Morfologi Lapisan Ni-TiAlN dengan Konsentrasi SDS 0,6 g/l

Pada gambar 4.3 adalah hasil pelapisan dengan konsentrasi SDS sebanyak 0,6 g/l terlihat morfologi lapisan yang semakin halus dibandingkan konsentrasi SDS 0,2 g/l dan 0,4 g/l namun terbentuk aglomerasi yang lebih banyak dibandingkan konsentrasi SDS 0,4 g/l, dan terdapat retakan pada permukaan lapisan yang terlihat lebih mengecil dibandingkan dengan konsentrasi SDS 0,2 g/l dan 0,4 g/l.

Berdasarkan morfologi permukaan lapisan yang terbentuk konsentrasi SDS 0,4 g/l mendapatkan hasil optimum dikarenakan komposisi aglomerasi yang terbentuk lebih sedikit dibandingkan komposisi aglomerasi yang terbentuk pada konsentrasi SDS 0,2 g/l dan 0,4 g/l. Retakan yang terbentuk disebabkan karena laju kenaikan dan penurunan suhu yang tidak stabil. Penurunan suhu yang tidak stabil sampai temperatur kamar menyebabkan ketidakstabilan atom-atom dalam menerima panas (Naat, Tjahjanto & Maruroh 2014).

4.2 Komposisi Lapisan Ni-TiAlN

4.2.1 Konsentrasi Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) 0,2 g/l



Gambar 4.4 Grafik Komposisi Lapisan Ni-TiAlN Dengan Konsentrasi SDS 0,2 g/l

Pada gambar 4.4 adalah grafik yang menunjukkan komposisi unsur yang terdapat pada lapisan menggunakan metode elektrodeposisi dengan variasi

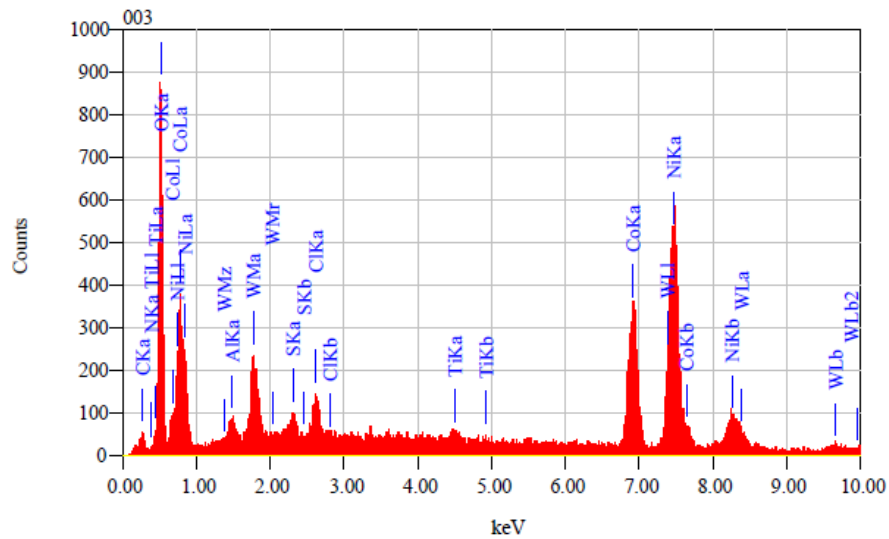
komposisi SDS 0,2 g/l. Pada tabel 4.1 berikut adalah data komposisi unsur yang terdapat pada lapisan tipis komposit Ni-TiAlN dengan SDS 0,2 g/l.

Berdasarkan gambar 4.4 dan tabel 4.1 terdapat unsur yang sesuai dengan tujuan yaitu Ni, Ti, Al dan N. Jumlah persentasi unsur Ni 61,81%, Ti 0,89%, Al 0,7% dan N 0,85% maka jumlah komposisi unsur NI-TiAlN adalah 64,25%. Kemudian jika merujuk pada penelitian (Syahputra, 2015) terdapatnya unsur C dan Co merupakan unsur yang terdapat pada Tungsten Karbida (WC) yang bertindak sebagai substrat, unsur ini terdeteksi dikarenakan terdapatnya retakan pada lapisan tersebut sehingga terdeteksinya unsur pada substrat. Terdapatnya unsur Cl merupakan unsur yang terdapat pada bahan $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ yang tidak terdeposisi atau terlarut secara maksimal. Jika dilihat dari unsur yang terdeteksi maka dapat dikatakan pada komposisi SDS 0,2 g/l berhasil terbentuk lapisan tipis komposit Ni-TiAlN dikarenakan terdapatnya unsur Ni, Ti, Al dan N.

Tabel 4.1 Komposisi Lapisan Ni-TiAlN Dengan SDS 0,2 g/l

Unsur	Komposisi Massa Unsur (%)	Komposisi Jumlah Unsur Atom (%)
C	3,94	11,23
N	0,85	2,09
O	19,87	4248
Al	0,70	0,89
Cl	0,99	0,96
Ti	0,89	0,64
Co	8,11	4,71
Ni	61,81	36,01

4.2.2 Konsentrasi Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) 0,4 g/l



Gambar 4.5 Grafik Komposisi Lapisan Ni-TiAlN Dengan Konsentrasi SDS 0,4 g/l

Pada gambar 4.5 adalah grafik yang menunjukkan komposisi unsur yang terdapat pada lapisan yang telah terbentuk menggunakan metode elektrodeposisi dengan variasi komposisi SDS 0,4 g/l. Pada tabel 4.2 adalah data komposisi unsur yang terdapat pada lapisan tipis komposit Ni-TiAlN dengan SDS 0,4 g/l.

Berdasarkan gambar 4.5 dan tabel 4.2 terdapat unsur yang sesuai dengan tujuan yaitu Ni, Ti, Al dan N. Jumlah persentasi unsur Ni 37,52%, Ti 0,54%, Al 0,95% dan N 0,82% maka jumlah komposisi unsur Ni-TiAlN adalah 39,83%. Persentase komposisi unsur Ni, Ti, Al dan N pada lapisan dengan komposisi SDS 0,4 g/l lebih sedikit dibandingkan dengan jumlah persentase unsur Ni, Ti, Al dan N pada lapisan komposisi SDS 0,2 g/l dikarenakan presentase unsur lain yang lebih sedikit dibandingkan dengan unsur lain yang terdapat pada lapisan dengan komposisi SDS 0,4 g/l. Terdapatnya unsur Cl merupakan unsur yang terdapat pada bahan $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ yang tidak terdeposisi atau terlarut secara maksimal. Kemudian jika merujuk pada penelitian (Syahputra 2015) terdapatnya unsur C, Co dan W merupakan unsur yang terdapat pada Tungsten Karbida (WC) yang bertindak sebagai substrat, unsur ini terdeteksi dikarenakan terdapatnya retakan pada lapisan tersebut. Terdapatnya unsur Cl merupakan unsur yang terdapat pada

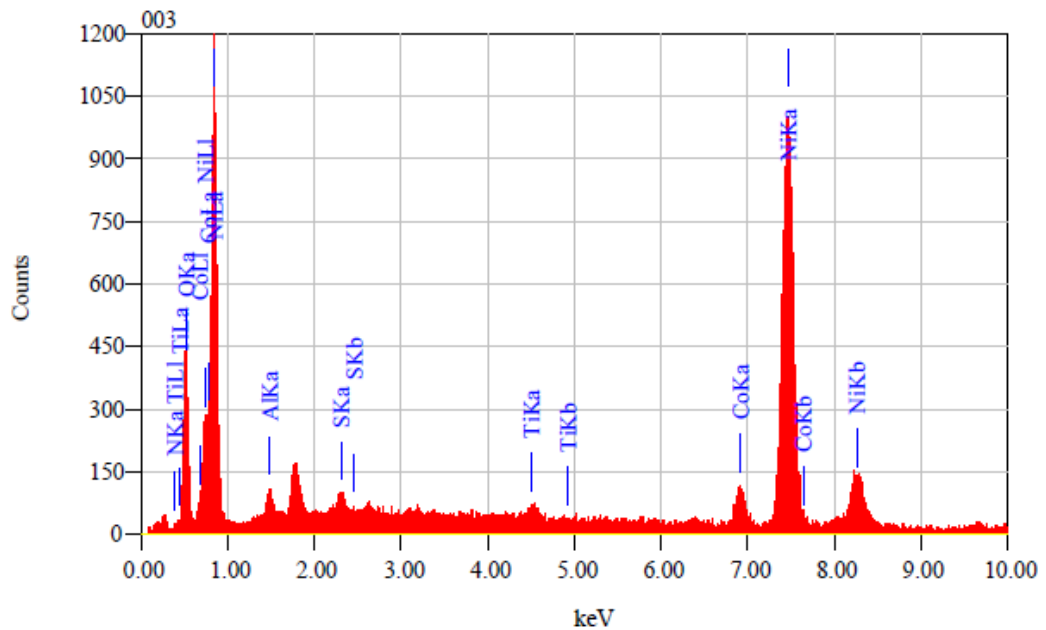
bahan $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ yang tidak terdeposisi atau terlarut secara maksimal. Jika dilihat dari unsur yang terdeteksi maka dapat dikatakan pada komposisi SDS 0,4 g/l gram berhasil terbentuk lapisan tipis komposit Ni-TiAlN dikarenakan terdapatnya unsur Ni, Ti, Al dan N.

Tabel 4.2 Komposisi Lapisan Ni-TiAlN Dengan Konsentrasi SDS 0,4 g/L

Unsur	Komposisi Massa Unsur	Komposisi Jumlah Unsur Atom
	(%)	(%)
C	3,53	9,25
N	0,82	1,83
O	27,17	53,50
Al	0,95	1,11
Cl	1,41	1,25
Ti	0,54	0,35
Co	19,81	10,59
Ni	37,52	20,13
W	7,57	1,30

4.2.3 Konsentrasi *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS) 0,6 g/l

Pada gambar 4.6 adalah grafik yang menunjukkan komposisi unsur yang terdapat pada lapisan yang telah terbentuk menggunakan metode elektrodeposisi dengan variasi komposisi SDS 0,6 g/l. Pada tabel 4.3 adalah data komposisi unsur yang terdapat pada lapisan tipis komposit Ni-TiAlN dengan SDS 0,6 g/l. Berdasarkan gambar 4.3 dan tabel 4.3 terdapat unsur yang sesuai dengan tujuan yaitu Ni, Ti, Al dan N. Jumlah persentasi unsur Ni 74,89%, Ti 0,77%, Al 1,62% dan N 1,05% maka jumlah komposisi unsur NI-TiAlN adalah 78,33%.



Gambar 4.6 Grafik Komposisi Lapisan Ni-TiAlN Dengan Konsentrasi SDS 0,6 g/l

Persentase komposisi unsur Ni, Ti, Al dan N pada lapisan dengan komposisi SDS 0,6 g/l lebih banyak dibandingkan dengan jumlah persentase unsur Ni, Ti, Al dan N pada lapisan komposisi SDS 0,2 g/l dan 0,4 g/l dikarenakan presentase unsur lain yang lebih sedikit dibandingkan dengan unsur lain yang terdapat pada lapisan dengan komposisi SDS 0,2 dan 0,4 g/l. Merujuk pada penelitian (Syahputra, 2015) terdapatnya unsur Co merupakan unsur yang terdapat pada bahan substrat yaitu Tungsten Karbida (WC). Jika dilihat dari unsur yang terdeteksi maka dapat dikatakan pada komposisi SDS 0,6 g/l berhasil terbentuk lapisan tipis komposit Ni-TiAlN dikarenakan terdapatnya unsur Ni, Ti, Al dan N dan hasilnya paling maksimal dibandingkan dengan komposisi SDS 0,2 dan 0,4 g/l dikarenakan presentasi unsur Ni, Ti, Al dan N yang paling besar.

Tabel 4.3 Komposisi Lapisan Ni-TiAlN Dengan Konsentrasi SDS 0,6 g/l

Unsur	Komposisi Massa Unsur	Komposisi Jumlah Unsur Atom
	(%)	(%)
N	1,05	3,02
O	14,86	37,42
Al	1,62	2,41
Ti	0,77	0,65
Co	6,03	4,12
Ni	74,89	51,39

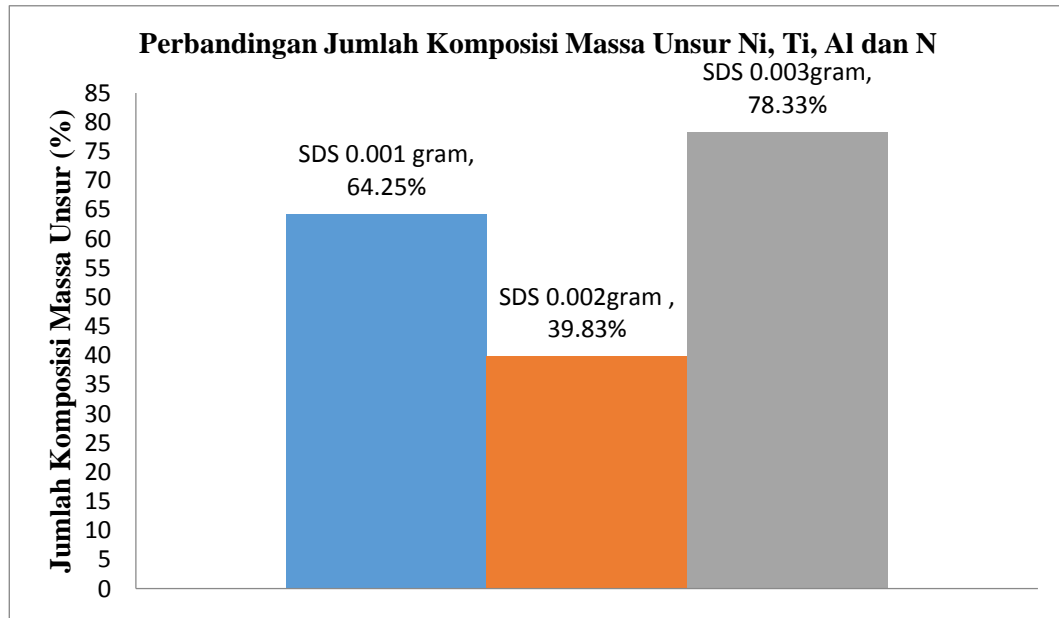
4.2.4 Data Perbandingan Jumlah Komposisi Massa Unsur Variasi Konsentrasi Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) 0,2; 0,4 dan 0,6 g/l

Merujuk pada penelitian (Khasanah, 2015) komposisi masa unsur yang terbentuk pada lapisan adalah 62,62%. Kemudian pada penelitian ini pada tabel 4.4 dan gambar 4.7 akan memberikan informasi data perbandingan EDS komposisi unsur variasi konsentrasi SDS 0,2; 0,4 dan 0,6 g/l. Berikut adalah tabel data perbandingan EDS komposisi massa unsur variasi konsentrasi SDS 0,2; 0,4 dan 0,6 g/l :

Tabel 4.4 Data Perbandingan Komposisi Massa Unsur dengan Variasi Konsentrasi SDS 0,2; 0,4 dan 0,6 g/l

No	Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) (g/l)	Jumlah Komposisi Masa Unsur Ti, Ni, Al dan N (%)
1	0,2	64,25
2	0,4	39,83
3	0,6	78,33

Pada gambar 4.7 adalah grafik data perbandingan EDS komposisi massa unsur variasi konsentrasi SDS 0,2; 0,4 dan 0,6 g/l :



Gambar 4.7 Data Perbandingan Komposisi Massa Unsur Variasi Konsentrasi SDS 0,2; 0,4 dan 0,6 g/l

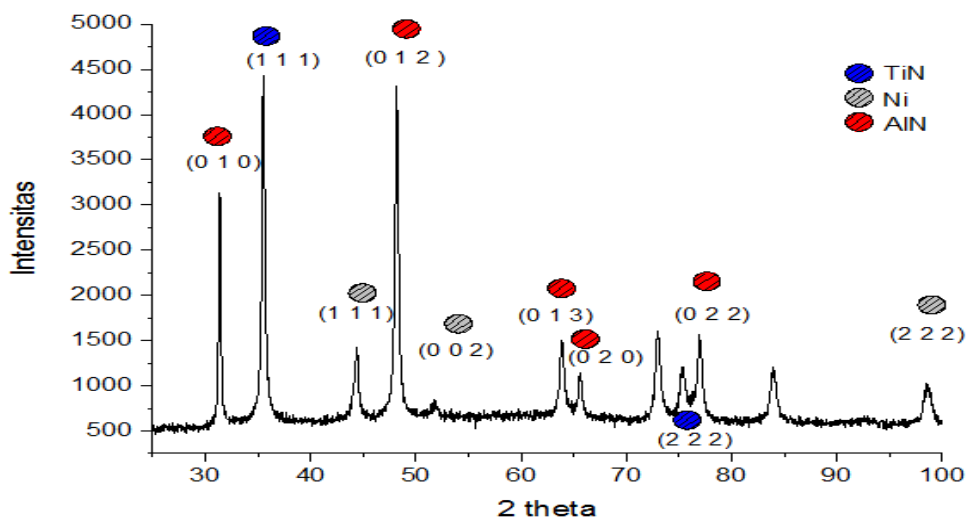
Berdasarkan tabel 4.4 didapatkan informasi bahwa jumlah komposisi unsur Unsur Ti, Ni, Al dan N pada variasi konsentrasi SDS 0.4 g/l lebih rendah dibandingkan dengan SDS 0,2 dan 0,6 g/l dipengaruhi komposisi aglomerasi yang terbentuk pada morfologi permukaan lapisan lebih sedikit dibandingkan dengan aglomerasi yang terbentuk pada morfologi permukaan lapisan SDS 0,2 dan 0.4 g/l, selain itu sedikitnya jumlah komposisi unsur selain unsur Ti, Ni, Al dan N. Kemudian jumlah komposisi unsur Unsur Ti, Ni, Al dan N pada SDS 0,6 g/l meningkat karena dipengaruhi meningkatnya komposisi aglomerasi pada morfologi permukaan lapisan yang terbentuk, sedangkan jumlah komposisi unsur Ti, Ni, Al dan N pada SDS 0,6 g/l lebih besar dibandingkan SDS 0,2 g/l dan 0,4 g/l dipengaruhi komposisi unsur selain unsur Ti, Ni, Al dan N pada SDS 0,2 g/l lebih besar. Kemudian jika dibandingkan SDS 0,6 dengan SDS 0,4 g/l komposisi aglomerasi yang terbentuk lebih tinggi.

4.3 Pengujian X-Ray Diffraction (XRD)

Pengujian X-Ray Diffraction (XRD) bertujuan untuk mengetahui dan menganalisis pengaruh variasi konsentrasi *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS) terhadap struktur kristal lapisan tipis komposit Ni-TiAlN yang terbentuk pada substrat Tungsten Karbida dengan metode elektrodeposisi. Pengujian XRD dengan sudut 2θ yang dimulai dari 10° - 100° dan panjang gelombang 1,54nm. Data diolah menggunakan *software Highscore*. Hasil dan analisis diuraikan sebagai berikut :

4.3.1 Konsentrasi *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS) 0.2 g/l

Dibawah ini adalah grafik hasil difraksi sinar x untuk lapisan tipis komposit Ni-TiAlN dengan variasi konsentrasi SDS 0,2 g/l :



Gambar 4.8 Grafik Difraksi Dengan Variasi Konsentrasi SDS 0,2 g/l

Berdasarkan gambar 4.8 terdapat 12 puncak yang terdeteksi, namun setelah dicocokkan dengan rujukan untuk mendapatkan puncak fasa yang diinginkan yaitu Ni, TiN dan AlN hanya terdapat 10 puncak yang sesuai dengan fasa yang diharapkan. Kemudian dua puncak yang tidak terdeteksi merupakan puncak yang tidak sesuai dengan rujukan yang ada, fasa yang disesuaikan dengan rujukan yang ada yaitu fasa Tungsten Karbida (WC) yaitu fasa dari substrat yang digunakan. Pada gambar 4.8 dapat dijelaskan pada sumbu y merupakan intensitas

pada puncak tersebut dan sumbu x merupakan 2θ . Berdasarkan grafik diatas maka dapat dituliskan pada tabel 4.5 berikut :

Tabel 4.5 Variasi Konsentrasi SDS 0,2 g/l

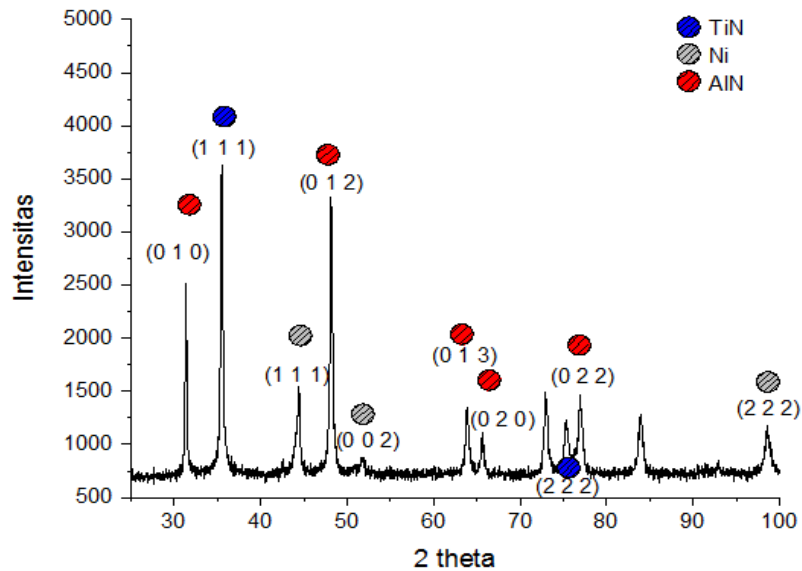
No	2θ	d [Å]	FWHM	h k l	Fasa	Struktur	Intensitas
1	31,38	2,85	0,15	0 1 0	AlN	Hexagonal	3066
2	35,49	2,52	0,20	1 1 1	TiN	Cubic	4282
3	44,41	2,04	0,18	1 1 1	Ni	Cubic	1368
4	48,13	1,89	0,26	0 1 2	AlN	Hexagonal	4189
5	51,84	1,76	0,41	0 0 2	Ni	Cubic	1481
6	63,88	1,46	0,15	0 1 3	AlN	Hexagonal	1550
7	65,60	1,42	0,36	0 2 0	AlN	Hexagonal	1012
8	75,32	1,30	0,41	2 2 2	TiN	Cubic	1114
9	76,97	1,26	0,31	0 2 2	AlN	Hexagonal	1282
10	98,62	1,24	0,75	2 2 2	Ni	Cubic	952

Berdasarkan tabel 4.5 didapatkan intensitas tertinggi pada sudut 2θ 35,49; intensitas tertinggi adalah 4282, jarak antar bidang (d) 2,52Å, fasa TiN dengan struktur kristal kubik dan hkl (1 1 1). Berdasarkan tabel 4.5 terdapat tiga fasa pada lapisan Ni-TiAlN, fasa tersebut adalah fasa TiN, AlN, dan Ni. Intensitas tertinggi terdapat pada fasa TiN, hal ini menunjukkan bahwa fasa TiN memiliki tingkat keteraturan atom yang tinggi.

4.3.2 Konsentrasi *Sodium Dodecyl Sulfate* 0,4 g/l

Pada gambar 4.9 adalah grafik hasil difraksi sinar x untuk lapisan tipis komposit Ni-TiAlN dengan variasi konsentrasi SDS 0,4 g/l. Berdasarkan gambar 4.9 terdapat 12 puncak yang terdeteksi, namun setelah dicocokkan dengan rujukan untuk mendapatkan puncak fasa yang diinginkan yaitu Ni, TiN dan AlN hanya terdapat 10 puncak yang sesuai dengan fasa yang diharapkan. Kemudian dua puncak yang tidak terdeteksi merupakan puncak yang tidak sesuai dengan rujukan yang ada, fasa yang disesuaikan dengan rujukan yang ada yaitu fasa Tungsten Karbida (WC) yaitu fasa dari substrat yang digunakan. Pada gambar 4.9 dapat

dijelaskan pada sumbu y merupakan intensitas pada puncak tersebut dan sumbu x merupakan 2θ .



Gambar 4.9 Grafik Difraksi Dengan Variasi Konsentrasi SDS 0,4 g/l

Berdasarkan gambar 4.9 dapat dituliskan pada tabel 4.6 :

Tabel 4.6 Variasi Konsentrasi SDS 0,4 g/l

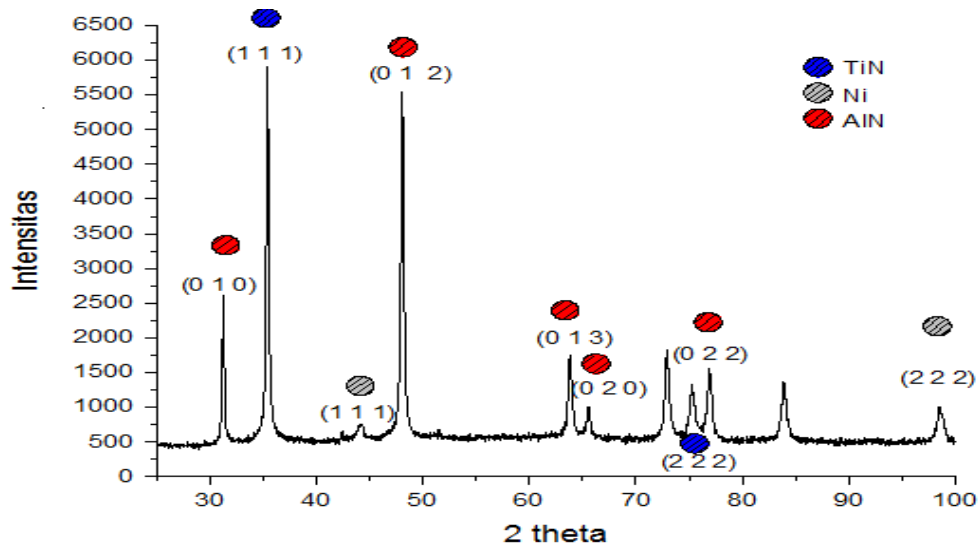
No	2θ	d [Å]	FWHM	h k l	Fasa	Struktur	Intensitas
1	31,38	2,85	0,15	0 1 0	AlN	Hexagonal	2508
2	35,52	2,52	0,20	1 1 1	TiN	Cubic	3639
3	44,42	2,04	0,15	1 1 1	Ni	Cubic	1496
4	48,14	1,89	0,28	0 1 2	AlN	Hexagonal	3216
5	51,80	1,76	0,41	0 0 2	Ni	Cubic	763
6	63,84	1,46	0,31	0 1 3	AlN	Hexagonal	1343
7	65,61	1,42	0,20	0 2 0	AlN	Hexagonal	1008
8	72,94	1,30	0,36	2 2 2	TiN	Cubic	1225
9	75,30	1,26	0,36	0 2 2	AlN	Hexagonal	1363
10	76,90	1,24	0,37	2 2 2	Ni	Cubic	1161

Berdasarkan tabel 4.6 didapatkan intensitas tertinggi pada sudut 2θ 35,5°, intensitas tertinggi adalah 3639, jarak antar bidang (d) 2,52Å, fasa TiN dengan struktur kristal kubik dan hkl (1 1 1). Berdasarkan tabel 4.6 terdapat tiga fasa pada

lapisan Ni-TiAlN, fasa tersebut adalah fasa TiN, AlN, dan Ni. Intensitas tertinggi terdapat pada fasa TiN, hal ini menunjukkan bahwa fasa TiN memiliki tingkat keteraturan atom yang tinggi.

4.3.3 Konsentrasi *Sodium Dodecyl Sulfate* 0.6 g/l

Dibawah ini adalah grafik hasil difraksi sinar x untuk lapisan tipis komposit Ni-TiAlN dengan variasi konsentrasi *Sodium Dodecyl Sulfate* 0.6 g/l :



Gambar 4.10 Grafik Difraksi Dengan Variasi Konsentrasi SDS 0,6 g/l

Berdasarkan gambar 4.10 terdapat 12 puncak yang terdeteksi, namun setelah dicocokkan dengan rujukan untuk mendapatkan puncak fasa yang diinginkan yaitu Ni, TiN dan AlN hanya terdapat 9 puncak yang sesuai dengan fasa yang diharapkan. Kemudian dua puncak yang tidak terdeteksi merupakan puncak yang tidak sesuai dengan rujukan yang ada, fasa yang disesuaikan dengan rujukan yang ada yaitu fasa Tungsten Karbida (WC) yaitu fasa dari substrat yang digunakan. Pada gambar 4.10 dapat dijelaskan pada sumbu y merupakan intensitas pada puncak tersebut dan sumbu x merupakan 2θ . Berdasarkan grafik diatas maka dapat dituliskan pada tabel 4.10 :

Tabel 4.7 Variasi Konsentrasi SDS 0,6 g/l

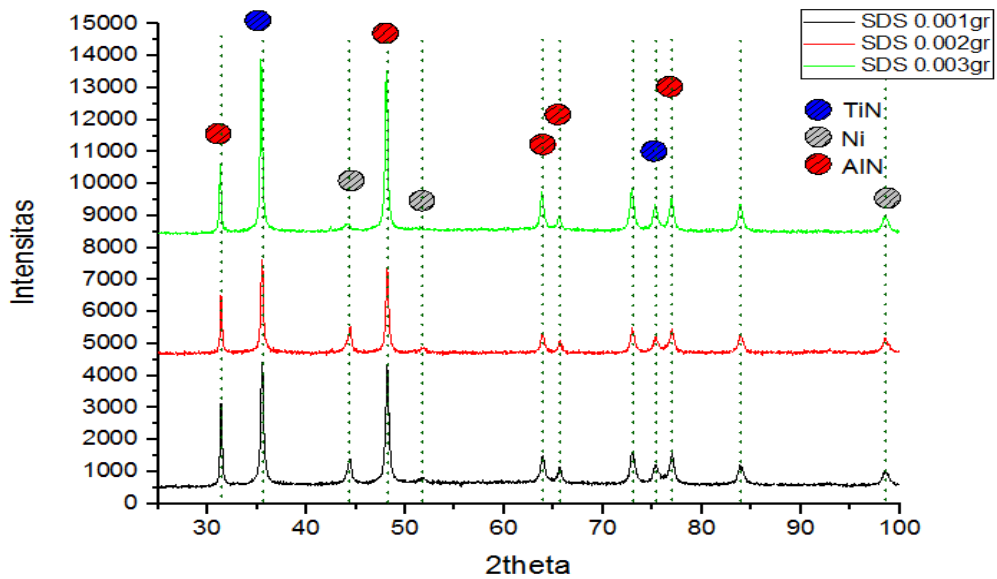
No	2θ	d [Å]	FWHM	h k l	Fasa	Struktur	Intensitas
1	31,29	2,85	0,18	0 1 0	AlN	Hexagonal	2617
2	35,42	2,53	0,20	1 1 1	TiN	Cubic	5646
3	42,44	2,13	0,15	1 1 1	Ni	Cubic	561
4	44,22	2,05	0,61	0 1 2	AlN	Hexagonal	5506
5	48,07	1,89	0,18	0 1 3	AlN	Hexagonal	1762
6	63,80	1,46	0,23	0 2 0	AlN	Hexagonal	963
7	65,53	1,42	0,18	2 2 2	TiN	Cubic	1280
8	75,24	1,30	0,31	0 2 2	AlN	Hexagonal	1547
9	76,88	1,26	0,15	2 2 2	Ni	Cubic	981

Berdasarkan tabel 4.7 didapatkan intensitas tertinggi pada sudut 2θ 35,42; intensitas tertinggi adalah 5646, jarak antar bidang (d) 2,53Å, fasa TiN dengan struktur kristal kubik. Berdasarkan tabel 4.7 terdapat tiga fasa pada lapisan Ni-TiAlN, fasa tersebut adalah fasa TiN, AlN, dan Ni. Intensitas tertinggi terdapat pada fasa TiN, hal ini menunjukkan bahwa fasa TiN memiliki tingkat keteraturan atom yang tinggi.

4.3.4 Analisa Perbandingan XRD dengan Variasi Konsentrasi *Sodium*

Dodecyl Sulfate 0,2; 0,4 dan 0,6 g/l

Pada rujukan (Bilnik, Budniok, Losiewicz, L, & Lagiewka, 2004) grafik XRD pada rentang 2θ 30°-150° menunjukkan terdapat fasa Ni, Ti dan Al dengan jumlah peak yang terbentuk sebanyak 20 peak. Pada penelitian ini disajikan pada gambar 4.11 terdapat data yang disajikan dalam grafik dan tabel untuk mengetahui perbandingan variasi konsentrasi SDS 0,2; 0,4 dan 0,6 g/l, data dapat dilihat pada gambar 4.8 , gambar 4.9 dan gambar 4.10. Pada gambar 4.11 terdapat tiga buah grafik, pada grafik hitam menunjukkan variasi konsentrasi SDS 0,2 g/l, grafik merah menunjukkan variasi konsentrasi SDS 0,4 g/l, grafik hijau menunjukkan variasi konsentrasi SDS 0,6 g/l , fasa yang terdapat pada grafik disimbolkan dengan simbol lingkaran merah untuk fasa AlN, lingkaran biru untuk fasa TiN dan lingkaran abu-abu untuk fasa Ni.



Gambar 4.11 Grafik Perbandingan XRD Variasi Konsentrasi SDS 0,2; 0,4 dan 0,6 g/l

Pada gambar 4.11 terdapat 12 puncak yang terdeteksi, namun hanya 10 yang sesuai dengan rujukan yang ada. Pada grafik diatas terdapat 2 puncak tertinggi pada ketiga variasi konsentrasi SDS adalah fasa TiN dengan sistem kristal kubik disudut $2\theta \pm 35$, diikuti dengan fasa AlN dengan sistem kristal hexagonal disudut $2\theta \pm 45$. Berdasarkan hasil gambar 4.11 dapat diketahui bahwa intensitas sinar-x yang diserap oleh *detector* pada masing-masing substrat nilainya berbeda. Tinggi rendahnya intensitas sinar-x yang tertangkap oleh *detector* sinar-x dipengaruhi oleh tingkat keteraturan susunan atom dalam kristal yang didifraksi dengan sinar-x. Semakin banyak atom-atom yang tersusun teratur semakin tinggi intensitas yang tertangkap oleh *detector*. Semakin tinggi intensitas yang terbentuk berarti sampel memiliki keteraturan kristal yang lebih besar atau semakin banyak atom-atom dalam kristal lapisan yang tersusun teratur (Jannah, 2006). Puncak yang melebar menunjukkan kristalinitas rendah (amorf), sedangkan puncak yang meruncing menunjukkan kristalinitas yang lebih baik (Wibowo, 2006).

Berdasarkan gambar 4.11 terlihat bentuk puncak yang meruncing dan dapat disimpulkan kristalinitas lapisan Ni-TiAlN yang terbentuk bagus. Perbedaan lebar puncak dipengaruhi beberapa faktor, seperti ukuran kristal dan *Lattice*

Strain. Tinggi puncak dan FWHM (*Full Width Half Maximum*) diindikasikan pada suatu puncak difraksi sinar x. Pelebaran puncak difraksi dievaluasi dengan mengukur lebar B dalam satuan radian pada suatu intensitas yang sebanding dengan FWHM. Pelebaran puncak difraksi sinar x disebabkan oleh ukuran kristal yang kecil (Subagja, 2011). Sedangkan perbedaan tingginya puncak pada ketiga grafik dipengaruhi jumlah komposisi massa unsur Ni,Ti,Al dan N yang terdeteksi melalui pengujian EDS. Kemudian berdasarkan gambar 4.11 dapat disimpulkan tidak adanya *internal stress* dikarenakan tidak adanya pergeseran puncak atau pergeseran posisi atom 2θ pada ketiga grafik tersebut.

Berikut adalah tabel 4.8 menyajikan data perbandingan parameter kisi pada lapisan tipis komposit Ni-TiAlN dengan variasi konsentrasi SDS 0.001, 0.002 dan 0.003 gram.

Tabel 4.8 Perbandingan Data Parameter Kisi Variasi Konsentrasi SDS 0,2; 0,4 dan 0,6 g/l

SDS (gram)	Volume (a^3)	Ukuran butir (g) (nm)	FWHM	<i>d-spacing</i> (d) (\AA)
0.001	68.350	4.053	0.318	1.660
0.002	68.311	4.090	0.281	1.660
0.003	69.927	4.630	0.283	1.693

Berdasarkan tabel 4.8 terlihat pada setiap konsentrasi *Sodium Dodecyl Sulfate* parameter kisi, volume, ukuran butir, FWHM dan jarak antar bidang mengalami perubahan. Perubahan pada parameter kisi akan berpengaruh pada perubahan volume. Pergeseran parameter kisi akan menyebabkan peningkatan volume unit sel. Pergeseran *d-spacing* secara tidak langsung akan mengubah parameter kisi kristal (Subagja, 2011). Nilai *d-spacing* tidak dapat digunakan untuk menentukan jarak *interatom* dari suatu molekul, namun dapat digunakan untuk merefleksikan jarak *interplanar* atau jarak *interlayer* antar kisi-kisi atom dalam satu material (Wibowo, 2006).

Penambahan *Sodium Dodecyl Sulfate* yang bertindak sebagai surfaktan akan mempengaruhi nilai parameter kisi yang dihasilkan, semakin tinggi

konsentrasi surfaktan semakin tinggi parameter kisi yang didapatkan. Perbedaan parameter kisi yang terbentuk juga dipengaruhi oleh banyaknya aglomerasi yang terbentuk pada lapisan Ni-TiAlN. Nilai-nilai pada tabel 4.8 menimbulkan asumsi bahwa surfaktan berperan sebagai pengontrol ukuran kristal. Kondisi tanpa surfaktan membuat ukuran kristal dan jarak antar bidang kristal yang didapatkan lebih besar dari pada sampel dengan penambahan surfaktan. (Tebriani, Syukri & Dahlan 2013).

Berdasarkan tabel 4.8 didapatkan semakin kecil FWHM maka ukuran partikel kristal semakin besar. Hal ini berhubungan dengan parameter kisi. Dengan besarnya parameter kisi maka unit sel semakin besar pula sehingga ukuran partikel semakin besar. Meningkat dan menurunnya volume atom, unit cell, FWHM dan *d-spacing* dipengaruhi oleh komposisi massa unsur Ni, Ti, Al dan N pada pengujian EDS.

4.4 Pengujian *Micro Hardness*

Pengujian *Micro Hardness* dengan metode Vickers bertujuan untuk mengetahui dan menganalisis pengaruh variasi konsentrasi *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS) terhadap tingkat kekerasan lapisan Ni-TiAlN yang terbentuk pada substrat Tungsten Karbida. Pada pengujian ini beban yang digunakan seberat 1kg dan indentor yang digunakan berbentuk intan. Berikut adalah perumusan untuk menentukan tingkat kekerasan dari lapisan tersebut.

$$VHN = \frac{2P \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)}{L^2} \quad (4.3.1)$$

Keterangan:

P : Beban yang digunakan (1 kg)

L : Panjang diagonal rata-rata (mm)

θ : Sudut antara permukaan intan yang berlawanan = 136°

Pada tabel 4.4.1 adalah data hasil uji keras pada substrat Tungsten Karbida tanpa dilapisi Ni-TiAlN

Tabel 4.9 Data Uji Keras Substrat Tungsten Karbida Tanpa Pelapisan

No	d ₁ (mm)	d ₂ (mm)	d _{rata-rata} (mm)	d _{rata-rata2} (mm)	HVN (kg/mm ²)
1	1,16	1,19	1,18	1,38	2149,06

Berdasarkan tabel 4.9 nilai kekerasan substrat tungsten karbida tanpa dilapisi adalah sebesar 2149,56 kg/mm² data ini dapat dijadikan perbandingan dengan substrat yang telah dilapisi dengan metode elektrodeposisi.

Pada tabel 4.10 adalah tabel data hasil uji keras dengan variasi konsentrasi *Sodium Dodecyl Sulfate* 0,2 g/l :

Tabel 4.10 Data Hasil Uji Vickers Dengan SDS 0.2 g/l

No	d ₁ (mm)	d ₂ (mm)	d _{rata-rata} (mm)	d _{rata-rata2} (mm)	HVN (kg/mm ²)
1	1,09	1,11	0,28 x 10 ⁻¹	0,76 x 10 ⁻³	2452,10
2	1,16	1,16	0,29 x 10 ⁻¹	0,84 x 10 ⁻³	2204,99
3	1,12	1,10	0,28 x 10 ⁻¹	0,77 x 10 ⁻³	2408,12
Rata-Rata HVN					2355,07

Pada tabel 4.11 adalah tabel data hasil uji keras dengan variasi konsentrasi *Sodium Dodecyl Sulfate* 0,4 g/l :

Tabel 4.11 Data Hasil Uji Vickers Dengan SDS 0.4 g/l

No	d ₁ (mm)	d ₂ (mm)	d _{rata-rata} (mm)	d _{rata-rata2} (mm)	HVN (kg/mm ²)
1	1,12	1,10	0,28 x 10 ⁻¹	0,77 x 10 ⁻³	2408,12
2	1,14	1,08	0,28 x 10 ⁻¹	0,77 x 10 ⁻³	2408,12
3	1,11	1,10	0,27 x 10 ⁻¹	0,76 x 10 ⁻³	2429,96
Rata-Rata HVN					2415,40

Pada tabel 4.12 adalah tabel data hasil uji keras dengan variasi konsentrasi *Sodium Dodecyl Sulfate* 0,6 g/l :

Tabel 4.6 Data Hasil Uji Vickers Dengan SDS 0,6 g/l

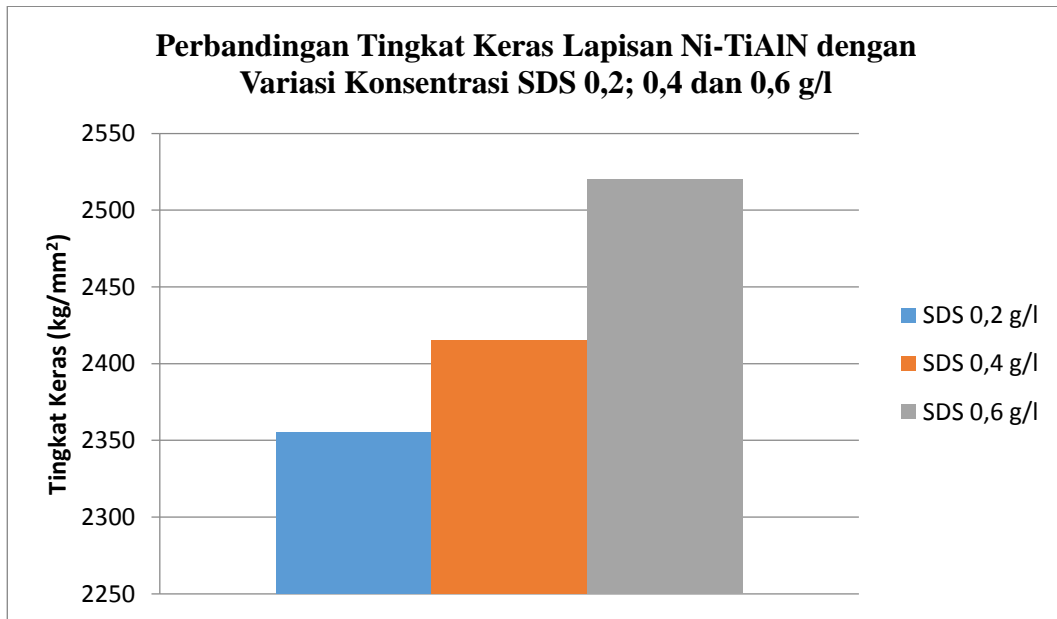
No	d ₁ (mm)	d ₂ (mm)	d _{rata-rata} (mm)	d _{rata-rata2} (mm)	HVN (kg/mm ²)
1	1,10	1,10	0,28 x 10 ⁻¹	0,76 x 10 ⁻³	2452,10
2	1,05	1,03	0,26 x 10 ⁻¹	0,68 x 10 ⁻³	2743,20
3	1,11	1,13	0,28 x 10 ⁻¹	0,78 x 10 ⁻³	2365,31
Rata-Rata HVN					2520,20

4.4.1 Analisa Perbandingan Hasil Uji Keras dengan Variasi Konsentrasi *Sodium Dodecyl Sulfate* 0,2; 0,4 dan 0,6 g/l

Pada tabel 4.13 adalah data perbandingan hasil uji keras dengan variasi konsentrasi *Sodium Dodecyl Sulfate* 0.001, 0.002 dan 0,003gram :

Tabel 4.13 Data Perbandingan HVN SDS 0,2; 0,4 dan 0,6 g/l

No	Massa SDS (g/l)	HVN (kg/mm ²)
1	0,2	2355,07
2	0,4	2415,40
3	0,6	2520,20



Gambar 4.12 Grafik Perbandingan Tingkat Keras Lapisan Ni-TiAlN dengan Variasi Konsentrasi SDS 0,2; 0,4 dan 0,6 g/l

Berdasarkan rujukan (Veprek & Reiprich, 1995), menyatakan bahwa tingkat keras untuk pelapisan TiN dengan uji keras dengan metode Vickers yaitu 2000-3000 kg/mm² dan berdasarkan rujukan (Bilnik, Budniok, Losiewicz, L, & Lagiewka, 2004) tebal lapisan yang terbentuk 180-250 Kemudian pada tabel 4.13 dan gambar 4.12 merupakan data perbandingan tingkat keras lapisan tipis Ni-TiAlN yang terbentuk pada substrat Tungsten Karbida yang telah diolah pada tabel 4.13 untuk komposisi *Sodium Dodecyl Sulfate* 0,2 g/l, tabel 4.11 untuk komposisi *Sodium Dodecyl Sulfate* 0,002 gram dan tabel 4.12 untuk komposisi *Sodium Dodecyl Sulfate* 0,003 gram. Pada setiap kenaikan konsentrasi *Sodium Dodecyl Sulfate* terlihat pula kenaikan nilai keras lapisan tersebut. Jika dilihat pada tabel 4.9 maka nilai kekerasan yang didapatkan yaitu nilai keras lapisan beserta substrat Tungsten Karbida. Peningkatan nilai kekerasan ini disebabkan karena semakin tinggi konsentrasi larutan elektrolit berarti jumlah ion logam yang terkandung dalam larutan semakin banyak sehingga lapisan yang terbentuk semakin tebal. Semakin meningkatnya konsentrasi SDS maka jumlah partikel yang terdeposisi pada lapisan semakin banyak dan mempengaruhi permukaan lapisan sehingga membuat lapisan semakin keras (Jannah, 2006).

Kemudian selain peningkatan konsentrasi larutan, peningkatan grain size juga akan meningkatkan keuletan suatu material, tapi dengan begitu kekuatan dari material akan cenderung turun akibat kekerasannya yang turun. Grain size berpengaruh pada sifat material karena berhubungan dengan penghambatan pergerakan dislokasi. Pergerakan dislokasi akan membuat suatu material mudah terdeformasi dan jika dihambat maka akan menambah tingkat kekerasan. Dengan grain size yang besar, maka pergerakan dislokasi akan semakin mudah. Begitu pula sebaliknya, dengan semakin kecil butir maka dislokasi akan terhambat dan mengakibatkan material akan cenderung brittle (Priadi & H, 2013). Berdasarkan data pada tabel 4.13 dan gambar 4.12 tingkat kekerasan sebanding dengan grain size dipengaruhi oleh *grain boundary sliding*, yaitu mekanisme penguatan melalui gerak *sliding* batas butir dan sesuai dengan persamaan *Hall Peth*, yang menjelaskan bahwa sebandingnya antara *grainsize* dengan *hardness* (Callister & Rethwisch, 2009).

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, analisis dan pembahasan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa telah berhasil pembentukan lapisan tipis komposit Ni-TiAlN dengan variasi konsentrasi *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS) 0,2 g/l; 0,4 g/l dan 0,6 g/l menggunakan metode elektrodposisi, keberhasilan diukur dengan terdapatnya unsur Ni-TiAlN pada lapisan yang terbentuk saat pengujian EDS (*Electron Dispersive Spectroscopy*). Kemudian morfologi permukaan lapisan yang terbentuk semakin halus setiap peningkatan konsentrasi. Berdasarkan pengujian karakterisasi *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan EDS variasi konsentrasi 0,4 g/l membentuk aglomerasi lebih sedikit dibanding SDS 0,2 g/l dan 0,6 g/l dengan komposisi Ni-TiAlN 39,83%. Kemudian variasi konsentrasi SDS berpengaruh pada perubahan ukuran butir dan parameter kisi yang terbentuk. Intensitas tertinggi terdapat pada konsentrasi SDS 0,6 g/l yaitu 5646, pada sudut 2θ adalah 35,42 dengan fasa TiN, struktur kristal kubik dan hkl (1 1 1). Peningkatan konsentrasi SDS mempengaruhi tingkat kekerasan lapisan, tingkat kekerasan optimum lapisan komposit Ni-TiAlN terdapat pada variasi konsentrasi SDS 0,6 g/L dengan nilai 2520,2 kg/mm².

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka penulis menyarankan :

1. Pada saat proses elektrodposisi berlangsung agar menjaga kestabilan temperatur sekitar untuk menghindari terbentuknya *crack* pada lapisan.
2. Menjaga kestabilan arus pada saat proses elektrodposisi agar mendapatkan lapisan yang maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, M. A. (2011). *Analisa Pengaruh Besar Tegangan Listrik Terhadap Ketebalan Pelapisan Chrom Pada Pelat Baja Dengan Proses Elektroplating*. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Aminah. (2011). *Penggunaan Ethylene Tetraacetic Acid (EDTA) dalam Lapisan Elektroplating Campuran Zn-Ni-Fe pada Substrat Cu*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Beiser, A. (2003). *Concepts of Modern Physics*, Sixth Edition.
- Bilnik, I. N., Budniok, A., Losiewicz, B., L, P., & Lagiewka, E. (2004, November 2). *Electrodeposition of composite Ni-based coatings with the addition Electrodeposition of composite Ni-based coatings with the addition*. *Thin Solid Film*, 146-153.
- Budi, A. S., Budi, E., & Nasbey, H. (2013, Juni 1). *Electrodeposition of Ni-TiAlN Nanocomposite Coating For wear and Corrosion Protection*.
- Budi, E., Ksatriotomo, B., Alief, R., Muarief, Permatasari, A. L., Sugihartono, I., et al. (2015). *Analisis Korosi Pada Lapisan Tipis Komposit Nikel-Nitrida Hasil Elektrodeposisi*. SPEKTRA.
- Callister, W. D., & Rethwisch, D. G. (2009). *Materials Science and Engineering. United States of America*: Wiley.
- D, Y., Gamburg, & Zangari, G. (2011). *Theory and Practice of Metal Electrodeposition*. London: Springer.
- de Leon, C. P., & Walsh, F. C. (2014). *A review of the electrodeposition of metal matrix composite coatings by inclusion of particles in a metal layer: an established and diversifying technology*. Transaction of the IMF, 92.
- Dieter, G. E. (1961). *Mechanical Metallurgy*. London: McGRAW-HILL BOOK COMPANY.
- Hidayu, N., Taer, E., & Sugianto. (2016). *Pengaruh Penambahan Surfaktan Sodium Dodecyl Sulfate Pada Sifat Fisis Elektroda Superkapasitor Dari Karbon Tempurung Kelapa*. Repository University Of Riau.
- Huda, M. (2012). *Pembuatan Nanopartikel Lipid Padat untuk Meningkatkan Laju Disolusi Kurkumin*. Depok: Universitas Indonesia.
- Jannah, E. F. (2006). *Karakterisasi Lapisan Tipis Alloy Nife Hasil Elektrodeposisi pada Substrat Cu dan ITO*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.

- Khasanah, M. (2015). *Desain Sistem Elektrodeposisi untuk Proses Pelapisan Ni-TiAlN pada Substrat Tungsten*. Jakarta: Universitas Negeri Jakarta.
- Khasanah, M., Budi, E., & Fahdiran, R. (2015). *Desain Sistem Elektrodeposisi Untuk Proses Pelapisan Ni-TiAlN Pada Substrat Tungsten Karbida*. E-Journal.
- Kittel, C. (2005). *Introduction to Solid State Physics Eight Edition*. California: John Wiley and Sons, Inc.
- Ksatrio, B. (2015). *Pengaruh Konsentrasi Prekursor TiN dan AlN pada Lapisan Tipis Ni-TiAlN Menggunakan teknik Elektrodeposisi*. Jakarta: Universitas Negeri Jakarta.
- Ksatriotomo, B. (2015). *Pengaruh Konsentrasi Perkursor TiN dan AlN Pada Lapisan Ni-TiAlN Menggunakan Teknik Elektrodeposisi*. Jakarta: Universitas Negeri Jakarta.
- Lekka, M., Lanzutti, A., Leitenburg, C. d., Fedrizzi, L., & Offoiach, R. (2016, November 24). *Production and microstructural characterization of Ni matrix composite electrodeposits containing either micro- or nanoparticles of Al*. *Surface & Coatings Technology*, 242-248.
- Magdy, I. A., F, K., & Saleh, A. N. (2013). *Electrodeposition and Characterization of Nickel-TiN Microcomposite Coatings*. *Int.J.Electrochem.Sci*, 8, 12308-12320.
- Mansyur, U., & Dogra, S. K. (1990). *Kimia Fisik dan Soal-Soal*. Jakrta: UI Press.
- Muarief. (2015). *Sintesis Lapisan Tipis Komposit Ni-TiAlN Menggunakan Teknik Elektrodeposisi Dalam Menurunkan Laju Korosi Pada Substart High Speed Steel (HSS), Galvaris Dan Kuningan*. Jakarta: Universitas Negeri Jakarta.
- Murtiono, A. (2012, September). *Pengaruh Quenching dan Tempering Terhadap Kekerasan dan Kekuatan Tarik Serta Struktur Mikro Baja Karbon Sedang untuk Mata Pisau Pemanen Sawit*. e-Dinamis, II.
- Naat, J. N., Tjahjanto, R. T., & Maruroh. (2014, Agustus). *Pengaruh Kecepatan Putar Deposisi Terhadap Struktur Kristal, Ketebalan dan Morfologi Lapisan Tipis Timbal Zirkonat Titanat (PZT) dengan Metode Spin Caoater*. *Chemical et Natura Acta*, 2, 115-119.
- Nainggolan, A. (2014). *Pengaruh Penambahan Surfaktan Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) Terhadap Sifat Mekanik dan Thermal Nanokomposit Karet Organobentonit*. Medan: Universitas Sumatra Utara.

- Permatasari, A. L. (2015). *Pengaruh Kecepatan Pengadukan Pada Proses Pelapisan Lapisan Tipis Nanokomposit Ni-TiAlN Menggunakan Teknik Elektrodeposisi Untuk Perlindungan Bahan Tungsten Karbida Terhadap Korosi*. Jakarta: Universitas Negeri Jakarta.
- Priadi, D., & H, J. J. (2013). *Studi Distribusi Besar Butir Ferit dan Pengaruhnya Terhadap Kekerasan pada Proses Termomekanik Baja HSLA dengan Variasi Reduksi pada Temperatur 800C*.
- Robbina, M. A. (2012). *Perbandingan Nilai Kekerasan dan Struktur Mikro Akibat Variasi Katalis pada Proses Carburizing Baja S45C*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Salager, J. L. (2002). *Surfactans Types and Uses*. Venezuela.
- Sofiana, E. (2015). *Efek Aplikasi CPP-ACP Terhadap Kekerasan dan Morfologi Permukaan Email Setelah Direndam dalam Minuman Berkarbonasi*. Jember: Universitas Jember.
- Subagja, B. (2011). *Pengaruh Variasi Persen Berat Bi dan Pemberian Tekanan pada Parameter Kisi dan Ukuran Kristal Sistem Materian Sn-Cu-Bi dan Sn-Cu*. Depok: Universitas Indonesia.
- Sujatno, A., Salam, R., Bandriyana, & Dimiyati, A. (2015, November). *Studi Scanning Electron Microscopy (SEM) untuk Karakterisasi Proses Oksidasi Paduan Zirkonium*. Jurnal Forum Nuklir (JFN), 9.
- Surdla, N. M. (1993). *XRD (Difraksi Sinar X)*. Jakarta: P.T Tambang Timah (PERSERO).
- Syahputra, A. R. (2015). *Pengaruh Kuat Arus Terhadap Morfologi Mikro dan Struktur Kristal Lapisan Berbasis Nikel Menggunakan Teknik Elektrodeposisi*. Jakarta: Universitas Negeri Jakarta.
- Tebriani, S., Syukri, & Dahlan, D. (2013, Juni). *Pengaruh Pemanasan dan Ethylen Glycol pada Elektrodeposisi Lapisan Tipis Magnetite menggunakan Continue Direct Current*. Jurnal Fisika dan Aplikasinya, 9.
- Veprek, S., & Reiprich, S. (1995). *A concept for the design of novel superhard coatings*.
- Veprek, S., Haussmann, M., Reiprich, S., Shizhi, L., & Dian, J. (1996). *Novel Thermodynamically Stable and Oxidation Resistant Superhard Coating Materials*. *Surface and Coating Technology*, 86-87, 394-401.
- Wahyuni, I., Rojul, A. B., Nasocha, E., Rosyi, N. F., Khusnia, N., & Ningsih, O. R. (n.d.). *Uji Kekerasan dengan Metode Rockwell*.

- Warsiti. (2005). *Studi Pengaruh Suhu Annealing Terhadap Struktur Kristal dan Magnetoresistansi Permalloy NiFe Hasil Elektrodeposisi*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Wibowo, D. A. (2006). *Modifikasi Permukaan Semikonduktor Lapis Tipis grafit/komposit tio₂-sio₂ dengan Penempelan Logam Tembaga (Cu) Secara Elektrodeposisi*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Yanti, P. H., Awaluddin, A., & Anggraini, D. (n.d.). *Analisa Sifat Permukaan Birnessite Hasil Sintesis Menggunakan Solid State Method*.
- Zhao, Y., Jiang, C., Xu, Z., Cai, F., Zhang, Z., & Fu, P. (2015). *Microstructure and corrosion behavior of Ti nanoparticles reinforced Ni–Ti composite coatings by electrodeposition*. *Materials and Design*, 39-46.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Komposisi Bahan Larutan Elektrolit

Perhitungan massa bahan dasar untuk pembuatan larutan elektrolit 5 ml adalah sebagai berikut :

1) 0,38 M $\text{Ni}_2\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

$$M = \frac{\text{mol}}{\text{liter}}$$

$$0,38 = \frac{\text{mol}}{\text{liter}} = \frac{\text{mol}}{\text{liter}} = \frac{\text{mol}}{0,005}$$

$$\text{mol} = 0,38 \times 0,005 = 0,0019$$

$$\text{gram} = \text{mol} \times \text{Mr}$$

$$= 0,0019 \times 262,86$$

$$= 0,499 \text{ gram}$$

2) 0,17 M $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

$$M = \frac{\text{mol}}{\text{liter}}$$

$$0,17 = \frac{\text{mol}}{\text{liter}} = \frac{\text{mol}}{\text{liter}} = \frac{\text{mol}}{0,005}$$

$$\text{mol} = 0,17 \times 0,005 = 0,00085$$

$$\text{gram} = \text{mol} \times \text{Mr}$$

$$= 0,00085 \times 237,66$$

$$= 0,202 \text{ gram}$$

3) 0,49 mol/L H_3BO_3

$$M = \frac{\text{mol}}{\text{liter}}$$

$$0,49 = \frac{\text{mol}}{\text{liter}} = \frac{\text{mol}}{\text{liter}} = \frac{\text{mol}}{0,005}$$

$$\text{mol} = 0,49 \times 0,005 = 0,00245$$

$$\text{gram} = \text{mol} \times \text{Mr}$$

$$= 0,00245 \times 61,78$$

$$= 0,151 \text{ gram}$$

4) 2 gr/L AlN

$$2 = \frac{\text{massa}}{\text{liter}}$$

$$\begin{aligned}\text{massa} &= 2 \times l \\ &= 2 \times 0,005 \\ &= 0,01 \text{ gram}\end{aligned}$$

5) 2 gr/L TiN

$$2 = \frac{\text{massa}}{\text{liter}}$$

$$\begin{aligned}\text{massa} &= 2 \times l \\ &= 2 \times 0,005 \\ &= 0,01 \text{ gram}\end{aligned}$$

6) Sodium Dodecyl Sulfate (SDS)

- 0,2 gr/L

$$0,2 = \frac{\text{massa}}{\text{liter}}$$

$$\begin{aligned}\text{massa} &= 0,2 \times l \\ &= 0,2 \times 0,005 \\ &= 0,001 \text{ gram}\end{aligned}$$

- 0,4 gr/L

$$0,4 = \frac{\text{massa}}{\text{liter}}$$

$$\begin{aligned}\text{massa} &= 0,4 \times l \\ &= 0,4 \times 0,005 \\ &= 0,002 \text{ gram}\end{aligned}$$

- 0,6 gr/L

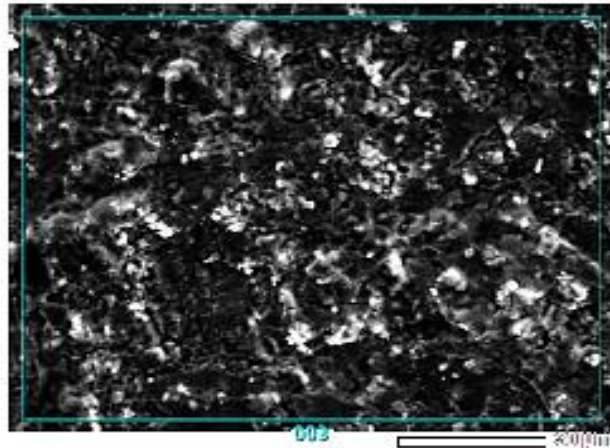
$$0,6 = \frac{\text{massa}}{\text{liter}}$$

$$\begin{aligned}\text{massa} &= 0,6 \times l \\ &= 0,6 \times 0,005 \\ &= 0,003 \text{ gram}\end{aligned}$$

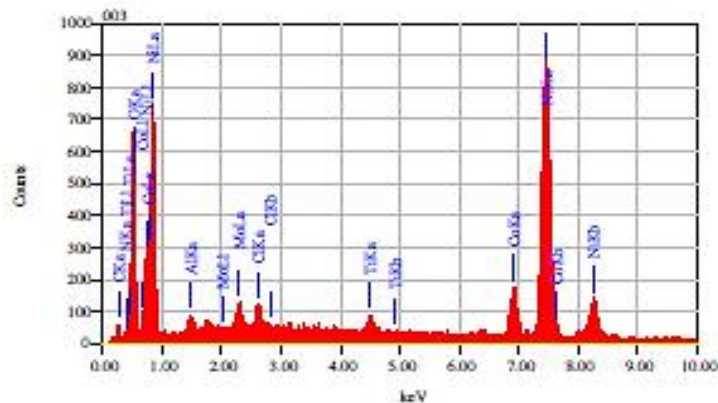
Lampiran 2 EDS Komposisi Sodium Dodecyl Sulfate 0,2 g/l

0,001-03

1/1



Title	. 19011
Instrument	. G510(LA)
Volt	. 20.00 kV
Mag.	. x 1,000
Date	. 2017/05/13
Pixel	. 512 x 384



Acquisition Parameter	
Instrument	. G510(LA)
Acc. Voltage	. 20.0 kV
Probe Current	. 1.00000 nA
SDA mode	. T4
Read Time	. 37.85 sec
Live Time	. 30.00 sec
Dead Time	. 20 %
Counting Rate	. 2260 cps
Energy Range	. 0 - 20 keV

ZAF Method Standardless Quantitative Analysis

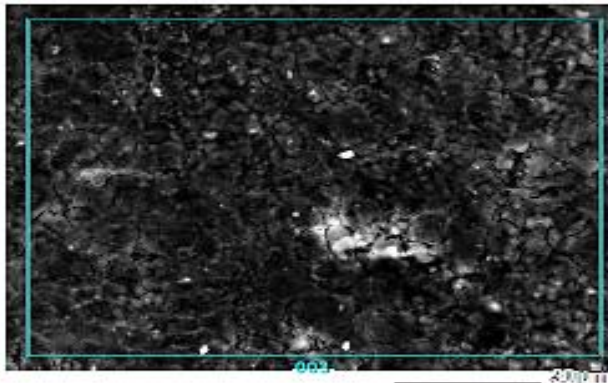
Fitting Coefficient = 0.2593

Element	(KeV)	Mass%	Error%	Atom%	Compound	Mass%	Cation	K
C K	0.277	3.94	0.11	11.23				0.7038
H K*	0.142	0.01	0.27	2.04				1.1840
O K	0.525	39.07	0.34	42.48				23.2098
Al K*	1.486	0.70	0.13	0.89				0.2963
Cl K	2.621	0.99	0.07	0.96				0.9667
Ti K	4.508	0.09	0.12	0.64				0.9160
Cu K	8.924	0.11	0.27	4.71				3.2598
Ni K	7.471	61.01	0.33	36.01				65.3675
Mn L	2.243	2.82	0.22	1.01				2.0872
Total		100.00		100.00				

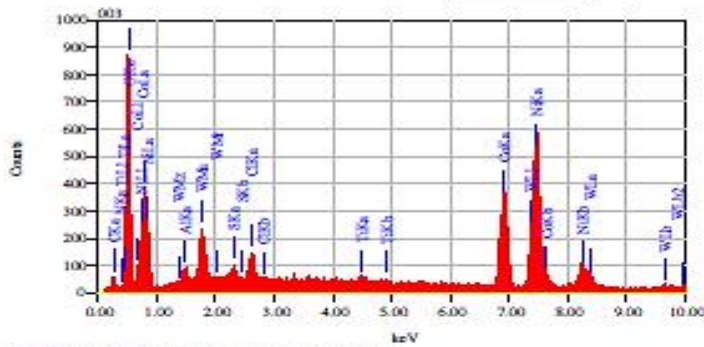
Lampiran 3 EDS Komposisi Sodium Dodecyl Sulfate 0,4 g/l

0,002-03

1/1



Title	. DM01
Instrument	. G10(LA)
Volt	. 20.00 kV
Mag	. x 1.000
Date	. 2017/06/13
Pixel	. 512 x 384



Acquisition Parameter
 Instrument . G10(LA)
 Acc. Voltage . 20.0 kV
 Probe Current . 1.00000 nA
 SIA mode . T4
 Real Time . 37.57 sec
 Live Time . 30.00 sec
 Dead Time . 25 %
 Counting Rate . 2167 cps
 Energy Range . 0 - 20 keV

ZAF Method Standardless Quantitative Analysis
 Fitting Coefficient = 0.2233

Element	(keV)	Mass%	Error%	Atom%	Compound	Mass%	Cation	Z
C K	0.277	3.51	0.06	9.25				6.627
N K ^a	0.402	0.02	0.14	1.03				7.2471
O K	0.525	27.17	0.06	53.50				28.4520
Al K	1.486	0.05	0.07	1.11				0.4494
S K	2.307	0.69	0.04	0.63				0.6408
Cl K	2.622	1.41	0.04	1.25				1.3791
Ti K	4.510	0.54	0.07	0.35				0.5613
Cr K	5.924	19.03	0.15	10.59				23.6546
Ni K	7.471	37.52	0.19	20.13				40.5368
W M	1.774	7.57	0.20	1.30				4.4362
Total		100.00		100.00				

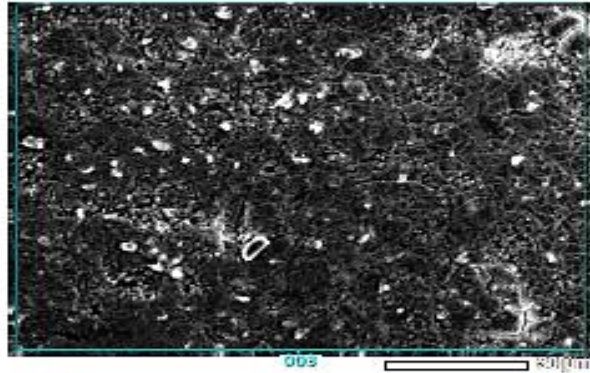
JEOL-2000 AnalysisStation

JEOL

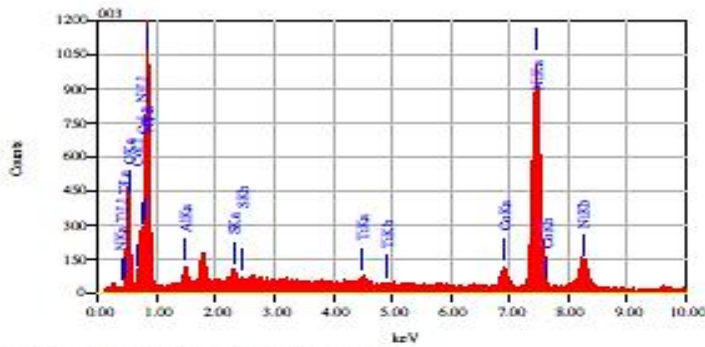
Lampiran 4 EDS Komposisi Sodium Dodecyl Sulfate 0,6 g/l

0,003-03

3/3



Title	. D003
Instrument	. G110(LA)
Volt	. 20.00 kV
Mag.	. x 1,000
Date	. 2017/05/13
Pixel	. 512 x 384



Acquisition Parameter

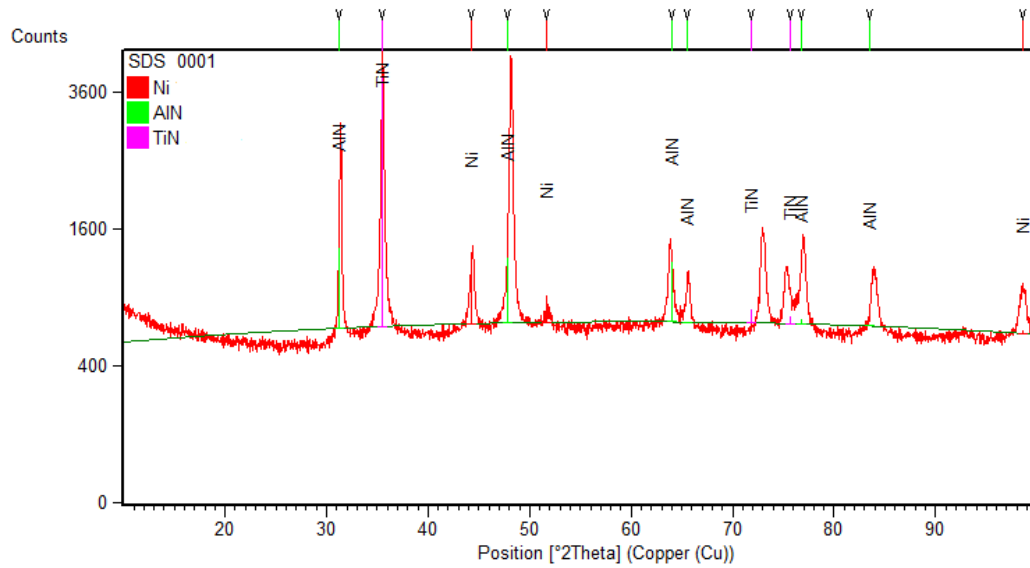
Instrument	. G110(LA)
Acc. Voltage	. 20.0 kV
Probe Current	. 1.00000 nA
SDA mode	. 74
Real Time	. 38.67 sec
Live Time	. 30.00 sec
Dead Time	. 22 %
Counting Rate	. 2426 cps
Energy Range	. 0 - 20 keV

EDS Method Standardless Quantitative Analysis

Fitting Coefficient : 0.2961

Element	(cps)	Mass%	Error%	Atom%	Compound	Mass	Cation	K
N K*	0.182	1.01	0.26	3.02				1.6020
O K	0.525	14.86	0.19	17.42				15.9200
Al K	1.486	1.62	0.20	2.41				0.6045
S K	2.107	0.78	0.11	0.99				0.6576
Ti K	4.508	0.77	0.18	0.65				0.7463
Ca K	6.924	6.01	0.40	4.12				5.7856
Mi K	7.471	74.89	0.49	51.19				74.6832
Total		100.00		100.00				

Lampiran 5 Pengolahan *Sodium Dodecyl Sulfate* 0,2 g/l



No.	Pos. [°2Th.]	d-spacing [Å]	FWHM [°...]	h	k	l	Area calc.	Multiplicity	Assignment
1	31.2280	2.86191	0.0100	0	1	0	1335.3470	8	AlN
2	35.5091	2.52607	0.3752	1	1	1	43539.2100	12	TiN
3	44.3324	2.04164	0.5102	1	1	1	9686.6050	6	Ni
4	47.9001	1.89757	0.0100	0	1	2	304.0081	2	AlN
5	51.7180	1.76610	0.5102	0	0	2	4330.1630	12	Ni
6	63.9695	1.45424	0.0100	0	1	3	311.9788	12	AlN
7	65.5697	1.42256	0.0100	0	2	0	53.6759	6	AlN
8	71.8721	1.31253	0.3752	1	1	3	1747.1100	2	TiN
9	75.6340	1.25632	0.3752	2	2	2	906.0967	12	TiN
10	76.8229	1.23981	0.0100	0	2	2	29.6161	12	AlN
11	83.4589	1.15728	0.0100	0	1	4	7.2790	24	AlN
12	98.5939	1.01609	0.5102	2	2	2	676.5787	8	Ni

Lampiran 6 Pengolahan Data Difraksi *Sodium Dodecyl Sulfate* 0,2 g/l

6.1 Parameter Kisi

$$a = d \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

6.2 Ukuran Butir

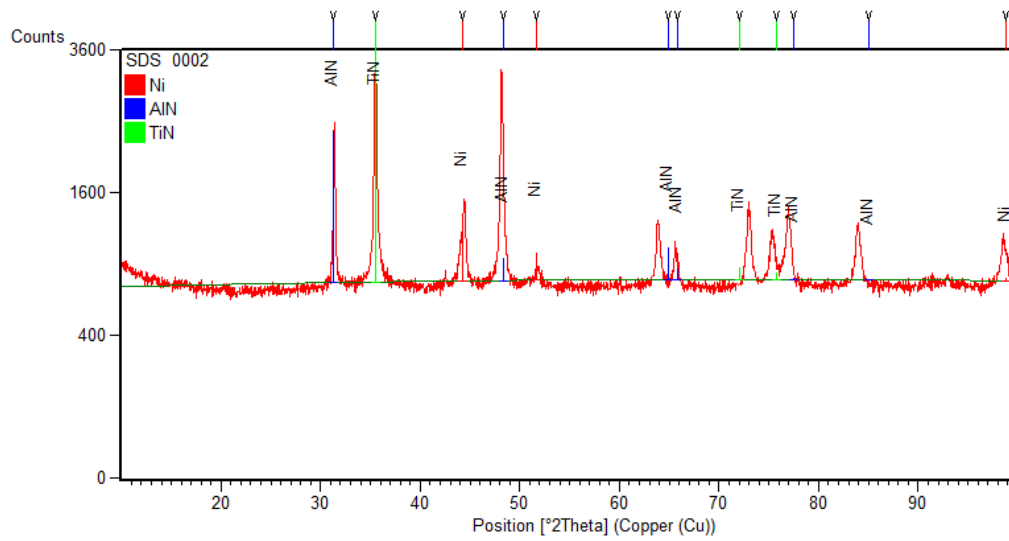
Persamaan Scherrer $g = k \cdot \lambda / \beta \cos \theta$

$$k = 0.9 \quad \beta = \text{FWHM}$$

$$\lambda = 1.54 \quad \theta = \text{Sudut}$$

No	2 θ	d (Å)	FWHM	hkl	$h^2+k^2+l^2$	a (Å)	Volume a ³	g (nm)
1	31.38	2.85	0.15	1 1 0	2	4.03	65.31	8.69
2	35.49	2.53	0.20	1 1 1	3	4.37	83.71	6.450
3	44.41	2.04	0.18	2 0 0	4	4.08	67.79	7.17
4	48.13	1.89	0.26	2 1 0	5	4.22	75.22	4.95
5	51.84	1.76	0.41	2 1 0	5	3.94	61.34	3.05
6	63.88	1.46	0.15	2 2 0	8	4.12	69.90	7.66
7	65.60	1.42	0.36	2 2 0	8	4.02	65.08	3.25
8	72.93	01.39	0.46	3 1 0	10	4.09	68.55	2.42
9	75.32	1.26	0.41	3 1 0	10	3.98	63.27	2.68
10	76.97	1.24	0.31	3 1 1	11	4.11	69.29	3.53
11	83.86	1.15	0.26	2 2 2	12	3.99	63.58	4.03
12	98.62	1.02	0.75	4 0 0	16	4.06	67.15	1.21
Rata-rata						4.09	68.35	4.59

Lampiran 7 Pengolahan *Sodium Dodecyl Sulfate* 0,4 g/l



No.	Pos. [°2Th.]	d-spacing [Å]	FWHM [°...]	h	k	l	Area calc.	Multiplicity	Assignment
1	31.2786	2.85740	0.0100	0	1	0	4361.8060	8	AlN
2	35.4802	2.52806	0.3503	1	1	1	38508.8500	6	TiN
3	44.3138	2.04245	0.5532	1	1	1	10380.6800	6	Ni
4	48.4121	1.87869	0.0100	0	1	2	613.1255	2	AlN
5	51.7262	1.76584	0.5532	0	0	2	4625.9330	12	Ni
6	64.9092	1.43543	0.0100	0	1	3	350.7486	12	AlN
7	65.8942	1.41634	0.0100	0	2	0	61.1747	6	AlN
8	72.0088	1.31037	0.3503	1	1	3	1517.0630	2	TiN
9	75.7917	1.25409	0.3503	2	2	2	784.7848	12	TiN
10	77.5194	1.23040	0.0100	0	2	2	21.1974	12	AlN
11	84.9903	1.14029	0.0100	0	1	4	3.7158	24	AlN
12	98.8385	1.01423	0.5532	2	2	2	712.8344	6	Ni

Lampiran 8 Pengolahan Data Difraksi *Sodium Dodecyl Sulfate* 0,4 g/l

8.1 Parameter Kisi

$$a = d \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

8.2 Ukuran Butir

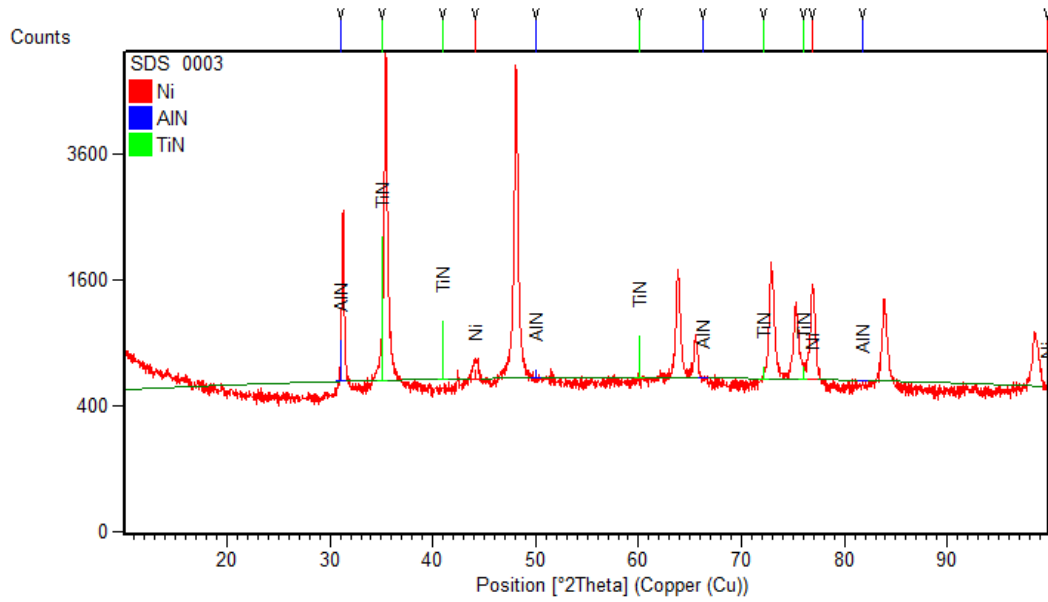
Persamaan Scherrer $g = k \cdot \lambda / \beta \cos \theta$

$$k = 0.9 \quad \beta = \text{FWHM}$$

$$\lambda = 1.54 \quad \theta = \text{Sudut}$$

No	2 θ	d (Å)	FWHM	hkl	$h^2+k^2+l^2$	a (Å)	Volume a^3	g (nm)
1	31.38	2.85	0.15	1 1 0	2	4.03	65.27	8.69
2	35.51	2.52	0.201	1 1 1	3	4.37	83.61	6.45
3	44.44	2.04	0.15	2 0 0	4	4.07	67.60	8.36
4	48.16	1.89	0.28	2 1 0	5	4.22	75.21	4.50
5	51.81	1.76	0.41	2 1 0	5	3.94	61.26	3.05
6	63.86	1.46	0.31	2 2 0	8	4.12	69.88	3.83
7	65.61	1.42	0.21	2 2 0	8	4.02	64.96	5.69
8	72.93	1.30	0.26	3 1 0	10	4.10	68.75	4.36
9	75.33	1.26	0.36	3 1 0	10	3.99	63.34	3.06
10	76.91	1.24	0.36	3 1 1	11	4.11	69.28	3.03
11	83.95	1.15	0.36	2 2 2	12	3.99	63.39	2.88
12	98.53	1.02	0.37	4 0 0	16	4.07	67.19	2.42
Rata-rata						4.08	68.31	4.69

Lampiran 9 Pengolahan Sodium Dodecyl Sulfate 0,6 g/l



No.	Pos. [°2Th.]	d-spacing [Å]	FWHM [°...]	h	k	l	Area calc.	Multiplicity	Assignment
1	31.0175	2.88085	0.0100	0	1	0	1378.7570	8	AlN
2	35.1407	2.55170	0.0100	1	1	1	3137.8500	6	TiN
3	41.0214	2.19845	0.0100	0	0	2	3445.5240	8	TiN
4	44.1153	2.05118	0.4650	1	1	1	1178.6310	6	Ni
5	49.9871	1.82312	0.0100	0	1	2	156.4136	12	AlN
6	60.0742	1.53887	0.0100	0	2	2	612.6002	6	TiN
7	66.2892	1.40886	0.0100	0	2	0	18.0477	6	AlN
8	72.2057	1.30728	0.0100	1	1	3	116.4979	12	TiN
9	76.0573	1.25037	0.0100	2	2	2	59.7821	2	TiN
10	76.8189	1.23986	0.4650	0	2	2	254.0181	12	Ni
11	81.7345	1.17727	0.0100	0	0	4	1.0714	12	AlN
12	99.7017	1.00776	0.4650	2	2	2	83.5025	6	Ni

Lampiran 10 Pengolahan *Sodium Dodecyl Sulfate* 0,6 g/l

10.1 Parameter Kisi

$$a = d \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

10.2 Ukuran Butir

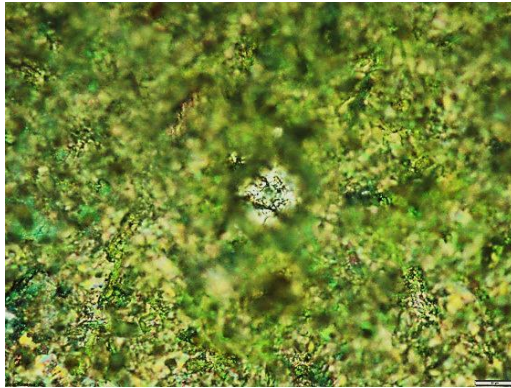
Persamaan Scherrer $g = k \cdot \lambda / \beta \cos \theta$

$$k = 0.9 \quad \beta = \text{FWHM}$$

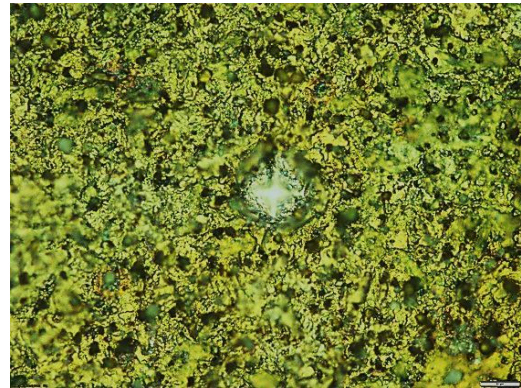
$$\lambda = 1.54 \quad \theta = \text{Sudut}$$

No	2 θ	d (Å)	FWHM	hkl	$h^2+k^2+l^2$	a^3	g (nm)
1	31.29	2.86	0.18	1 1 0	2	65.78	7.45
2	35.42	2.53	0.21	1 1 1	3	84.37	6.45
3	42.44	2.13	0.15	2 0 0	4	77.35	8.42
4	44.22	2.05	0.61	2 1 0	5	68.63	2.09
5	48.07	1.89	0.18	2 1 0	5	75.48	7.07
6	63.80	1.46	0.23	2 2 0	8	70.05	5.11
7	65.53	1.43	0.18	2 2 0	8	65.09	6.51
8	72.90	1.30	0.21	3 1 0	10	68.72	5.45
9	75.24	1.26	0.31	3 1 0	10	63.40	3.58
10	76.88	1.24	0.15	3 1 1	11	69.38	7.07
11	83.85	1.15	0.31	2 2 2	12	63.65	3.36
12	98.50	1.02	0.50	4 0 0	16	67.23	1.81
Rata-rata						69.93	5.36

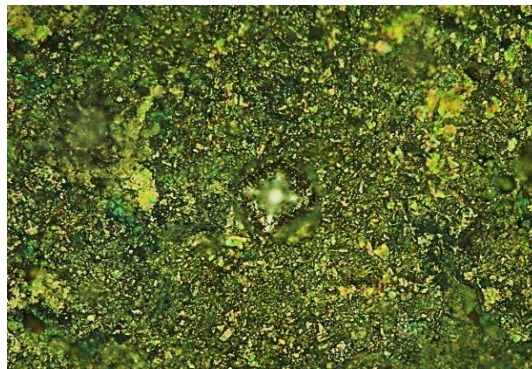
Lampiran 11 Jejak Identor *Micro Hardness*



Jejak Identor *Micro Hardness* pada
Komposisi *Sodium Dodecyl Sulfate* 0.2
g.l⁻¹ dengan perbesaran 500x



Jejak Identor *Micro Hardness* pada
Komposisi *Sodium Dodecyl Sulfate* 0.4
g.l⁻¹ dengan perbesaran 500x



Jejak Identor *Micro Hardness* pada
Komposisi *Sodium Dodecyl Sulfate* 0.6
g.l⁻¹ dengan perbesaran 500x

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Jakarta pada tanggal 11 Juli 1995. Penulis merupakan anak tunggal dari ayah Nurdin dan ibu Ernawati.

Tahun 2001-2007 penulis menempuh pendidikan dasar di SDN Kedoya Utara 03 Pagi, kemudian pada tahun 2007-2010 penulis melanjutkan pendidikan menengah pertama di SMPN 229 Jakarta dan pada tahun 2010-2013 menempuh pendidikan menengah atas di SMAN 57 Jakarta.

Penulis memulai perkuliahan pada tahun 2013 dengan Program Studi Fisika di UNJ, pada tahun 2015 penulis menjadi asisten laboratorium pada praktikum Fisika Modern dan pada tahun 2016 menjadi asisten laboratorium pada praktikum Fisika Dasar I. Perkuliahan ditempuh dari tahun 2013 hingga lulus pada tahun 2017 dengan skripsi yang berjudul “Pembentukan Lapisan Komposit Ni-TiAlN Menggunakan Teknik Elektrodeposisi Dengan Variasi Konsentrasi *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS)”