

**Sintesis Lapisan Tipis Komposit Ni-TiAlN Menggunakan Teknik
Elektrodeposisi dalam Menurunkan Laju Korosi pada Substrat
High Speed Steel (HSS), Galvanis dan Kuningan**

Skripsi

**Disusun untuk melengkapi syarat-syarat guna memperoleh
gelar Sarjana Sains**



Muarief

3225111271

PROGRAM STUDI FISIKA

JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM


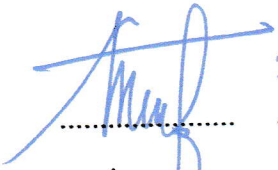
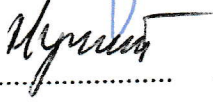

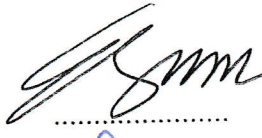
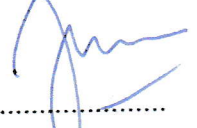

UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

2015

PERSETUJUAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

**SINTESIS LAPISAN TIPIS KOMPOSIT Ni-TiAIN MENGGUNAKAN TEKNIK
ELEKTRODEPOSISI DALAM MENURUNKAN LAJU KOROSI PADA
SUBSTRAT *HIGH SPEED STEEL* (HSS), GALVANIS DAN KUNINGAN**

Nama : Muarief
No. Reg. : 3225111271

| | Nama | Tanda Tangan | Tanggal |
|------------------------|---|---|---------------|
| Penanggung Jawab | | | |
| Dekan | : Prof. Dr. Suyono, M.Si NIP. 19671218 199303 1 005 |  | 29/2015 /7 |
| Wakil Penanggung Jawab | | | |
| Pembantu Dekan I | : Dr. Muktiningsih, M.Si NIP. 19640511 198903 2 001 |  | 28/2015 /7 |
| Ketua | : Dr.rer.nat. Bambang Heru Iswanto, M.Si NIP. 19680401 1994031 002 |  | 27/2015 /7 |
| Sekretaris | : Dr. Widyaningrum Indrasri, M.Si NIP. 19770510 200604 2 001 |  | 27/2015 /7 |
| Anggota | | | |
| Pembimbing I | : Dr. Esmar Budi, M.T NIP. 19720728 199903 1 002 |  | 22/2015 /7 |
| Pembimbing II | : Dr. Iwan Sugihartono, M.Si NIP. 19791010 200801 1 018 |  | 28/2015 /7 |
| Penguji Ahli | : Riser Fahdiran, M.Si NIP. 19830717 200912 1 008 |  | 23/2015 /7 |

Dinyatakan lulus ujian skripsi tanggal 9 Juli 2015

PERSEMBAHAN

Karya kecil ini ku persembahkan untuk:

Orang tua tercinta, Bapak Fahrial dan Ibu Rosyidah yang telah
mencurahkan semuanya untukku,
menjadi inspirasi dan tauladanku dalam menjalani kehidupan ini.

Do'a bapak dan ibu selalu menjadi kekuatanku.

Abang-abangku tersayang, bang Firly dan bang Ifal,
Aku bangga mempunyai abang seperti kalian.

Seluruh guru yang pernah mengajarku sejak kecil hingga kini,
Terimakasih atas ilmu yang kalian berikan kepada diri yang bodoh ini,
Tanpa kalian aku bukanlah apa-apa.

Saudara, Kerabat, Sahabat dan semua orang yang telah memberikan cinta
dan kasih sayang dalam arti sebenarnya kepada diri ini.

MOTTO

Tenang. Hayati. Eksekusi.
Allah SWT selalu ada bersama orang-orang yang beriman.

Tidak ada suatu musibah pun yang menimpa seseorang
kecuali dengan izin Allah, dan barang siapa beriman
kepada Allah, niscaya Dia akan memberi petunjuk kepada
hatinya. Dan Allah Maha Mengetahui segala sesuatu.

(QS. At Taghaabun; ayat 11)

Orang yang ingin bergembira
harus menyukai kelelahan akibat bekerja.

(Plato)

Impianmu. Lepas digapai.
Jika belum sampai, kurangi bersantai.
Semoga tercapai. Sebelum semangat tercerai berai
Dan hati sibuk berandai-andai.

(Randi Andia Putra)

KATA PENGANTAR

Puji syukur Penulis panjatkan kepada ALLAH SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga Penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan judul **“Sintesis Lapisan Tipis Komposit Ni-TiAlN Menggunakan Teknik Elektrodeposisi dalam Menurunkan Laju Korosi pada Substrat *High Speed Steel* (HSS), Galvanis dan Kuningan”** dengan baik. Skripsi ini disusun untuk memenuhi persyaratan guna memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Fisika, di Fakultas MIPA Universitas Negeri Jakarta.

Dalam penyelesaian laporan penelitian ini tidak terlepas dari adanya do'a, motivasi, bimbingan, kritik, dan saran dari berbagai pihak. Maka pada kesempatan ini Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Drs. Anggara Budi Susila, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika FMIPA UNJ,
2. Dr. Esmar Budi, M.T selaku Ketua Program Studi Fisika FMIPA UNJ dan Dosen Pembimbing I,
3. Dr. Iwan Sugihartono, M.Si selaku Pembimbing Akademik dan Dosen Pembimbing II,
4. Riser Fahdiran, M.Si selaku dosen penguji ahli,
5. Bapak Fahrial dan Ibu Rosyidah untuk semua doa, cinta, kasih sayang, dan semangat yang tidak terhingga yang selalu diberikan kepada Penulis,
6. Bapak dan Ibu Dosen Fisika, yang telah memberikan ilmu pengetahuan selama masa perkuliahan berlangsung,
7. Pak Budi, Pak Riza, Mas Fajrin, Pak Priambodo, dan Seluruh Staff Laboratorium yang telah membantu melancarkan proses pembuatan skripsi.
8. Teman-teman Prodi Fisika UNJ 2011 yang selalu menjadi tempat berbagi suka dan duka.
9. Teman-teman Laskar BEMJ Fisika Periode 2013/2014, yang selalu saling mendukung dalam penyelesaian skripsi,

10. Kaka tingkat 2010 serta adik tingkat 2012 dan 2013, yang dengan semangat memberikan suport dan doa.

Penulis yakin dalam penulisan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan maupun kesalahan, baik mengenai isi materi, cara penyajian, serta teknis penulisan, karena hal ini tidak lepas dari kekurangan dan keterbatasan Penulis. Oleh karena itu, Penulis mohon maaf yang sebesar-besarnya atas kekurangan tersebut dan sangat mengharapkan adanya kritik dan saran yang bersifat membangun untuk kesempurnaan Skripsi ini.

Jakarta, 22 Juli 2015

Penulis

ABSTRAK

Muarief, 3225111271. Sintesis Lapisan Tipis Komposit Ni-TiAlN Menggunakan Teknik Elektrodeposisi dalam Menurunkan Laju Korosi pada Substrat *High Speed Steel* (HSS), Galvanis dan Kuningan. Jakarta Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas negeri Jakarta, 2015.

Telah dilakukan kajian pensintesisan lapisan komposit elektrodeposisi Ni-TiAlN menggunakan parameter proses elektrodeposisi berdasarkan jenis bahan logam atau logam campuran yang digunakan sebagai substrat. Variasi jenis bahan substrat yang digunakan sebanyak 3 variasi yaitu *High Speed Steel* (HSS), Kuningan dan Galvanis. Pada penelitian ini komposisi larutan elektrolit terdiri dari 0.38 M Ni₂SO₄.6H₂O, 0.17 M NiCl₂.6H₂O dan 0.49 M H₃BO₃ ditambah dengan serbuk TiN dan AlN masing-masing 6 gr/L serta surfaktan *Dodecyl Sulfate Sodium* (C₁₂H₂₅NaO₄S) sebanyak 0.05 g/L. Penelitian dilakukan pada arus elektrodeposisi masing-masing sebesar 3.0 mA selama 15 menit. Hasil percobaan menunjukkan bahwa lapisan komposit memiliki morfologi dan struktur kristal yang mengikuti pola dan kondisi substrat dasarnya. Sedangkan dari data hasil percobaan ketahanan laju korosi, efisiensi lapisan Ni-TiAlN pada substrat Galvanis sebesar 29,41% sedangkan pada HSS dan Kuningan sebesar 27,27% dan 25,57%.

Kata Kunci : *Elektrodeposisi, Lapisan komposit Ni-TiAlN, Substrat High Speed Steel (HSS), Substrat Kuningan, Substrat Galvanis*

ABSTRACT

Muarief, 3225111271. Synthesis Composite Films Ni-TiAlN Using Elektrodeposition Technic to Reduce Rate of Corrothion at High Speed Steel, Galvanis and Brass Substrate. Minithesis. Jakarta. Department of Physics, Faculty of Mathematic and Natural Sciences, State University of Jakarta, 2015.

Composite coating on metal is subjected to improve its wear and corrosion resistances. Electrodeposited Ni-TiAlN composite film using variations of metal or metal alloy type as substrate has been investigated. Variation of substrate type used amount 3 variations that are High Speed Steel (HSS), Brass and Galvanis. On this experiment, the electrolyte composition consist of 0.38 M Ni₂SO₄.6H₂O, 0.17 M NiCl₂.6H₂O and 0.49 M H₃BO₃ added with each 6 gr/liter amounts of TiN and AlN powders and Dodecyl Sulfate Sodium (C₁₂H₂₅NaO₄S) 0.5 gr/liter as sufraktan. The experiment was performed at electrodeposition current of 3.0 mA for about 15 minutes. The results show that the composite film morphology and crystal structure are following raw substrate. The result of this research corrosion resistance Ni-TiAlN film on the Galvanis substrate is 29,41%, meanwhile on the HSS and Brass substrate respectively are 27,27% and 25,57%.

Keywords: *Elektrodeposition, Ni-TiAlN film composit, High Speed Steel Substrate, Brass Substrate, Galvanis Substrate.*

DAFTAR ISI

| | |
|--|-------------|
| KATA PENGANTAR | i |
| ABSTRAK | iii |
| ABSTRACT | iv |
| DAFTAR ISI | v |
| DAFTAR GAMBAR | vii |
| DAFTAR TABEL | viii |
| DAFTAR LAMPIRAN | ix |
| BAB I PENDAHULUAN | |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Identifikasi Masalah | 2 |
| 1.3 Pembatasan Masalah | 3 |
| 1.4 Perumusan Masalah..... | 3 |
| 1.5 Tujuan Penelitian..... | 3 |
| 1.6 Manfaat Penelitian..... | 3 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | |
| 2.1 Elektrodeposisi | 4 |
| 2.2 Substrat Katoda pada Elektrodeposisi | 6 |
| 2.3 Lapisan Komposit Ni-TiAlN..... | 8 |
| 2.4 Struktur Kristal | 10 |
| 2.5 <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM)..... | 11 |
| 2.6 <i>X-Ray Diffraction</i> | 12 |
| 2.7 Korosi | 14 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | |
| 3.1 Tujuan Penelitian..... | 15 |
| 3.2 Tempat dan Waktu Penelitian | 15 |
| 3.3 Alat dan Bahan | 15 |
| 3.4 Diagram Alir..... | 17 |
| 3.5 Prosedur Penelitian..... | 18 |

| | |
|---|-----------|
| 3.5.1 Persiapan Substrat..... | 18 |
| 3.5.2 Pembuatan Lrutan Elektrolit..... | 18 |
| 3.5.3 Proses Elektrodeposisi..... | 19 |
| 3.5.4 Pengujian dan Karakteristik..... | 19 |
| 3.5.4.1 Uji Karakteristik Struktur Kristal | 19 |
| 3.5.4.2 Uji Karakteristik Morfologi dan Kandungan Unsur Lapisan | 20 |
| 3.5.4.3 Uji Korosi | 20 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | |
| 4.1 Uji Karakteristik Struktur Kristal Lapisan | 21 |
| 4.1.1 Substrat <i>High Speed Steel</i> (HSS)..... | 22 |
| 4.1.2 Substrat Galvanis | 24 |
| 4.1.3 Substrat Kuningan | 26 |
| 4.2 Uji Karakteristik Morfologi dan Kandungan Unsur Lapisan | 28 |
| 4.2.1 Substrat <i>High Speed Steel</i> (HSS)..... | 28 |
| 4.2.2 Substrat Galvanis | 30 |
| 4.2.3 Substrat Kuningan | 32 |
| 4.3 Uji Laju Korosi..... | 35 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | |
| 5.1 Kesimpulan..... | 40 |
| 5.2 Saran | 40 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 41 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|-------------|---|----|
| Gambar 2.1 | Skema Pendeposisian | 4 |
| Gambar 2.2 | Elektrodeposisi pada Pembentukan Lapisan Komposit | 5 |
| Gambar 2.3 | Model Skema Struktur TiAlN | 10 |
| Gambar 2.4 | Difraksi Sinar X Kristal Kubus | 12 |
| Gambar 3.1 | Diagram Alir Penelitian | 17 |
| Gambar 3.2 | Proses Pendeposisian | 19 |
| Gambar 4.1 | Hasil Karakterisasi Struktur Kristal Lapisan Tipis Komposit Ni-TiAlN Menggunakan XRD pada Substrat HSS | 22 |
| Gambar 4.2 | Puncak Hasil Pengolahan <i>Software</i> Bella pada Substrat HSS | 22 |
| Gambar 4.3 | Hasil Karakterisasi Struktur Kristal Lapisan Tipis Komposit Ni-TiAlN Menggunakan XRD pada Substrat Galvanis | 24 |
| Gambar 4.4 | Puncak Hasil Pengolahan <i>Software</i> Bella pada Substrat Galvanis | 24 |
| Gambar 4.5 | Hasil Karakterisasi Struktur Kristal Lapisan Tipis Komposit Ni-TiAlN Menggunakan XRD pada Substrat Kuningan | 26 |
| Gambar 4.6 | Perbandingan Hasil Data XRD terhadap Lapisan Ni-TiAlN pada Substrat HSS dan Galvanis | 26 |
| Gambar 4.7 | Struktur Morfologi Permukaan Lapisan Tipis Komposit Ni-TiAlN pada Substrat HSS | 28 |
| Gambar 4.8 | Grafik EDS pada Substrat HSS | 29 |
| Gambar 4.9 | Struktur Morfologi Permukaan Lapisan Tipis Komposit Ni-TiAlN pada Substrat Galvanis | 30 |
| Gambar 4.10 | Grafik EDS pada Substrat Galvanis | 31 |
| Gambar 4.11 | Struktur Morfologi Permukaan Lapisan Tipis Komposit Ni-TiAlN pada Substrat Kuningan | 32 |
| Gambar 4.12 | Grafik EDS pada Substrat Kuningan | 33 |
| Gambar 4.13 | Pengujian Korosi pada Substrat Baik yang Dilapisi maupun Tidak Dilapisi Lapisan Komposit Ni-TiAlN | 36 |
| Gambar 4.14 | Perbandingan Laju Korosi Berbagai Jenis Substrat dengan Pelapisan dan Tanpa Pelapisan Lapisan Ni-TiAlN | 37 |
| Gambar 4.15 | Peningkatan Ketahanan Laju Korosi pada Setiap Jenis Substrat | 38 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2.1. Penentuan Struktur Kristal | 10 |
| Tabel 3.1. Bahan-Bahan Komposisi Elektrolit | 18 |
| Tabel 4.1. Hasil Pengolahan Data XRD Terhadap Lapisan Tipis Ni-TiAlN pada Substrat HSS | 23 |
| Tabel 4.2. Hasil Pengolahan Data XRD Terhadap Lapisan Tipis Ni-TiAlN pada Substrat Galvanis | 25 |
| Tabel 4.3. Tabel Komposisi EDS pada Substrat HSS..... | 29 |
| Tabel 4.4. Tabel Komposisi EDS pada Substrat Galvanis..... | 31 |
| Tabel 4.5. Tabel Komposisi EDS pada Substrat Kuningan | 33 |
| Tabel 4.6. Jumlah Massa Substrat Sebelum Uji Korosi..... | 35 |
| Tabel 4.7. Jumlah Massa Substrat Sesudah Uji Korosi | 36 |

Daftar Lampiran

| | |
|---|----|
| Lampiran 1 Karakteristik Awal Substrat | 43 |
| Lampiran 2 Hasil EDS Substrat Terlapisi | 46 |
| Lampiran 3 Karakteristik Menggunakan XRD | 49 |
| Lampiran 4 Hasil Pengolahan <i>Software</i> Bella V2.21 | 61 |
| Lampiran 5 JCPDS | 64 |
| Lampiran 6 Perhitungan XRD..... | 65 |
| Lampiran 7 Laju Korosi | 66 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan tentang pembentukan lapisan komposit dalam meningkatkan sifat mekanik terutama dalam ketahanan aus dan korosi sedang giat dilakukan. Pelapisan dapat dilakukan dengan berbagai teknik antara lain *Electrodeposition*, *Evaporaton*, *Sputtering plating*, *ion plating*, *Physical vapour deposition* (PVD) dan *Chemical vapor depostion* (CVD). Teknik sintesis lapisan plating dengan menggunakan metode elektrodeposisi memiliki beberapa keunggulan antara lain: lapisannya lebih merata, daya rekatnya lebih baik, proses pelapisan listriknya tidak membutuhkan tegangan terlalu tinggi, dapat meningkatkan ketahanan korosi dan membuat tampilan strukturnya cerah/mengkilap sehingga menarik serta meningkatkan kualitasnya (Aminah, 2011).

Proses elektrodeposisi sendiri dapat didefinisikan sebagai deposisi elektrolitik logam akibat reaksi reduksi pada elektroda katoda atau substrat, dimana hasil akhir dalam proses ini adalah sebuah lapisan tipis pada permukaan substrat. Sehingga, lapisan tipis yang terbentuk dapat meningkatkan ketahanan aus, korosi dan kekerasan pada permukaan logam yang dijadikan sebagai substrat (Mansyur, 1990). Dalam memperoleh lapisan tipis yang berkualitas lebih baik penelitian dapat dilakukan dengan memvariasikan substrat. Karena susunan atom lapisan tipis yang menempel pada substrat dipengaruhi oleh sifat alami substrat selama proses deposisi (Soohoo, 1965). Selain itu morfologi substrat mempengaruhi struktur morfologi dan volume lapisan tipis yang akan dibentuk (Toifur, 2002).

Salah satu penelitian yang sedang giat dilakukan dengan menggunakan metode elektrodeposisi untuk meningkatkan sifat mekanik dalam ketahanan aus dan korosi adalah lapisan komposit Nikel-Nitrida. Kombinasi Nikel (Ni) sebagai matriks logam dalam film komposit dan partikel keras seperti TiN, TiC dan SiC sering digunakan untuk meningkatkan kekerasan, keausan dan ketahanan korosi dari film (Zhu, 2011).

Selain beberapa jenis partikel keras tersebut, ada juga Titanium Alumunium Nitrida (TiAlN) yang mempunyai sifat mekanik dan ketahanan korosi yang sangat baik hingga suhu yang tinggi (Yoon, 2002) dan juga sebagai salah satu bahan yang menjanjikan karena kemampuannya untuk membentuk lapisan yang sangat keras dan padat dengan kekerasan yang dapat tahan pada suhu tinggi (Veprek, 1996). Namun, pengembangan elektrodeposisi lapisan komposit TiAlN masih terbelang jarang untuk diteliti lebih lanjut.

Pada penelitian lapisan TiAlN sebelumnya, penelitian dilakukan oleh O.Cegil, yang berjudul “*A Comparative Study on the Corrosion Behaviour of Gas Nitrided and TiAlN CoATED AISI D2 Steel by Thermos-Reactive Diffusion Technique*”, pada penelitian tersebut pembentukan lapisan TiAlN menggunakan teknik *Thermos-Reactive Diffusion* (TRD). Hasilnya dalam pengujian korosi menunjukkan bahwa lapisan ini mempunyai tingkat korosi yang lebih rendah, sekitar tiga kali lipat dibanding dengan logam baja yang belum dilapisi (Cegil, 2012).

Dalam penelitian ini, pengembangan lapisan komposit TiAlN akan digabungkan dengan matriks Ni dan dilakukan dengan menggunakan metode elektrodeposisi. Variasi yang diberikan dalam penelitian ini adalah jenis bahan yang akan dijadikan substrat. Dimana ada sebanyak 3 variasi substrat yaitu *High Speed Steel* (HSS), Galvanis dan Kuningan. Dengan melakukan variasi ini maka diharapkan dapat diketahui jenis logam substrat mana yang menghasilkan lapisan tipis dengan bentuk morfologi dan karakteristik struktur kristal yang baik serta pengaruhnya terhadap ketahanan laju korosi pada suatu substrat.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka dapat diidentifikasi masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh jenis logam yang digunakan sebagai substrat terhadap bentuk morfologi dan struktur kristal lapisan tipis komposit Ni-TiAlN yang terbentuk menggunakan proses elektrodeposisi ?
2. Bagaimana pengaruh jenis logam yang digunakan sebagai substrat terhadap ketahanan laju korosi dari lapisan yang terbentuk?

1.3 Pembatasan Masalah

1. Sintesis lapisan tipis Ni-TiAlN menggunakan metode elektrodeposisi.
2. Lapisan tipis komposit Ni-TiAlN disintesis pada substrat *High Speed Steel*, Galvanis dan Kuningan selama 15 menit pada suhu kamar dengan arus listrik sebesar 3 mA menggunakan pengadukan *low speed* dan memakai larutan yang terdiri dari 0,38 M Ni₂SO₄.6H₂O, 0,17 M NiCl₂.6H₂O dan 0,49 M H₃BO₃ ditambah dengan serbuk TiN dan AlN masing-masing 6 gr/L serta surfaktan *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS) sebanyak 0,5 g/L.
3. Menguji lapisan tipis komposit Ni-TiAlN dengan pengujian karakteristik struktur morfologi dan kristal lapisan serta pengujian terhadap ketahanan laju korosi lapisan terhadap larutan H₂SO₄ 0,5 M selama 6 jam.

1.4 Perumusan Masalah

Dari latar belakang diatas akan dibandingkan karakteristik lapisan tipis Ni-TiAlN hasil elektrodeposisi pada substrat *High Speed Steel*, Galvanis dan Kuningan ditinjau dari struktur morfologi lapisan, struktur kristal dan ketahanan terhadap laju korosi.

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Memperoleh lapisan tipis komposit Ni-TiAlN dengan metode elektrodeposisi pada substrat *High Speed Steel*, Galvanis dan Kuningan.
2. Membandingkan lapisan tipis komposit Ni-TiAlN hasil elektrodeposisi pada substrat *High Speed Steel*, Galvanis dan Kuningan terhadap struktur morfologi, struktur kristal dan ketahanan laju korosinya.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi tentang struktur morfologi dan struktur kristal lapisan tipis Ni-TiAlN hasil karakteristik dengan alat SEM dan XRD.
2. Memberikan referensi untuk penelitian lebih lanjut tentang pembuatan lapisan tahan korosi dengan menggunakan lapisan tipis Ni-TiAlN.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Elektrodeposisi

Elektrodeposisi adalah pengendapan atau pendeposisian suatu material dengan cara elektrolisis. 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 (Tatang, 2000). Elektrodeposisi dilakukan di dalam suatu bejana yang disebut sel elektrolisis yang berisi larutan elektrolit dan di dalamnya tercelup tiga elektroda. Masing-masing elektroda dihubungkan dengan arus listrik, dimana dua anoda dihubungkan dengan kutub positif (+) dan katoda dengan kutub negatif (-). Skema pendeposisian dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Skema Pendeposisian

Pada proses elektrodeposisi terjadi reaksi oksidasi dan reaksi reduksi yang lebih sering disebut reaksi redoks. Reaksi oksidasi terjadi bila senyawa atau unsur kimia melepaskan elektron, molekul, atau ion-ion dan reaksi reduksi terjadi bila senyawa kimia memperoleh elektron dari partikel-partikel tersebut (Zumdahl, 2007). Reaksi spontan terjadi saat aliran arus listrik ke elektroda terendam dalam larutan elektrolit. Proses ini disebut sebagai reaksi reduksi karena ion logam yang dilepaskan diikuti dengan melekasnya satu atau dua elektron. Kemudian, baik ion logam dan elektron bereaksi dan disimpan ke elektroda (katoda). Ini ditunjukkan

pada gambar 2.2 dimana peristiwa elektrodeposisi terjadi pada pembentukan lapisan komposit.

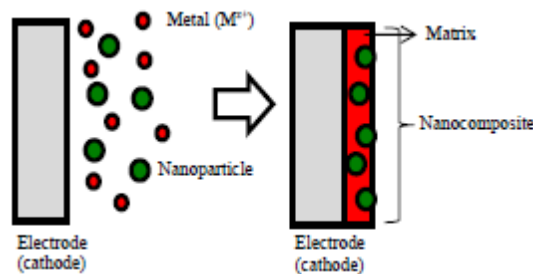


Dimana: M^{+Z} = ion logam

M = logam

z = nomer atom

e^{-} = elektron



Gambar 2.2 Elektrodeposisi pada pembentukan lapisan komposit (Budi, 2013)

Michael Faraday menemukan hubungan antara produk suatu endapan dari ion logam dengan jumlah arus untuk mengendapkannya. Hubungan ini dapat diungkapkan dalam Hukum Faraday sebagai berikut:

1. Jumlah bahan yang terdekomposisi saat berlangsung elektrolisis berbanding lurus dengan kuat arus dan waktu pengaliran dalam larutan elektrolit.
2. Jumlah arus yang sama akan membebaskan jumlah ekivalen yang sama dari berbagai unsur.

Pernyataan ini dapat dirumuskan dengan (Sugiyarta, 2012):

$$W = \frac{(e.I.t)}{96500} \quad (2.1)$$

Dengan W = Massa endapan pelapis (gram)

I = Arus (ampere)

t = Waktu (detik)

e = Berat ekivalen kimianya (massa atom dibagi dengan valensinya)

Ada beberapa hal yang harus diperhatikan pada saat proses elektrodeposisi yakni:

a) Suhu

Suhu sangat penting untuk menyeleksi cocoknya jalannya reaksi dan melindungi pelapisan. Keseimbangan suhu ditentukan oleh beberapa faktor seperti jarak anoda dengan katoda, serta kuat arus yang digunakan.

b) Kerapatan Arus

Kerapatan arus yang baik adalah arus yang tinggi pada saat arus diperkirakan masuk. Bagaimanapun nilai kerapatan arus dipengaruhi oleh hambatan jenis yang dimiliki oleh jenis logam yang dijadikan substrat.

c) Konsentrasi Ion

Merupakan faktor yang berpengaruh pada struktur deposit, dengan naiknya konsentrasi logam dapat menaikkan seluruh kegiatan anion yang membantu mobilitas ion.

d) Agitasi

Terdiri dari dua macam; jalannya katoda dan jalannya larutan. Agitasi digunakan dengan tujuan untuk menghindari bentuk/struktur, penampilan, dan ketebalan pelapisan yang tidak seragam.

e) Jarak Antar Katoda dengan Anoda

Kemampuan larutan penyalur menghasilkan lapisan dengan ketebalan merata dan sejalan dengan terus berubahnya jarak antara anoda dan permukaan katoda selama proses pelapisan.

f) Waktu Pelapisan

Waktu lapisan sangat berpengaruh pada ketebalan lapisan yang diharapkan. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, variasi waktu telah menghasilkan perbedaan ketebalan lapisan yang sangat signifikan. Semakin lama pencelupan maka ketebalan lapisan semakin bertambah (Jannah, 2007).

2.2 Substrat-Katoda pada Elektrodeposisi

Dalam proses elektrodeposisi, 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 pada elektroda tersebut dan masuk ke dalam sel elektrolisis. Setiap bahan logam yang dijadikan substrat mempunyai pengaruh yang berbeda dalam menentukan rapat arus. Semakin besar tahanan jenis logam yang digunakan, maka rapat arus yang dihasilkan akan semakin menurun. Dengan menurunnya rapat arus akan mengakibatkan laju pelapisan logam makin kecil sehingga lapisan yang terbentuk juga semakin tipis. Deposit logam yang tipis akan memiliki ikatan yang rapuh dengan logam induk pada proses elektrodposisi. Ikatan yang rapuh ini menyebabkan kualitas permukaan yang kurang baik sehingga laju korosi semakin tinggi dan tingkat kekerasan semakin menurun (Brustein, 2006).

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 (Toifur, 2002).

Logam yang akan dijadikan substrat pada penelitian ini adalah

a) *High Speed Steel* (HSS)

Baja pahat HSS memiliki kandungan karbon yang relative lebih tinggi dibandingkan material tool steel lainnya yaitu berkisar 1,5-2,0% C. unsur-unsur paduan utama yang terdapat dalam material HSS yang akan membentuk karbida yaitu tungsten, molybdenum, vanadium dan chromium. Disebut *High Speed Steel* karena alat potong yang dibuat dengan material tersebut dapat dioperasikan dua kali lebih cepat dibanding dengan dengan *Carbon Steel*. Selain unsur-unsur yang ditambahkan dalam baja pahat HSS juga terdapat faktor-faktor penting lainnya yang dapat mempengaruhi sifat-sifat besi baja pahat HSS tersebut antara lain proses pembekuan, laju pendinginan dan perlakuan panas yang baik.

b) Galvanis

Galvanis adalah perpaduan antara baja dengan logam *zinc*. Pada bahan ini baja yang digunakan memiliki kandungan karbon < 0,3%, bahan ini memiliki kekuatan sedang dengan keuletan yang baik. Sedangkan untuk logam *zinc* dipakai karena murah dan tahan lama.

Pada galvanis ada empat fasa intermetalik yang terbentuk dari reaksi antara Fe dan Zn cair yaitu fasa eta (η), fasa zeta (ζ), fasa delta (δ) dan fasa gamma (γ) dimana masing-masing fasa memiliki struktur kristal yang berbeda. Karakteristik dari tiap-tiap fasa tersebut adalah sebagai berikut :

Fasa eta (η), Fasa ini terdiri dari hampir seluruhnya zinc murni. Hal ini disebabkan kelarutan Fe pada temperatur lebur zinc. Pada fasa ini kristalnya memiliki struktur kristal susunan padat heksagonal (*Hexagonal Close Packed*).

Fasa zeta (ζ), Fasa ini mengandung Fe dengan kadar 6,0–6,2 %. Stabil pada temperature dibawah 530°C–644°C. Pada fasa ini struktur kristal yang terbentuk adalah monoklinik.

Fasa delta (δ) Fasa ini mengandung Fe dengan kadar 7–12 %. Stabil pada temperatur dibawah 620°C–644°C. Pada fasa ini struktur kristal yang terbentuk adalah heksagonal.

Fasa gamma (Γ) Fasa ini mengandung Fe dengan kadar 20,5–28,0%. Stabil dibawah temperatur 668°C–780°C. Struktur kristalnya merupakan kubus pemusatan ruang.

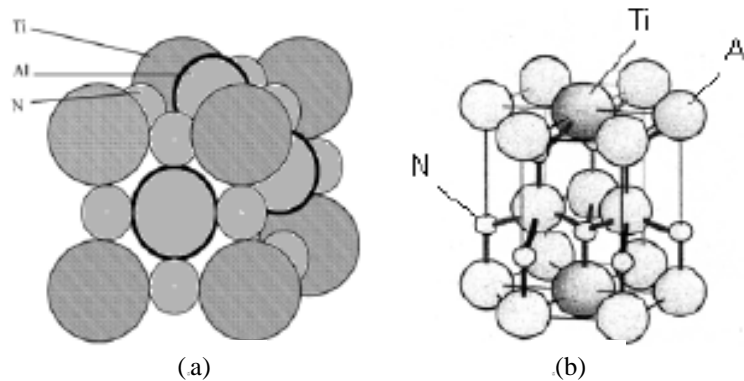
c) Kuningan

Kuningan pada dasarnya adalah paduan tembaga dengan seng sebagai unsur paduan utama. Paduan dengan kadar seng maksimal 35% berfasa tunggal yaitu α (alpha) dengan struktur kristal FCC sehingga kemulurannya tinggi maka kemampuan pengerjaan dinginnya tinggi dan mempunyai sifat mekanik yang ulet. Sedangkan kadar seng diatas 35% terbentuk fasa β (beta) dengan struktur kristal BCC sehingga kekerasan meningkat, paduan ini kemuluran pada saat pengubahan bentuk dingin rendah akan tetapi tinggi kemampuan pengerjaan panasnya karena sifat fasa ini plastisnya tinggi pada temperatur tinggi. Batas kadar seng maksimal 42%, semakin tinggi kadar seng tidak dapat digunakan secara komersial karena material bersifat rapuh.

2.3 Lapisan Komposit Ni-TiAlN

Ni (Nikel) adalah kelompok VIII elemen dari tabel periodik mempunyai nomor dan berat atom 28 dan 58,69 gram/mol. Struktur kristal Ni mempunyai struktur *Face Centered Cubic* dengan jari-jari atom adalah 0,1246 nm. Ni mempunyai modulus elastis dan kekuatan tekan sekitar 138 MPa. Sementara kekuatan tarik adalah sekitar 480 MPa. Ni Memiliki titik leleh dan suhu rekristalisasi dari 1455⁰C dan 370⁰C (Callister, 2010). Ni merupakan unsur mulia yang tidak bereaksi dengan oksigen, terutama pada suhu tinggi, oleh karena itu disamping keuletan yang sangat baik, nikel memiliki ketahanan korosi yang sangat baik. Umumnya Ni digunakan sebagai bahan antar lapisan mineral dalam fabrikasi lapisan tipis dalam rangka untuk membentuk lapisan tipis yang kuat. Dalam fabrikasi Ni berbasis lapisan nanokomposit, Ni digunakan sebagai matriks sementara nanopartikel keras seperti SiC, TiC dan TiN sebagai penguat partikel (Zhang, 2005).

TiAlN adalah salah satu bahan yang memiliki sifat kekerasan dan ketahanan korosi yang sangat baik terutama pada operasi suhu tinggi. Struktur logam transisi nitrida ini ditentukan oleh perbandingan jari-jari atom dengan jari-jari logam transisi nitrogen (Hukum Hagg). Jika rasio kurang dari 0,59 dengan demikian, akan terbentuk struktur kubus ataupun heksagonal seperti pada gambar (Huang, 1995).. Pada kondisi stabil film TiAlN mempunyai struktur NaCl. Namun, bila jumlah perbandingan Al lebih dari 60% maka film TiAlN akan berbentuk struktur ZnS. Struktur NaCl dapat digambarkan dengan struktur sederhana *Face Centered Cubic* (FCC). Sedangkan struktur ZnS dapat digambarkan dengan *Hexagonal Close Packing* (HCP). Model struktur TiAlN secara skematis ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 (a) Model skema struktur FCC-TiAlN dan (b) Model skematis dari Heksagonal-TiAlN (Huang, 1995)

2.4 Struktur Kristal

Struktur kristal adalah suatu susunan khas atom-atom dalam suatu zat padat. Zat padat yang memiliki struktur kristal, 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 satu pola satuan yang lazim dikenal sebagai sel satuan atau *unit cell*. Keteraturan ini tidak dijumpai pada atom gas dan cairan (Darmawan, 1987).

Ukuran dan bentuk sel satuan dapat didefinisikan sebagai tiga vektor a , b dan c yang ditarik dari salah satu sudut sel sebagai awalnya. Vektor-vektor ini menyatakan sel dan disebut sebagai sumbu kristalografi dari sel. Selain itu, sel satuan dapat dinyatakan dalam panjang (a , b , c) dan sudut. Panjang dan sudut ini digunakan sebagai konstanta kisi sel.

Konstanta kisi/parameter kisi dalam pola kristal memanjang dapat menentukan ukuran sel satuan. Pada pola kristal identik dengan ketiga arah yang tegak lurus, sel satuan ini berbentuk kubik. Sedangkan dalam kristal non kubik, konstanta kisi pada ketiga arah koordinat nilainya berbeda-beda (Van, 1992).

Kristal digambarkan oleh sel satuannya dan bentuk sel satuan ditentukan besar sumbu kristal a , b , c serta sudut kristal α , β , γ . Kebanyakan logam dan beberapa jenis keramik berbentuk kubik. Kristal non kubik terjadi bila pola ulangnya tidak sama dalam ketiga arah koordinatnya atau sudut antar ketiga sumbu kristal tidak sama dengan 90° . Apabila sel satuan diisi atom dengan tidak merusak unsur simetri yang sebelumnya ada padanya, diperoleh apa yang

dinamakan kisi Bravais kristal. Frankenheim dan Bravais telah membuktikan bahwa ke tujuh sistem kristal memiliki 14 kisi Bravais. 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 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1 Penentuan Struktur Kristal

| Struktur Kristal | $h^2 + k^2 + l^2$ |
|------------------|---|
| SC | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, |
| BCC | 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, ... |
| FCC | 1, 3, 4, 8, 11, 12, 16, 19, 20, 24, 27, ... |

Arah kristal sangat penting dalam mempelajari sifat dan struktur kristal, karena banyak sifat berubah dengan arah. Arah kristal biasanya diberi indeks sesuai berkas yang berasal dari titik asal melalui titik dengan indeks terkecil. Sesuai peraturan, penggunaan tanda kurung persegi [uvw] untuk menyatakan arah kristal, dan $\langle uvw \rangle$ untuk kelompok arah. Arah-arrah yang sejajar selalu mempunyai indeks yang sama, sedangkan arah negatif ditandai dengan garis datar diatas angka.

Suatu kristal mempunyai bidang-bidang atom yang berbeda dan dapat mempengaruhi sifat dan perilaku bahan. Orientasi bidang dalam kristalografi ditentukan oleh indeks Millernya. Indeks Miller adalah kebalikan dari perpotongan suatu bidang dengan ketiga sumbu, biasanya dinyatakan dalam bilangan bulat bukan pecahan. Pada sistem ini dipilih tiga sumbu x, y, z yang masing-masing sejajar dengan rusuk sel satuan. Sistem kubik arah (hkl) selalu tegak lurus terhadap bidang (hkl) pada indeks yang sama. Dalam menentukan suatu sistem bidang kristal, terlebih dahulu mencari perpotongan terhadap sumbu x, y, z, kemudian diambil kebalikannya lalu disamakan penyebutnya. Pada bidang yang memotong sumbu negatif, indeksnya adalah negatif dengan mencantumkan garis datar diatas angka bidang yang memotong sumbu negatif.

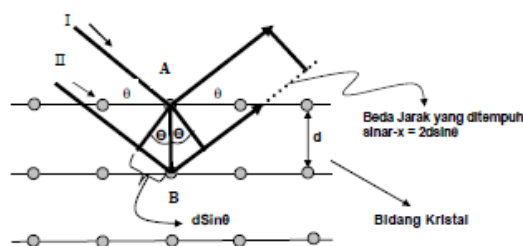
2.5 Scanning Electron Microscope (SEM)

Scanning Electron Microscope (SEM) adalah sebuah mikroskop elektron yang didesain untuk mengamati permukaan objek solid secara langsung. Prinsip

kerja SEM adalah sebagai berikut: berkas elektron yang dihasilkan oleh *electron gun* akan menyapu permukaan sampel dalam daerah yang sangat kecil, baris demi baris. Pada saat elektron berinteraksi dengan sampel, maka akan dihasilkan *Secondary Electron (SE)*, elektron ini masuk ke dalam detektor dan diubah menjadi sinyal listrik yang akan menghasilkan gambar pada layar monitor. Sinyal keluaran dari detektor ini berpengaruh terhadap intensitas cahaya di dalam tabung monitor, karena jumlah cahaya yang dipancarkan oleh monitor sebanding dengan jumlah elektron yang berinteraksi dengan sampel. Hasil yang ditampilkan dengan SE ini adalah fotografi permukaan sampel. Sedangkan untuk mengetahui unsur-unsur terkandung, dilakukan dengan *Backscattered Electron (BE)*. *Backscattered electron* memberikan perbedaan kehitaman gambar berdasarkan nomor atom (Z) dari unsur-unsur fasa yang ada pada sampel. Bahan dengan nomor atom yang besar, akan tampak lebih terang dibanding bahan dengan nomor atom yang lebih kecil. Proses perekaman gambar dari monitor adalah sebagai berikut: penutup kamera dibuka pada saat sapuan pertama dimulai dan ditutup kembali setelah seluruh permukaan sampel disapu (Leonid, 2001).

2.6 X-Ray Diffraction (XRD)

Teknik difraksi (difraksi sinar-X) merupakan teknik yang sering digunakan dalam penelitian struktur kristal bahan. Berkas sinar-X monokromatik yang jatuh pada sebuah kristal akan terhambur ke segala arah, tetapi karena keteraturan letak atom-atom pada arah tertentu 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, 1995).



Gambar 2.4 Difraksi Sinar X Kristal Kubus (Beiser,1995)

Apabila suatu berkas sinar dengan panjang gelombang λ dijatuhkan pada sekumpulan bidang kristal yang berjarak d pada sudut θ , maka berkas sinar tersebut dipantulkan secara simetri dengan sudut θ , sinar yang dipantulkan tampak jika berkas-berkas dari tiap bidang yang berdekatan saling menguatkan. Berkas neutron tersebut tidak saja dipantulkan oleh bidang permukaan, tetapi juga oleh bidang-bidang di bawahnya. Pantulan ini akan sefasa apabila berkelipatan bulat dari panjang gelombang berkas. Rumusan umum untuk jarak konstanta kisi (parameter kisi) dalam kristal kubik (Cullity, 1976) adalah:

$$a = d_{hkl} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2} \quad (2.2)$$

Dengan a = Parameter kisi

d_{hkl} = Jarak antar bidang kisi

h, k, l = Indeks bidang

Dalam mengidentifikasi hasil pengujian karakteristik menggunakan alat XRD pada sebuah sampel dapat digunakan beberapa langkah untuk mengolahnya, diantaranya seperti berikut:

Pertama, mencari puncak difraksi pada lapisan yang terbentuk pada substrat menggunakan *software* Bella V2.21. *Software* Bella adalah *software* buatan Dr. Muhammad Hikam. *Software* ini dapat digunakan untuk mencari luas kurva intensitas sehingga pengguna dapat mencari ukuran butir dari sampel tersebut. Dengan *software* Bella pengguna juga dapat mengkonversi data dari UDF menjadi .raw atau .prm untuk digunakan pada program GSAS.

Kedua, mencocokkan puncak-puncak yang terlihat pada langkah pertama dengan data *Joint on Committee Powder Diffraction Standards* (JCPDS). Sehingga didapatkan bidang-bidang hkl berapa saja yang membentuk sampel tersebut.

Ketiga, mencari luas kurva setengah gelombang (FWHM) dan sudut yang presisi sesuai dengan puncak hasil pencocokan pada langkah kedua. Hasil tersebut kemudian digunakan untuk mencari ukuran butir pada sampel tersebut.

Keempat, mencocokkan data yang dihasilkan alat XRD dengan puncak hasil pencocokan pada langkah kedua untuk mendapatkan jarak antar bidang kisi

(d). Hasil tersebut kemudian digunakan untuk mencari parameter kisi (a) pada sampel tersebut.

2.6 Korosi

Korosi didefinisikan sebagai degradasi dari material yang diakibatkan oleh reaksi kimia dengan material lainnya dan lingkungan (Jones, 2002). Akibat adanya korosi, suatu material akan mengalami perubahan sifat kearah yang lebih rendah atau dapat dikatakan kemampuan dari material tersebut akan berkurang. Dalam bidang metalurgi, peristiwa korosi dapat dipandang sebagai suatu peristiwa atau reaksi senyawa kembali ke bentuk asalnya.

Laju korosi merupakan suatu besaran yang menyatakan cepat atau lambat suatu material bereaksi dengan lingkungannya dan mengalami korosi. Laju korosi dapat didefinisikan dalam berbagai macam, seperti persentase kehilangan massa, miligram per sentimeter persegi per hari dan gram per inci persegi per jam. Selain itu, juga digunakan *mils per year (mpy)* yang menyatakan laju penetrasi serangan korosi terhadap logam. Untuk mengetahui laju korosi suatu material umumnya menggunakan metode kehilangan massa (*mass loss*). Perhitungan laju korosi atas dasar kehilangan massa logam selama pengujian dirumuskan seperti pada persamaan dibawah ini :

$$CR = \frac{K \times W}{A \times t \times D} \quad (2.3)$$

Keterangan :

CR = laju korosi (mpy)

K = Konstanta laju korosi ($3,45 \cdot 10^6$)

W = massa yang hilang (g)

A = luas permukaan spesimen (cm^2)

t = waktu perendaman (jam)

D = densitas specimen (g/cm^3)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Memperoleh lapisan tipis komposit Ni-TiAlN dengan metode elektrodeposisi pada substrat *High Speed Steel*, Galvanis dan Kuningan.
2. Membandingkan lapisan tipis komposit Ni-TiAlN hasil elektrodeposisi pada substrat *High Speed Steel*, Galvanis dan Kuningan terhadap struktur morfologi, struktur kristal dan ketahanan laju korosinya.

3.2 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Februari sampai Mei 2015, di Laboratorium Material dan Laboratorium Kimia Dasar FMIPA, Universitas Negeri Jakarta untuk preparasi sampel. Melakukan uji sampel di Laboratorium Teknik Universitas Negeri Jakarta dan Laboratorium Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Syarif Hidayatullah.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat Penelitian

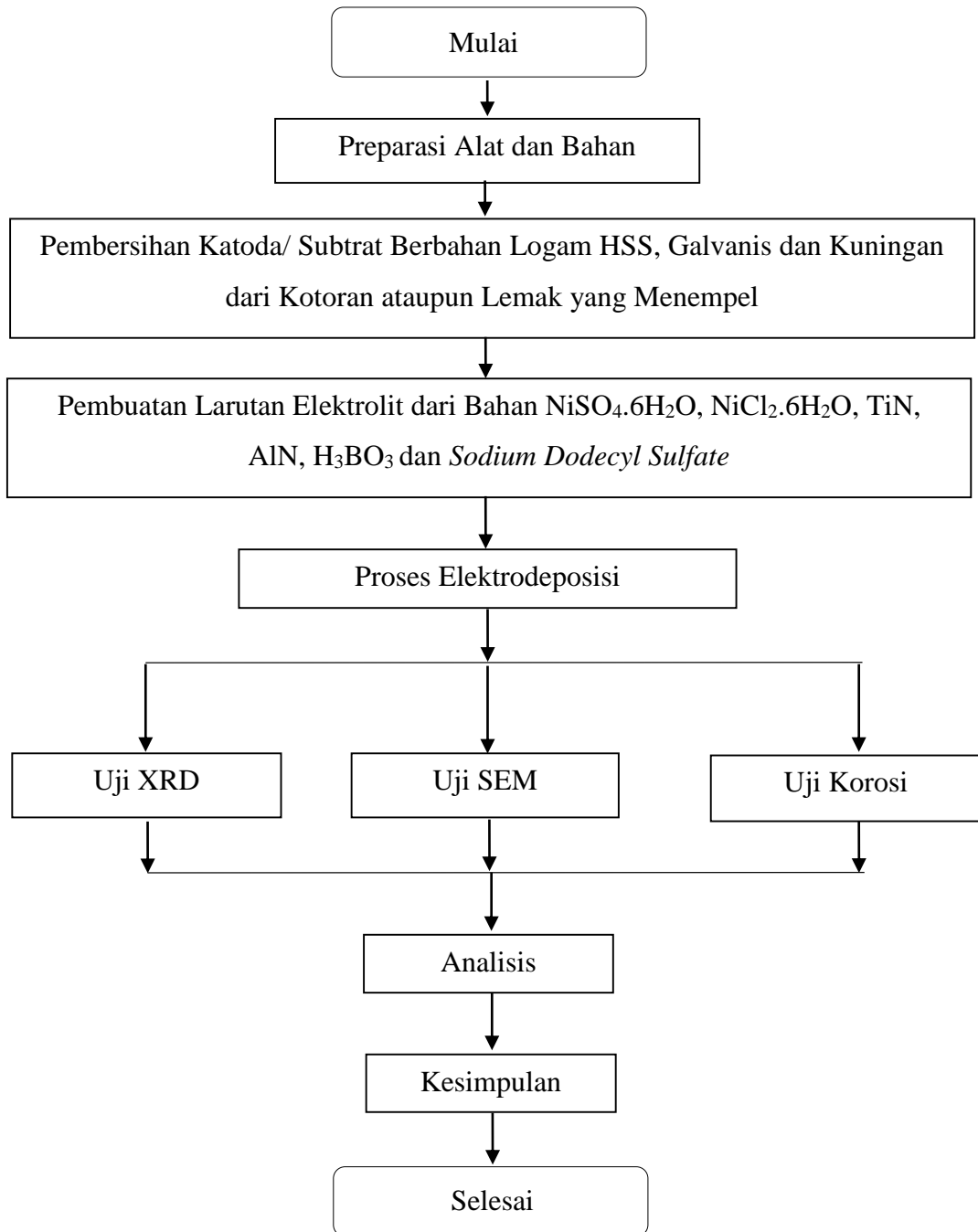
1. Alat uji *Scanning Electron Microscopy* (SEM).
2. Alat uji XRD Shimadzu X-Ray Diffractometer 7000
3. Amplas
4. *Electric stove*
5. Gelas kimia (Beker)
6. Gelas ukur
7. Kertas timbang
8. *Magnetic stirrer*
9. Neraca digital
10. Pinset
11. Pipet
12. Plastik klip

13. Seperangkat alat elektrodeposisi.
14. Seperangkat alat uji korosi.
15. Spatula
16. Tang potong
17. *Ultrasonic cleaner*

3.3.2 Bahan Penelitian

1. Substrat/Katoda (HSS, Galvanis dan Kuningan)
2. Anoda (Platina)
3. $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 0,38 M
4. $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 0,17 M
5. TiN, 6 gr/L
6. AlN, 6 gr/L
7. H_3BO_3 , 0,49 M
8. *Sodium Dodecyl Sulfate*, 0,05 gr/L
9. Alkohol 96%
10. Aquades
11. *Aqua Bidestilata steril*
12. HCl 12 %
13. H_2SO_4 , 0,5 M

3.4 Diagram Alir



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Persiapan Substrat

Memotong substrat dari berbagai jenis logam seperti HSS, Galvanis dan Kuningan sesuai dengan tinggi bejana yaitu 5 cm. Mengamplas substrat dengan amplas halus lalu mencucinya dengan menggunakan sabun, kemudian mencucinya kembali dengan alkohol 96% untuk mengangkat lemak dan debu yang masih menempel pada substrat, kemudian menggetarkan substrat dengan menggunakan *ultrasonic cleaner*. Memegang substrat menggunakan pinset setelah proses pencucian untuk meminimalisir substrat terkena kotoran ditangan. Setelah itu mengeringkan substrat menggunakan *electric stove*, kemudian menyimpan dalam plastik yang bersih dan tertutup rapat.

Pada substrat Kuningan, membersihkannya dengan larutan asam klorida 12% selama satu hari untuk menghilangkan lapisan oksida pada substrat tersebut, kemudian mencucinya dengan aquades menggunakan *ultrasonic cleaner*.

3.5.2 Pembuatan Larutan Elektrolit

1. Mengetahui berat bahan yang dibutuhkan menggunakan perhitungan rumus mol dengan solusi molaritas (M) masing-masing bahan 0,38 mol/L $\text{Ni}_2\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 0,17 mol/L $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan 0,49 mol/L H_3BO_3 .
2. Menimbang bahan-bahan yang digunakan untuk membuat elektrolit menggunakan neraca analitik dengan berat masing-masing terlihat pada tabel sebagai berikut.

Tabel 3.1 Bahan-bahan komposisi elektrolit

| No. | Nama Bahan | Berat (gram) |
|-----|---|--------------|
| 1 | AIN | 0,060 |
| 2 | TiN | 0,060 |
| 3 | H_3BO_3 | 0,303 |
| 4 | $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ | 0,404 |
| 5 | $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ | 0,988 |
| 6 | <i>Sodium Dodecyl Sulfate</i> | 0,005 |

3. Membuat larutan elektrolit sebanyak 10 mL dengan mencampurkan air *Aqua Bidestilata* sebanyak 10 mL dengan bahan-bahan yang sudah

ditimbang. Mencampurkan larutan elektrolit dan mengaduknya menggunakan *magnetic stirrer* selama ± 24 jam agar larut dalam *Aqua Bidestilata* (Zhu, 2011).

3.5.3 Proses Elektrodeposisi

1. Menghubungkan substrat-katoda dengan kutub negatif serta anoda dengan kutub positif,
2. Memasukan elektrolit kedalam bejana/sel elektrolisis hingga substrat terendam sedalam 1 cm dan menaruhnya diatas *stirrer*,
3. Menghidupkan potensiostat,
4. Mengatur besar arus listrik optimum sebesar 3 mA (Syahputra, 2015),
5. Menghidupkan *stirrer* dengan kecepatan lambat,
6. Melakukan proses pendeposisian lapisan tipis pada suhu kamar dengan lama waktu pendeposisian seperti pada waktu optimum yang didapatkan dalam pengujian awal yaitu selama 15 menit.
7. Melakukan kembali proses elektrodeposisi menggunakan substrat yang berbeda.



Gambar 3.2 Proses Pendeposisian

3.5.4 Pengujian dan Karakteristik

3.5.4.1 Uji Karakteristik Struktur Kristal

Melakukan uji karakterisasi menggunakan alat XRD (*X-Ray Diffraction*) untuk menentukan jenis struktur dan ukuran butir dari lapisan tipis komposit Ni-

TiAlN yang terbentuk dari proses elektrodposisi. Pengujian dilakukan dilaboratorium Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Syarif Hidayatullah.

3.5.4.2 Uji Karakteristik Morfologi dan Kandungan Unsur Lapisan

Melakukan uji karakterisasi menggunakan alat *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk mengetahui bentuk morfologi sampel dan *Electron Dispersive Spectroscopy* (EDS) untuk mengetahui kandungan unsur yang ada pada lapisan yang terbentuk pada hasil deposisi lapisan komposit Ni-TiAlN. Pengujian dilakukan di Lab Material, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

3.5.4.3 Uji Laju Korosi

Melakukan pengujian laju korosi untuk mengevaluasi ketahanan korosi pada lapisan tipis komposit Ni-TiAlN, uji korosi ini dilakukan dengan memakai metode uji *mass loss* (massa hilang), menggunakan larutan 0,5 M H₂SO₄ dalam uji korosi selama waktu optimum yang didapatkan dalam pengkarakteristikan awal uji korosi pada substrat yang tidak dilapisi lapisan tipis komposit Ni-TiAlN yaitu selama 6 Jam.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

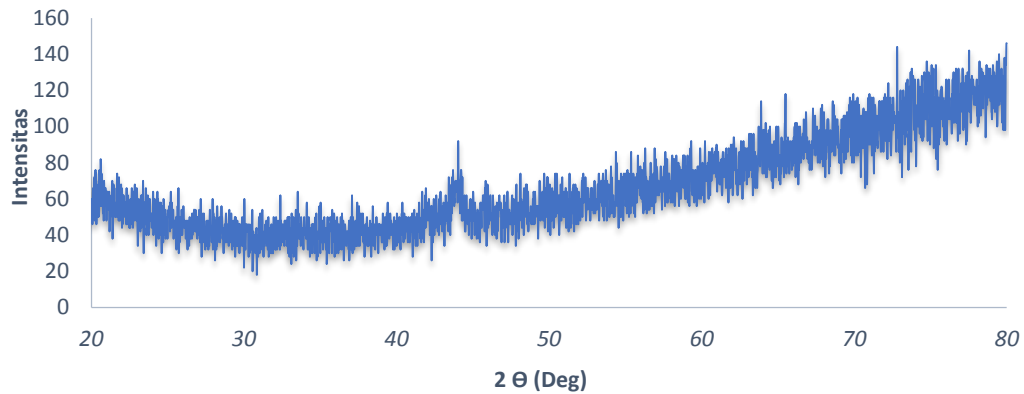
Pada bab ini akan diuraikan mengenai hasil dan pembahasan dari proses penelitian yang telah dilakukan, diantaranya karakterisasi terhadap struktur kristal dan morfologi serta kandungan komposisi unsur-unsur pembentuk dari lapisan tipis komposit Ni-TiAlN yang telah disintesis menggunakan proses elektrodeposisi. Karakterisasi struktur kristal pada lapisan Ni-TiAlN yang terbentuk menggunakan alat uji XRD, kemudian diolah dengan *software* Bella V2.21 dan dicocokkan dengan data JCPDS. Sedangkan karakterisasi morfologi yang dilakukan menggunakan alat *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan analisa komposisi unsur-unsur kimia yang terkandung dalam lapisan Ni-TiAlN dengan menggunakan pengujian *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS). Selain itu bab ini juga akan diuraikan mengenai efisiensi lapisan Ni-TiAlN terhadap ketahanan laju korosi pada substrat yang digunakan.

4.1 Uji Karakteristik Struktur Kristal Lapisan

Karakterisasi lapisan tipis Ni-TiAlN menggunakan difraksi sinar-x (XRD) dilakukan untuk mengetahui arah orientasi pertumbuhan kristal Ni-TiAlN yang terbentuk pada substrat *High Speed Steel* (HSS), Galvanis dan Kuningan. Hasil karakterisasi struktur kristal lapisan tipis komposit Ni-TiAlN dengan difraksi sinar-x (XRD) ditunjukkan pada gambar 4.1, 4.3 dan 4.5 dengan sumbu x menunjukkan nilai 2θ dan sumbu y merupakan besarnya intensitas yang tertangkap oleh detektor sinar-x.

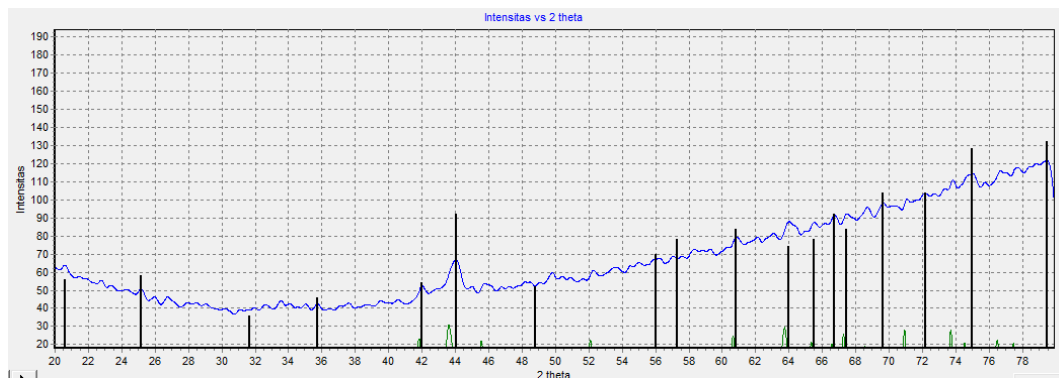
4.1.1 Substrat *High Speed Steel* (HSS)

Difraksi Sinar X pada Substrat HSS di Lapsi Ni-TiAlN



Gambar 4.1 Hasil Karakterisasi Struktur Kristal Lapisan Tipis Komposit Ni-TiAlN Menggunakan XRD pada Substrat HSS

Dengan mengolah data hasil uji XRD pada substrat HSS menggunakan *software* Bella V2.21 grafik yang sebelumnya tampak kasar berubah menjadi grafik yang halus, serta didapatkan ada 18 buah puncak tertinggi yang terlihat pada lapisan yang terbentuk pada substrat tersebut, seperti terlihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Puncak Hasil Pengolahan *Software* Bella pada Substrat HSS

Dengan mencocokkan puncak hasil pengolahan data XRD menggunakan *software* Bella V2.21 dengan data *Joint on Committee Powder Diffraction Standards* (JCPDS) pada nomor kartu 37-1140 didapatkan bahwa jumlah puncak lapisan komposit Ni-TiAlN yang terbentuk pada substrat HSS berjumlah 3 puncak, seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Hasil Pengolahan Data XRD Terhadap Lapisan Tipis Ni-TiAlN pada Substrat HSS

| 2 θ | Intensitas | h | k | l | $h^2+k^2+l^2$ | d (Å) | FWHM (deg) |
|------------|------------|---|---|---|---------------|--------|------------|
| 44,041 | 593 | 2 | 0 | 0 | 4 | 2,0599 | 0.5958 |
| 49,676 | 127 | 2 | 1 | 0 | 5 | 1,8326 | 0.2208 |
| 63,899 | 173 | 2 | 2 | 0 | 8 | 1,4530 | 0.5382 |

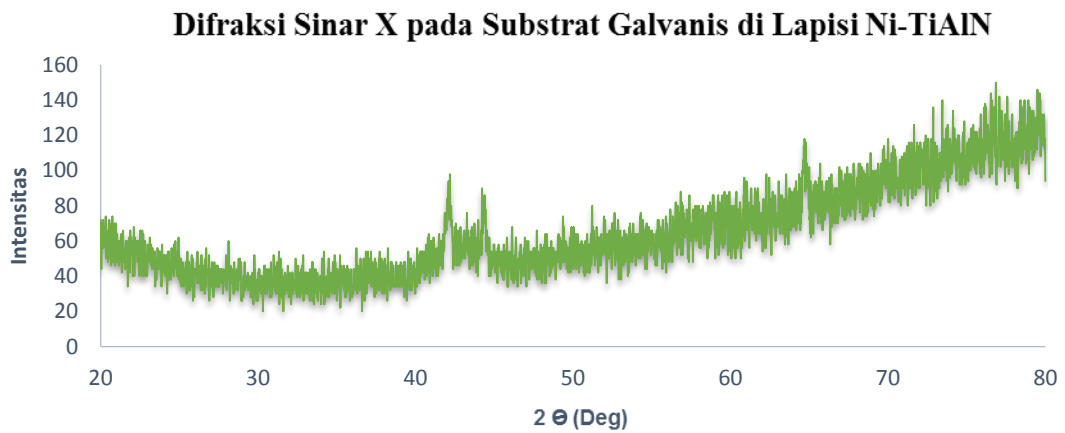
Pada sudut 44,041° intensitas yang terbentuk sebesar 593. Menurut data JCPDS sudut tersebut memiliki nilai hkl yaitu (200) dengan jarak antar bidang 2,0599 Å. Dengan luas kurva setengah gelombang yang didapatkan dari *software* Bella sebesar 0.5958.

Pada sudut 49,676° intensitas yang terbentuk sebesar 127. Menurut data JCPDS sudut tersebut memiliki nilai hkl yaitu (210) dengan jarak antar bidang 1,8326 Å. Dengan luas kurva setengah gelombang yang didapatkan dari *software* Bella sebesar 0.2208.

Pada sudut 63,898° intensitas yang terbentuk sebesar 173. Menurut data JCPDS sudut tersebut memiliki nilai hkl yaitu (220) dengan jarak antar bidang 1,4530 Å. Dengan luas kurva setengah gelombang yang didapatkan dari *software* Bella sebesar 0.5382.

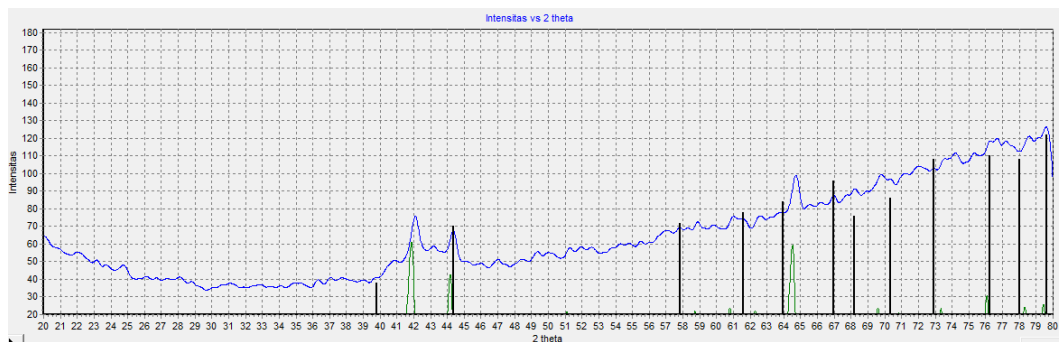
Dari data pada tabel diatas dapat ditentukan jarak antar bidang atau parameter kisi lapisan tipis yang terbentuk pada substrat HSS, dimana didapatkan rata-rata parameter kisi lapisan tipis yang terbentuk pada substrat HSS sebesar 4,1091 Å. Dengan menggunakan luas kurva setengah gelombang (FWHM) dapat diketahui ukuran butir yang terbentuk pada lapisan tipis tersebut. Pada substrat HSS lapisan tipis yang terbentuk mempunyai ukuran butir sebesar 15,03-41,44 nm.

4.1.2 Substrat Galvanis



Gambar 4.3 Hasil Karakterisasi Struktur Kristal Lapisan Tipis Komposit Ni-TiAlN Menggunakan XRD pada Substrat Galvanis

Dengan mengolah data hasil uji XRD pada substrat Galvanis menggunakan *software* Bella V2.21 grafik yang sebelumnya tampak kasar berubah menjadi grafik yang halus, serta didapatkan ada 12 buah puncak tertinggi yang terbentuk pada lapisan yang terbentuk pada substrat tersebut, seperti terlihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Puncak Hasil Pengolahan *Software* Bella pada Substrat Galvanis

Dengan mencocokkan puncak hasil pengolahan data XRD menggunakan *software* Bella V2.21 dengan data *Joint on Committee Powder Diffraction Standards* (JCPDS) pada nomor kartu 37-1140 didapatkan bahwa jumlah puncak lapisan komposit Ni-TiAlN yang terbentuk pada substrat Galvanis berjumlah 3 puncak, seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Pengolahan Data XRD Terhadap Lapisan Tipis Ni-TiAlN pada Substrat Galvanis

| 2 θ | Intensitas | h | K | l | $h^2+k^2+l^2$ | d (Å) | FWHM (deg) |
|------------|------------|---|---|---|---------------|--------|------------|
| 44,215 | 417 | 2 | 0 | 0 | 4 | 2,0435 | 0.5778 |
| 64,073 | 380 | 2 | 2 | 0 | 8 | 1,4406 | 0.4804 |
| 76,862 | 64 | 3 | 1 | 1 | 11 | 1,2389 | 0.1844 |

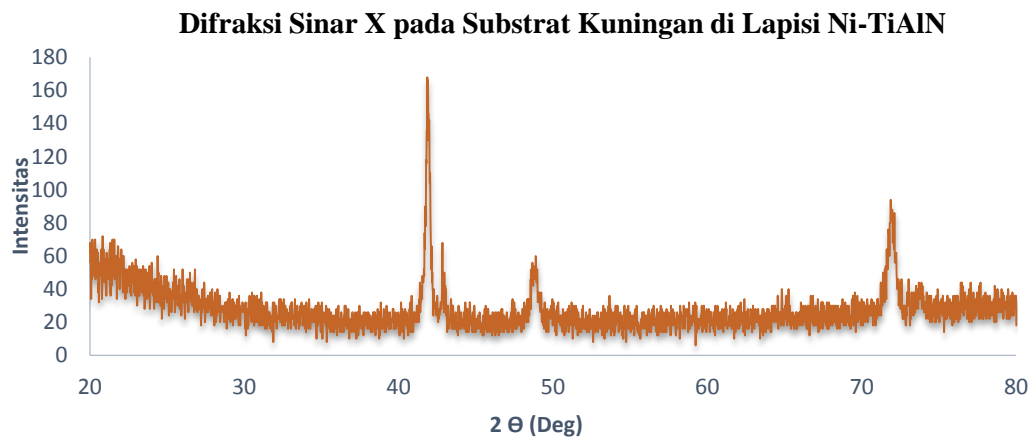
Pada sudut 44,215° intensitas yang terbentuk sebesar 417. Menurut data JCPDS sudut tersebut memiliki nilai hkl yaitu (200) dengan jarak antar bidang 2,0435 Å. Dengan luas kurva setengah gelombang yang didapatkan dari *software* Bella sebesar 0.5778.

Pada sudut 64,073° intensitas yang terbentuk sebesar 380. Menurut data hasil JCPDS sudut tersebut memiliki nilai hkl yaitu (220) dengan jarak antar bidang 1,4406 Å. Dengan luas kurva setengah gelombang yang didapatkan dari *software* Bella sebesar 0.4804.

Pada sudut 76,862° intensitas yang terbentuk sebesar 64. Menurut data hasil JCPDS sudut tersebut memiliki nilai hkl yaitu (311) dengan jarak antar bidang 1,2389 Å. Dengan luas kurva setengah gelombang yang didapatkan dari *software* Bella sebesar 0.1844.

Dari data pada tabel diatas dapat ditentukan jarak antar bidang atau parameter kisi lapisan tipis yang terbentuk pada substrat Galvanis, dimana didapatkan rata-rata parameter kisi lapisan tipis yang terbentuk pada substrat Galvanis sebesar 4,0902 Å. Dengan menggunakan luas kurva setengah gelombang (FWHM) dapat diketahui ukuran butir yang terbentuk pada lapisan tipis tersebut.. Pada substrat Galvanis lapisan tipis yang terbentuk mempunyai ukuran butir sebesar 15,51-57,49 nm.

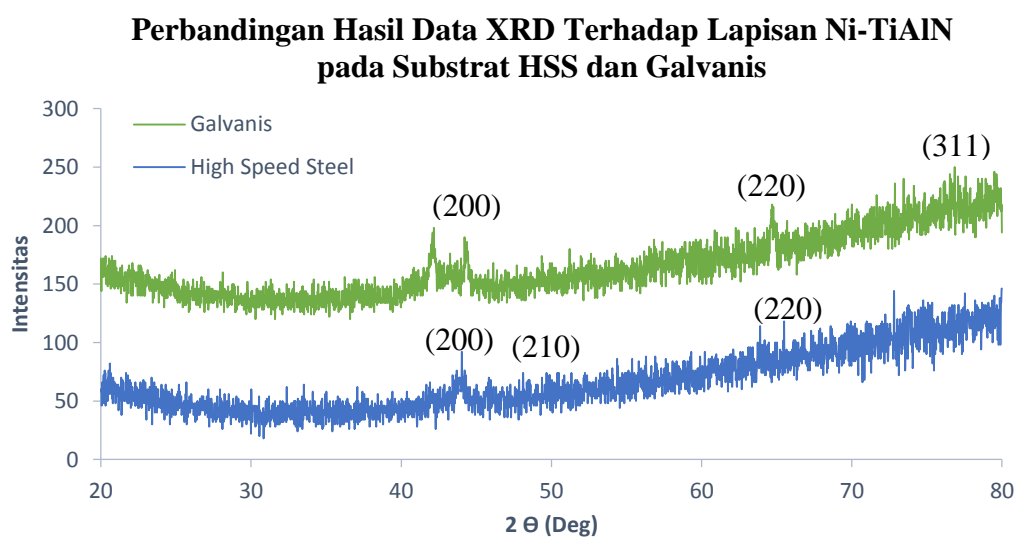
4.1.3 Substrat Kuningan



Gambar 4.5. Hasil Karakterisasi Struktur Kristal Lapisan Tipis Komposit Ni-TiAlN Menggunakan XRD pada Substrat Kuningan

Dari data hasil rumus kimia yang dirilis oleh alat XRD tidak didapatkan terdeteksinya unsur lapisan komposit Ni-TiAlN, ini dikarenakan pada saat pendifraksian yang dilakukan tidak mengenai bagian lapisan tipis yang terbentuk, justru pendifraksian mengenai substrat.

Berdasarkan ketiga hasil data diatas, dapat dilihat bahwa ketiga substrat memiliki hasil yang berbeda. Pada substrat HSS dan Galvanis lapisan tipis Ni-TiAlN berhasil terbentuk. Lapisan yang terbentuk pada kedua substrat mempunyai perbandingan seperti yang dapat terlihat seperti pada gambar 4.6



Gambar 4.6. Perbandingan Hasil Data XRD Terhadap Lapisan Ni-TiAlN pada Substrat HSS dan Galvanis

Berdasarkan hasil gambar diatas dapat diketahui bahwa intensitas sinar-x yang diserap oleh detektor pada masing-masing substrat nilainya berbeda. Tinggi rendahnya intensitas sinar-x yang tertangkap oleh detektor 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 detektor. Intensitas semakin besar berarti sampel memiliki keteraturan kristal yang lebih besar atau semakin banyak atom-atom dalam kristal lapisan yang tersusun teratur. Dengan demikian substrat yang memiliki keteraturan susunan atom-atom dalam kristal lapisan tipis komposit Ni-TiAlN dengan susunan lebih teratur adalah substrat HSS. Karena mempunyai intensitas yang lebih tinggi sebesar 593 dibandingkan dengan substrat Galvanis yang hanya sebesar 417.

Puncak yang terbentuk pada kedua substrat memiliki jumlah yang sama. Namun, berdasarkan hasil pencocokan dengan data *Joint on Commite Powder Diffraction Standart* (JCPDS) dengan nomor kartu 37-1140 menunjukkan bahwa bidang kristal pada lapisan yang terbentuk pada kedua substrat memiliki posisi sudut dan bidang hkl yang berbeda. Pada substrat HSS bidang kristal yang terdifraksi adalah bidang (200), (210) dan (220) dimana letak ketiga puncak berada pada posisi 2θ masing-masing $44,041^\circ$, $49,676^\circ$ dan $63,899^\circ$. Sedangkan pada substrat Galvanis bidang kristal yang terdifraksi adalah bidang (200), (220) dan (311) dimana letak ketiga puncak berada pada posisi 2θ masing-masing $44,215^\circ$, $64,073^\circ$ dan $76,862^\circ$. Pola kristal lapisan tipis yang terbentuk pada kedua substrat berbeda karena pola kristal dasar pada masing-masing substrat juga berbeda. Berdasarkan data JCPDS struktur kristal lapisan tipis yang terbentuk adalah *Simple Cubic* (SC).

Mengenai parameter kisi pada lapisan yang terbentuk di kedua substrat yang berhasil terdeteksi, pada keduanya parameter kisi lapisan yang terbentuk hanya memiliki perbedaan yang tipis. Parameter kisi lapisan tipis Ni-TiAlN pada substrat HSS sebesar $4,1091 \text{ \AA}$ dan pada substrat Galvanis adalah $4,0902 \text{ \AA}$. Bila dibandingkan dengan parameter kisi yang ada pada JCPDS, keduanya juga hanya memiliki perbedaan yang tipis. Karena pada JCPDS parameter kisi yang terbentuk sebesar $4,1120 \text{ \AA}$. Sedangkan untuk ukuran butir lapisan tipis Ni-TiAlN yang

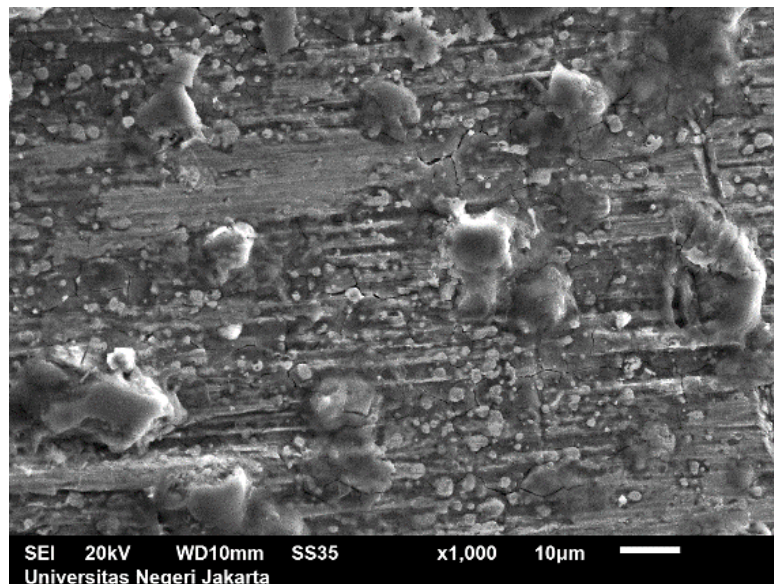
terbentuk pada substrat HSS sebesar 15,03-41,44 nm dan pada substrat Galvanis sebesar 15,51-57,49 nm. Perbedaan parameter kisi dan ukuran butir tersebut dikarenakan setiap substrat yang digunakan mempunyai pola kristal dan morfologi yang berbeda.

4.2 Uji Karakteristik Morfologi dan Kandungan Unsur Lapisan

Hasil karakterisasi struktur morfologi lapisan tipis komposit Ni-TiAlN pada substrat *High Speed Steel* (HSS), Galvanis dan Kuningan dengan metode elektrodeposisi menggunakan *Scanning Elektron Microscope* (SEM) ini bertujuan untuk mengetahui morfologi atau permukaan lapisan yang teramati pada substrat dengan perbesaran 1000x dari semula, serta *Electron Dispersive Spectrometry* (EDS) yang bertujuan untuk mengetahui komposisi unsur-unsur yang teramati pada substrat yang sudah dilapisi.

4.2.1 Substrat *High Speed Steel* (HSS)

Hasil karakterisasi struktur morfologi lapisan tipis komposit Ni-TiAlN pada substrat *High Speed Steel* (HSS) dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) ditunjukkan pada Gambar 4.7

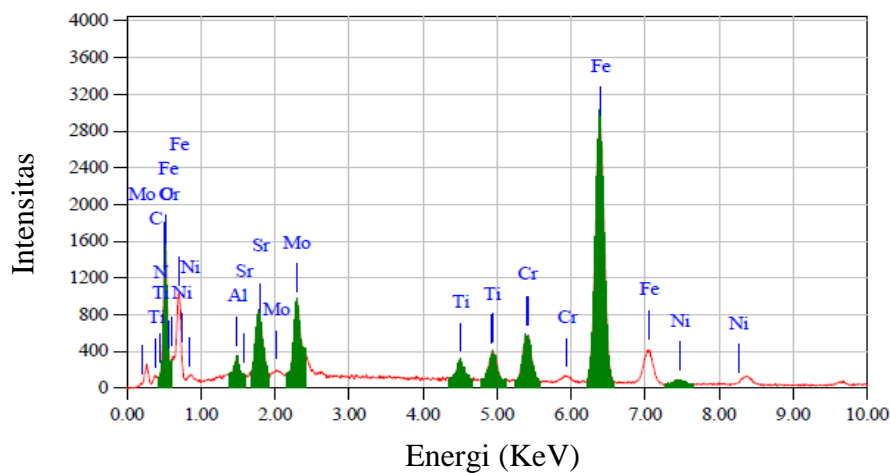


Gambar 4.7 Struktur Morfologi Permukaan Lapisan Tipis Komposit Ni-TiAlN pada Substrat HSS

Pada hasil SEM diatas tampak terdapat lapisan pada permukaan substrat HSS. Lapisan yang terbentuk tampak tidak merata bahkan timbul aglomerat yang cukup besar ini dikarenakan adanya resistansi yang cukup tinggi, sehingga arus

yang mengalir semakin kecil dan menyebabkan jumlah ion-ion deposit semakin sedikit dan tidak dapat menyebar dengan merata. Sedangkan lapisan yang terbentuk halus dan tidak berpori, ini dikarenakan morfologi asli substrat HSS yang berbentuk halus dan rata seperti pada lampiran.

Hasil uji kandungan unsur lapisan tipis komposit Ni-TiAlN seperti terlihat pada gambar 4.8 dan tabel 4.3 menunjukkan presentase kandungan unsur lapisan Ni-TiAlN yang terbentuk pada substrat HSS. Pada gambar 4.8 sumbu-x menggambarkan tingkat energi masing-masing unsur yang terkandung, sedangkan sumbu-y adalah besarnya intensitas sinar-x yang tertangkap oleh detektor.



Gambar 4.8 Grafik EDS pada Substrat HSS

Tabel 4.3 Tabel Komposisi EDS pada Substrat HSS

| Unsur | Tingkat Energi Unsur (KeV) | Komposisi Massa Unsur (%) | Relativitas Komposisi Massa Unsur (%) | Komposisi Jumlah Unsur Atom (%) |
|-------|----------------------------|---------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| C | 0.277 | 12.58 | 0.18 | 21.64 |
| N | 0.392 | 17.55 | 0.53 | 25.89 |
| O | 0.525 | 31.02 | 0.24 | 40.06 |
| Al | 1.486 | 0.29 | 0.04 | 0.17 |
| Ti | 4.508 | 1.43 | 0.04 | 0.58 |
| Cr | 5.411 | 2.87 | 0.09 | 1.14 |
| Fe | 6.389 | 23.22 | 0.12 | 8.59 |
| Ni | 7.471 | 0.81 | 0.18 | 0.28 |
| Sr | 1.806 | 4.88 | 0.12 | 1.05 |
| Mo | 2.293 | 5.35 | 0.18 | 0.60 |

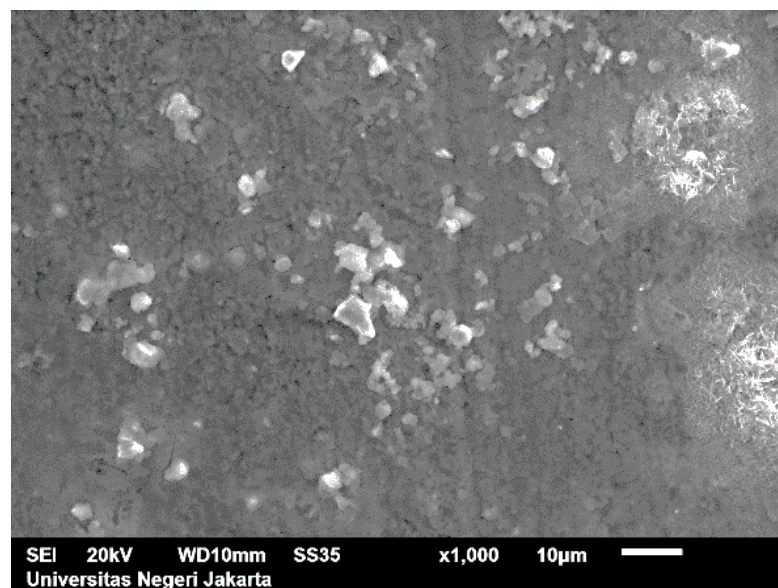
Pada substrat HSS lapisan tipis komposit Ni-TiAlN berhasil terbentuk ini dibuktikan dari komposisi unsur-unsur pada hasil pengujian EDS pada substrat

HSS setelah dielektrodeposisi. Presentase massa yang dihasilkan masing-masing unsur pembentuk lapisan Ni-TiAlN pada substrat HSS yaitu Ni 0,81%, Ti 1,43%, Al 0,29% dan N 17,55%. Total dari presentase massa lapisan tipis komposit Ni-TiAlN pada substrat HSS berjumlah 20,08%.

Pada tabel diatas selain unsur pembentuk lapisan, ada juga unsur penyusun substrat itu sendiri, seperti Cr, Fe dan Mo. Selain itu ada juga unsur-unsur pengotor pada substrat yang telah dilapisi, seperti Sr. Pengotor ini disebabkan pencucian substrat yang belum bersih, sehingga pengotor asing yang menempel pada permukaan substrat belum hilang.

4.2.2 Substrat Galvanis

Hasil karakterisasi struktur morfologi lapisan tipis komposit Ni-TiAlN pada substrat Galvanis dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) ditunjukkan pada Gambar 4.9

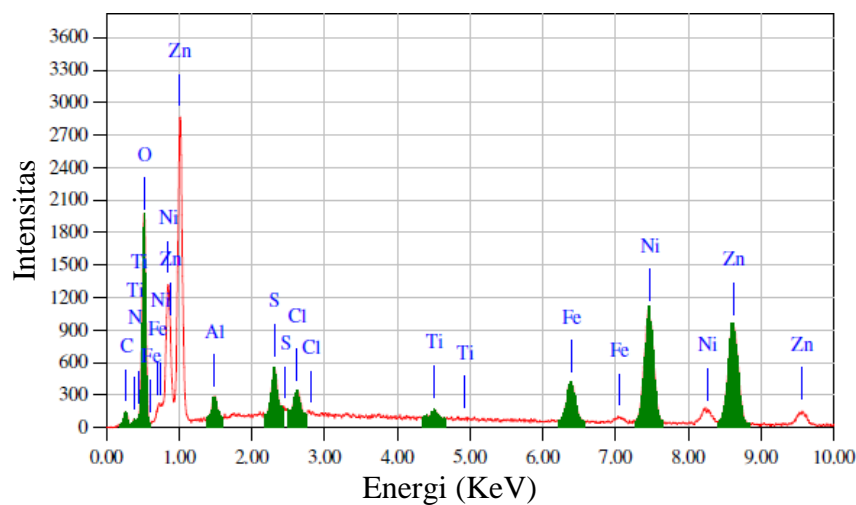


Gambar 4.9 Struktur Morfologi Permukaan Lapisan Tipis Komposit Ni-TiAlN pada Substrat Galvanis

Pada hasil SEM diatas tampak terdapat lapisan pada permukaan substrat Galvanis. Lapisan yang terbentuk tampak merata dan alglomerat yang timbul hanya sedikit. Ini dikarenakan resistansi pada Galvanis tidak terlalu tinggi bila dibandingkan substrat HSS, sehingga arus yang mengalir lebih besar dan menyebabkan jumlah ion-ion deposit lebih banyak sehingga lebih merata dipermukaannya. Sedangkan lapisan yang terbentuk tidak halus dan berpori, ini

dikarenakan morfologi asli substrat Galvanis yang berbentuk tidak halus dan tidak rata seperti pada lampiran.

Hasil uji kandungan unsur lapisan tipis komposit Ni-TiAlN seperti terlihat pada gambar 4.10 dan tabel 4.4 menunjukkan presentase kandungan unsur lapisan Ni-TiAlN yang terbentuk pada substrat Galvanis. Pada gambar 4.10 sumbu-x menggambarkan tingkat energy masing-masing unsur yang terkandung, sedangkan sumbu-y adalah besarnya intensitas sinar-x yang tertangkap oleh detektor.



Gambar 4.10 Grafik EDS pada Substrat Galvanis

Tabel 4.4 Tabel Komposisi EDS pada Substrat Galvanis

| Unsur | Tingkat Energi Unsur (KeV) | Komposisi Massa Unsur (%) | Relativitas Komposisi Massa Unsur (%) | Komposisi Jumlah Unsur Atom (%) |
|-------|----------------------------|---------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| C | 0.277 | 9.06 | 0.33 | 16.66 |
| N | 0.392 | 11.77 | 0.60 | 18.56 |
| O | 0.525 | 34.70 | 0.23 | 40.79 |
| Al | 1.486 | 0.83 | 0.08 | 0.68 |
| S | 2.307 | 1.29 | 0.05 | 0.89 |
| Cl | 2.621 | 0.78 | 0.05 | 0.49 |
| Ti | 4.508 | 0.36 | 0.08 | 0.17 |
| Fe | 6.389 | 3.48 | 0.14 | 1.38 |
| Ni | 7.471 | 14.16 | 0.20 | 5.33 |
| Zn | 8.630 | 23.57 | 0.39 | 7.96 |

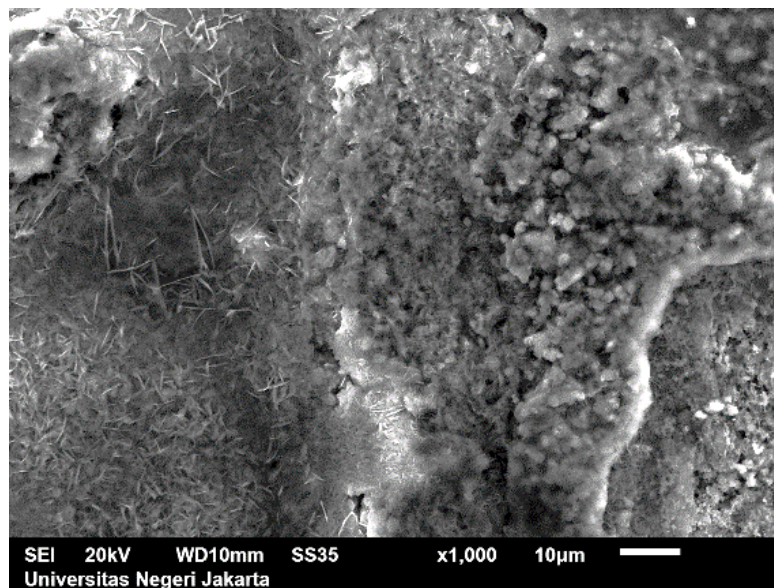
Pada substrat Galvanis lapisan tipis komposit Ni-TiAlN berhasil terbentuk ini dibuktikan dari komposisi unsur-unsur pada hasil pengujian EDS pada substrat

Galvanis setelah dielektrodeposisi. Presentase massa yang dihasilkan masing-masing unsur pembentuk lapisan Ni-TiAlN pada substrat Galvanis yaitu Ni 14,16%, Ti 0,36%, Al 0,83% dan N 11,77%. Total dari presentase massa lapisan tipis komposit Ni-TiAlN pada substrat HSS berjumlah 27,12%.

Pada tabel diatas selain unsur pembentuk lapisan, ada juga unsur penyusun substrat itu sendiri, seperti Fe dan Zn. Selain itu ada juga unsur-unsur pengotor pada substrat yang telah dilapisi, seperti S dan Cl. Pengotor ini disebabkan oleh kondisi larutan yang kurang baik, sehingga ion-ion negatif yang ada pada larutan juga terserap oleh substrat.

4.2.3 Substrat Kuningan

Hasil karakterisasi struktur morfologi lapisan tipis komposit Ni-TiAlN pada substrat Kuningan dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) ditunjukkan pada Gambar 4.11

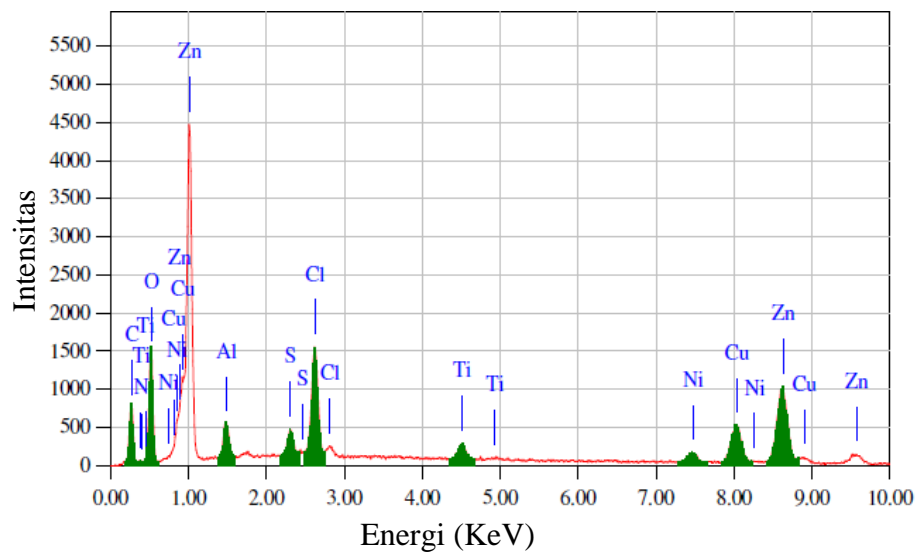


Gambar 4.11 Struktur Morfologi Permukaan Lapisan Tipis Komposit Ni-TiAlN pada substrat Kuningan

Pada hasil SEM diatas tampak terdapat lapisan pada permukaan substrat Kuningan. Lapisan yang terbentuk tampak sangat tidak merata dan berbentuk gumpalan-gumpalan. Ini dikarenakan pada substrat Kuningan yang digunakan lapisan oksida pada substrat tersebut belum seluruhnya hilang ketika direndam didalam HCl, sehingga lapisan Ni-TiAlN yang akan dibentuk tidak dapat

menempel secara merata meskipun substrat Kuningan memiliki nilai resistansi paling rendah dibanding substrat yang lain.

Hasil uji kandungan unsur lapisan tipis komposit Ni-TiAlN seperti terlihat pada gambar 4.12 dan tabel 4.5 menunjukkan presentase kandungan unsur lapisan Ni-TiAlN yang terbentuk pada substrat Kuningan. Pada gambar 4.12 sumbu-x menggambarkan tingkat energi masing-masing unsur yang terkandung, sedangkan sumbu-y adalah besarnya intensitas sinar-x yang tertangkap oleh detektor.



Gambar 4.12 Grafik EDS pada Substrat Kuningan

Tabel 4.5 Tabel Komposisi EDS pada Substrat Kuningan

| Unsur | Tingkat Energi Unsur (KeV) | Komposisi Massa Unsur (%) | Relativitas Komposisi Massa Unsur (%) | Komposisi Jumlah Unsur Atom (%) |
|-------|----------------------------|---------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| C | 0.277 | 27.99 | 0.27 | 40.52 |
| N | 0.392 | 16.79 | 1.02 | 20.86 |
| O | 0.525 | 27.51 | 0.36 | 29.92 |
| Al | 1.486 | 0.97 | 0.06 | 0.63 |
| S | 2.307 | 0.58 | 0.04 | 0.31 |
| Cl | 2.621 | 2.80 | 0.05 | 1.37 |
| Ti | 4.508 | 0.69 | 0.08 | 0.25 |
| Ni | 7.471 | 1.13 | 0.20 | 0.33 |
| Cu | 8.040 | 6.15 | 0.30 | 1.69 |
| Zn | 8.630 | 15.42 | 0.39 | 4.10 |

Pada substrat Kuningan lapisan tipis komposit Ni-TiAlN berhasil terbentuk ini dibuktikan dari komposisi unsur-unsur pada hasil pengujian EDS

pada substrat Kuningan setelah dielektrodeposisi. Presentase massa yang dihasilkan masing-masing unsur pembentuk lapisan Ni-TiAlN pada substrat Kuningan yaitu Ni 1,13%, Ti 0,69%, Al 0,97% dan N 16,79%. Total dari presentase massa lapisan tipis komposit Ni-TiAlN pada substrat Kuningan berjumlah 19,58%.

Pada tabel diatas selain unsur pembentuk lapisan, ada juga unsur penyusun substrat itun sendiri, seperti Cu dan Zn. Selain itu ada juga unsur-unsur pengotor pada substrat yang telah dilapisi, seperti S dan Cl. Pengotor ini disebabkan oleh larutan yang kurang baik, sehingga ion-ion negatif yang ada pada larutan juga terserap oleh substrat.

Dari seluruh hasil pengujian SEM dan EDS tersebut dapat dianalisis bahwa struktur morfologi lapisan tipis komposit Ni-TiAlN yang dibentuk pada seluruh jenis substrat yang digunakan berhasil menghasilkan lapisan yang mempunyai kandungan Ni-TiAlN

Namun lapisan tipis komposit Ni-TiAlN yang terbentuk mempunyai bentuk atau pola yang berbeda disetiap jenis substratnya. Perbedaan ini dapat dilihat pada lapisan yang terbentuk pada semua substrat dimana semuanya memiliki struktur morfologi awal yang berbeda sehingga memiliki struktur morfologi lapisan yang dihasilkan juga berbeda. Dapat dikatakan juga pola dan kondisi morfologi substrat yang digunakan dapat mempengaruhi hasil morfologi lapisan yang dihasilkan. Karena dalam proses elektrodeposisi substrat berfungsi sebagai lapisan penyangga atau cetakan dimana struktur morfologi yang akan ditumbuhkan bergantung pada morfologi substratnya (Toifur, 2002).

Sedangkan jumlah ion-ion deposit yang dideposisikan ke substrat juga dapat dipengaruhi oleh substrat yang digunakan. Dimana terjadi pada substrat HSS jumlah massa dari ion deposit yang dideposisikan ke substrat hanya 20,08% dari massa totalnya dan pada substrat Galvanis dapat menyerap ion-ion deposit yang dideposisikan ke substrat lebih banyak yaitu 27,12%. Perbedaan jumlah ion ini disebabkan karena substrat HSS memiliki resistansi yang lebih tinggi dibanding Galivanis. Karena Semakin kecil resistansi pada suatu substrat semakin besar arus yang mengalir, sehingga semakin banyak ion-ion deposit yang dideposisikan ke substrat (Brustein, 2006). Sementara itu pada substrat Kuningan

ion-ion deposit yang terserap memiliki jumlah paling sedikit dibanding dengan substrat yang lain, yaitu sebesar 19,58%. Sedikitnya ion-ion deposit yang terserap oleh substrat Kuningan juga menyebabkan tidak terdeteksinya lapisan yang terbentuk menggunakan alat XRD pada pengujian karakteristik sebelumnya. Karena semakin sedikit ion-ion deposit yang terserap lapisan yang terbentuk pada substrat tersebut semakin tidak merata dan tipis, sehingga kemungkinan terdeteksi oleh alat XRD juga semakin kecil.

4.3 Uji Laju Korosi Lapisan

Pengukuran laju korosi dilakukan dengan menggunakan metode *mass loss* (kehilangan massa). Metode *mass loss* ini didasarkan pada selisih massa awal sebelum pengujian korosi dengan massa akhir setelah pengujian korosi. Oleh karena itu sebelum pengujian korosi ini dilakukan, substrat yang dilapisi dan tidak dilapisi ditimbang terlebih dahulu untuk mengetahui massa awal sebelum pengujian korosi. Berikut adalah tabel jumlah massa substrat yang dilapisi dengan yang tidak dilapisi sebelum pengujian korosi.

Tabel 4.6 Jumlah Massa Substrat Sebelum Uji Korosi

| No. | Nama Substrat | Massa Substrat | |
|-----|---------------|-------------------------------|--------------------------------|
| | | Tanpa Lapisan Ni-TiAlN (gram) | Dengan Lapisan Ni-TiAlN (gram) |
| 1. | HSS | 0.146 | 0.148 |
| 2. | Galvanis | 0.147 | 0.150 |
| 3. | Kuningan | 0.134 | 0.048 |

Pengujian ini dilakukan dengan memasukan substrat yang telah ditimbang kedalam larutan H₂SO₄ 0,5 M yang sudah diisi kedalam botol kecil. Sebelum memasukkan substrat kedalam larutan, terlebih dahulu mengikat substrat tersebut menggunakan benang pada statif buatan yang telah tersedia. Sehingga seperti yang ada pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13. Pengujian Korosi pada Substrat Baik yang Dilapisi Maupun Tidak Dilapisi Lapisan Komposit Ni-TiAlN

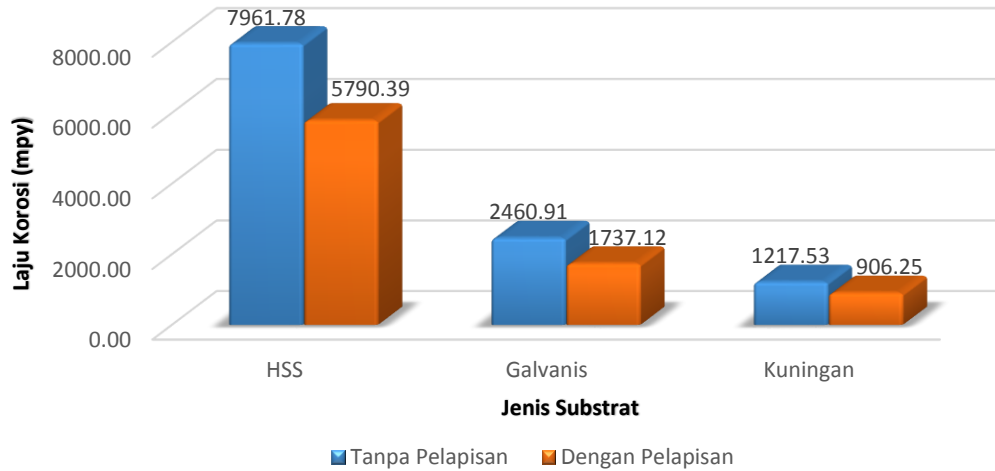
Sebelumnya botol juga ditandai agar tidak tertukar jenis substrat didalamnya. Proses pengkorosian ini dilakukan selama 6 jam. Setelah proses pengkorosian selesai substrat diangkat dan dikeringkan, lalu ditimbang dengan neraca digital. Pengkorosian ini menghasilkan pengurangan massa pada substrat. Berikut adalah tabel jumlah massa substrat yang dilapisi dengan yang tidak dilapisi setelah pengujian korosi.

Tabel 4.7 Jumlah Massa Substrat Setelah Uji Korosi

| No. | Nama Substrat | Massa Substrat | |
|-----|---------------|-------------------------------|--------------------------------|
| | | Tanpa Lapisan Ni-TiAlN (gram) | Dengan Lapisan Ni-TiAlN (gram) |
| 1. | HSS | 0.091 | 0.108 |
| 2. | Galvanis | 0.130 | 0.138 |
| 3. | Kuningan | 0.125 | 0.045 |

Berdasarkan tabel 4.7 dan 4.8 maka didapatkan selisih massa antara substrat yang sebelum dan setelah uji korosi. Hasil selisih massa ini kemudian dimasukkan kedalam Rumus 2.3, maka dengan perhitungan pada lampiran dapat diketahui besar laju korosi berbagai jenis substrat tersebut baik yang dilapisi maupun tidak dilapisi lapisan Ni-TiAlN. Besar perbandingan laju korosi berbagai jenis substrat baik yang dilapisi maupun tidak dilapisi dengan lapisan Ni-TiAlN dapat dilihat melalui gambar grafik dibawah ini.

Grafik Laju Korosi Terhadap Jenis Substrat Dilapisi dan Tidak Dilapisi Ni-TiAlN



Gambar 4.14 Perbandingan Laju Korosi Berbagai Jenis Substrat Dengan Pelapisan dan Tanpa Pelapisan Lapisan Ni-TiAlN

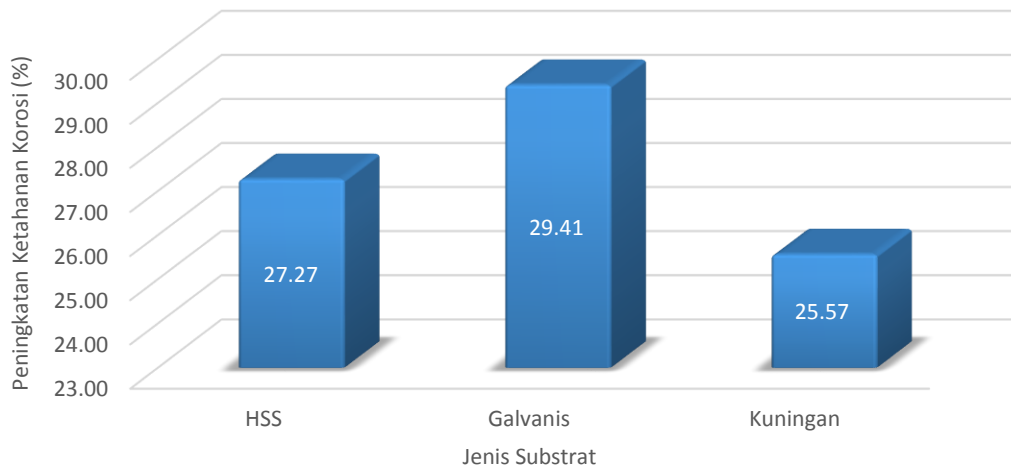
Dari data perbandingan laju korosi diatas, didapatkan data bahwa substrat HSS memiliki laju korosi paling tinggi sebesar 7961,78 mpy. Namun, laju korosi itu dapat menurun sekitar 2171,39 mpy ketika substrat HSS yang diuji diberikan lapisan komposit Ni-TiAlN, sehingga laju korosinya menjadi 5790,39 mpy.

Sedangkan pada substrat Galvanis laju korosi pada substrat yang tidak dilapisi sebesar 2460,91 mpy. Dengan melapisi lapisan komposit Ni-TiAlN pada substrat Galvanis maka substrat tersebut mengalami penurunan laju korosi sebesar 723,79 mpy, sehingga laju korosinya menjadi 1737,12 mpy.

Sedangkan pada substrat yang terakhir yaitu substrat Kuningan, laju korosi tanpa diberi pelapisan sebesar 1217,53 mpy dan turun sebesar 311,28 mpy ketika diberikan lapisan tipis komposit Ni-TiAlN, sehingga laju korosinya menjadi 906,25 mpy.

Dari data laju korosi diatas, maka dapat dibandingkan efisiensi lapisan terhadap penurunan laju korosi masing-masing jenis substrat yang digunakan. Caranya dengan mencari efisiensi lapisan komposit Ni-TiAlN pada masing-masing jenis substrat. Hasilnya persentase efisiensi lapisan komposit Ni-TiAlN terhadap penurunan laju korosi disetiap jenis substrat terlihat pada grafik Gambar 4.15

Persentase Penurunan Laju Korosi pada Setiap Jenis Substrat



Gambar 4.15 Peningkatan Ketahanan Laju Korosi pada Setiap Jenis Substrat

Pada Gambar 4.15 dapat dilihat bahwa lapisan tipis Ni-TiAlN pada substrat HSS mempunyai penurunan laju korosi sebesar 27,27% dibanding dengan substrat HSS tanpa dilapisi Ni-TiAlN. Penurunan ini lebih baik dibanding dengan lapisan tipis komposit Ni-TiAlN pada substrat Kuningan yang mempunyai penurunan laju korosi sebesar 25,57%. Namun, lebih kecil bila dibanding penurunan laju korosi lapisan tipis komposit Ni-TiAlN pada substrat Galvanis yang mempunyai penurunan laju korosi sebesar 29,41%.

Substrat yang digunakan pada elektrodeposisi mempengaruhi penurunan laju korosi karena jumlah massa lapisan yang terbentuk dipengaruhi oleh substrat. Substrat Galvanis memiliki penurunan laju korosi yang lebih besar dari pada penurunan laju korosi lapisan tipis Ni-TiAlN pada substrat Kuningan dan HSS. Karena HSS memiliki resistansi yang lebih besar daripada Galvanis, sehingga arus yang mengalir melalui elektroda pada waktu proses elektrodeposisi kecil. Semakin kecil arus yang mengalir semakin sedikit endapan yang terbentuk dan lapisan yang dihasilkan semakin tidak merata lapisan yang terbentuk. Semakin tidak meratanya lapisan yang dihasilkan semakin mudah larutan asam mengikis substrat untuk luruh, sehingga laju korosinya lebih besar

Pada substrat Kuningan memiliki peningkatan laju korosi terendah dikarenakan pemerataan lapisan yang terbentuk pada substrat ini sangat kurang, sehingga laju korosinya sangat tinggi.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Telah berhasil dilakukan penumbuhan lapisan tipis komposit Ni-TiAlN pada substrat *High Speed Steel* (HSS) dan Galvanis.
2. Hasil karakterisasi dengan XRD menunjukkan bahwa lapisan tipis komposit Ni-TiAlN yang terbentuk merupakan berbentuk *Simple Cubic* (SC) dengan memiliki bidang kristal (200), (210), (220) pada substrat HSS, sedangkan pada substrat Galvanis terbentuk kristal dengan bidang kristal (200), (220), (311).
3. Parameter kisi lapisan tipis Ni-TiAlN pada substrat HSS adalah 4,1091 Å dan pada substrat Galvanis adalah 4,0902 Å. Sedangkan ukuran butir yang terbentuk pada substrat HSS sebesar 14,92-41,60 nm dan pada substrat Galvanis sebesar 15,51-57,49 nm.
4. Struktur morfologi lapisan tipis komposit Ni-TiAlN yang terbentuk mengikuti morfologi permukaan substrat yang dipakai.
5. Efisiensi lapisan tipis komposit Ni-TiAlN terhadap ketahanan laju korosi pada substrat HSS 27,27%, Galvanis 29,41% dan Kuningan 25,57%.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka penulis menyarankan :

- a. Agar dapat menghasilkan lapisan tipis Ni-TiAlN dibutuhkan arus listrik yang mengalir lebih besar agar pendeposisian lebih efisien lagi.
- b. Dibutuhkan larutan yang lebih asam dalam merendam substrat kuningan sebelum diproses elektrodposisi agar lapisan oksidasinya dapat hilang secara keseluruhan.

Daftar Pustaka

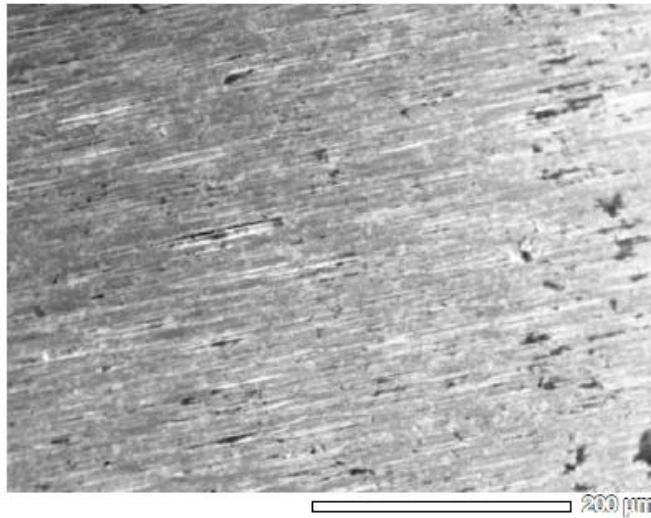
- Aminah. 2011. *Penggunaan Ethylene Tetra Acetic Acid (EDTA) dalam Lapisan Elektroplating Campuran Zn-Ni-Fe pada Substrat Cu*. Universitas Sebelas Maret:Surakarta.
- Beiser, A., diterjemahkan The How Liong Ph.D, 1992: *Konsep Fisika Modern*, Erlangga, Jakarta.
- Budi E, Nasbey H, Budi A. S. 2013. *Electrodeposition of Ni-TiAlN Nanocomposite Coating For Wear and Corrosion Protection: A Review*. Jurusan Fisika, FMIPA, Prosiding Seminar Nasional Fisika 2013,
- Burstein. 2006. *Materials Science and Metallurgy*. Universty of Cambridge,
- Callister and D.G. Rethwisch. 2010. *Material Science and Engineering, 8th edition*, John Wiley & sons,
- Cegil. 2012. *A Comparative Study on the Corrosion Behaviour of Gas Nitrided and TiAlN Coated AISI D2 Steel by Thermo-Reactive Diffusion Technique*. Sakarya University: Turki,
- Cullity, B.D. 1976. *Element of Xray Diffraction, 2nd Edition*. Addison-Wesley Publishing Company, Inc., Massachusets,
- Darmawan, Loeksmanto, W, dan Liong, T.H. 1987. *Fisika Zat Padat*. Karunika, Jakarta,
- Huang, C.T., Duh, J.G. 1995. *Deposition of (Ti,Al)N Films on A2 Tool Steel by Reactive R.F. Magnetron Sputtering*. Surface and Coatings Technology, Vol. 71, pp. 259-266,
- Jannah, Fatkhul. 2007. *Karakterisasi lapisan tipis alloy nife hasil elektrodeposisi pada substrat Cu dan ITO*, Universitas Sebelas Maret, Surakarta,
- Jones. Denny A. 2002. *Principles and Prevention of Corrosion*, Maxwell Macmillan, Singapura,
- Leonid A, Bendersky, and Gayle, Frank W. 2001. *Electron Diffraction Using Transmission Electron Microscopy*. National Institute of Standards and Technology. Gaithersburg. MD 20899-8554.
- Mansyur, Umar. 1990, Dogra, S.K. and Dogra, S. : *Kimia Fisik dan Soal-Soal*, UI Press, Jakarta,
- Soofoo, R.F. 1965: *Magnetic Thin Film*, Harper and Row Publishers, New York.

- Sugiyarta. 2012. *Pengaruh konsentrasi larutan dan kuat arus terhadap ketebalan pada proses pelapisan nikel untuk baja karbon rendah*. Program Studi Magister Teknik Mesin. Universitas Diponegoro,
- Syahputra, Alief Restu. 2014. *Pengaruh Kuat Arus terhadap Morfologi dan Struktur Mikro Lapisan Tipis Ni-TiAlN dengan Teknik Elektrodeposisi*. Jakarta: Universitas Negeri Jakarta.
- Tatang A. Taufik, 2000: *Teknologi Pelapisan Logam secara Listrik*,
- Toifur, M., Wibowo, T., Wiryoadi dan Siswanto, B., 2002, *Pengaruh Suhu Substrat Pada Pertumbuhan Struktur Kristal dan Resistivitas Lapisan Tipis Ni₇₃Fe₂₇*, Jurnal Fisika Himpunan Fisika Indonesia., A5 (0574),
- Van Vlack. 1992. *Element of Material and Engineering, 5th Edition*. Addison-Wesley Publising Company, USA,
- Veprek, S., Haussmann, M., Reiprich, S., Shizhi, Li., Dian, J. 1996. *Novel Thermodynamically Stable and Oxidation Resistant Superhard Coating Materials*. Surface and Coating Technology, Vol. 86-87, pp. 394-401.
- Yoon, S.Y., Lee, K.O., Kang, S.S., Kim, K.H. 2002. *Comparison for Mechanical Properties Between TiN and TiAlN Coating Layers by AIP Technique*. Journal of Material Processing and Technology, Vol.130-131, p. 260-265.
- Zhang, S., Sun, D., Fu, Y., Pei, Y.T., De Hosson, J.Th.M. 2005. *Ni-Toughened nc-TiN/a-SiN_x Nanocomposite Thin Film*. Surface Coating and Technology, Vol. 200, pp. 1530-1534,
- ZHU Xu-bei, CAI Chao, ZHENG Guo-qu, ZHANG Zhao, LI Jin-feng. 2011. *Electrodeposition and corrosion behavior of nanostructured Ni-TiN composite films*. Trans. Nonferrous Met. Soc. China, Vol. 21, p. 2216-2224.
- Zumdhal, S.S., Zumdahl, S.A. 2007. *Chemistry. 7th edition*, Boston: Houghton Mifflin Company. P. 229-273,

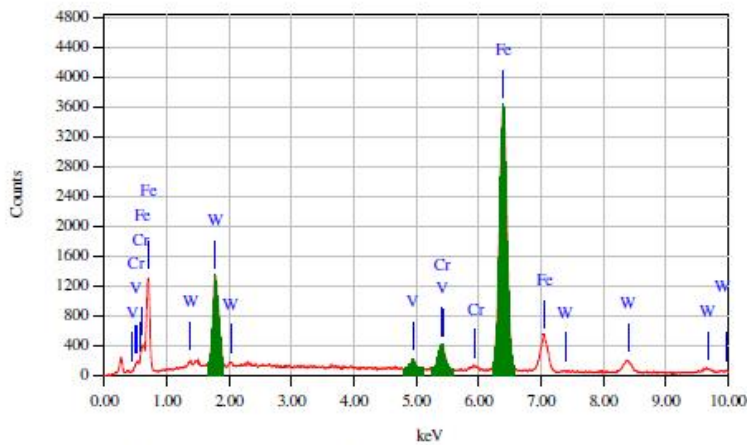
LAMPIRAN 1-Karakteristik Awal Substrat

HSS Sebelum

1/1



| | |
|------------|--------------|
| Title | : IMG1 |
| Instrument | : 6510(LA) |
| Volt | : 20.00 kV |
| Mag. | : x 250 |
| Date | : 2015/05/07 |
| Pixel | : 512 x 384 |



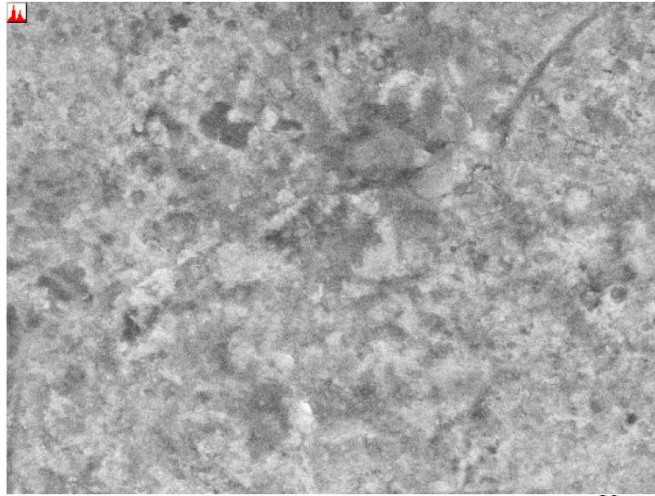
| | |
|-----------------------|--------------|
| Acquisition Parameter | |
| Instrument | : 6510(LA) |
| Acc. Voltage | : 20.0 kV |
| Probe Current | : 1.00000 nA |
| PHA mode | : T3 |
| Real Time | : 58.40 sec |
| Live Time | : 50.00 sec |
| Dead Time | : 14 % |
| Counting Rate | : 3065 cps |
| Energy Range | : 0 - 20 keV |

ZAF Method Standardless Quantitative Analysis
Fitting Coefficient : 0.2737

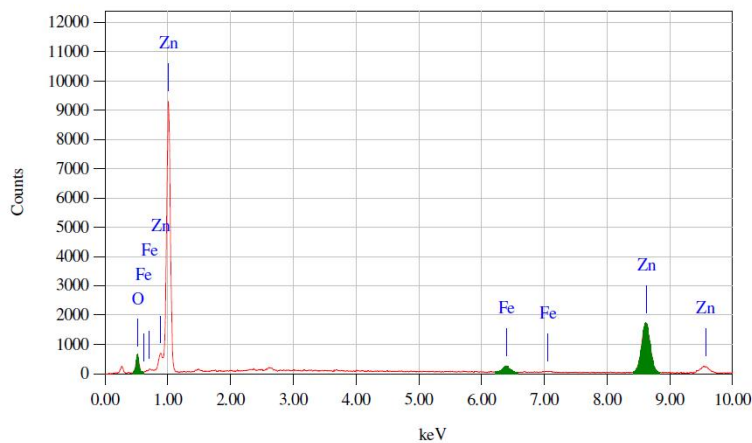
| Element | (keV) | Mass% | Error% | Atom% | Compound | Mass% | Cation | K |
|---------|-------|--------|--------|--------|----------|-------|--------|---------|
| V K | 4.949 | 1.29 | 0.23 | 1.68 | | | | 1.4198 |
| Cr K | 5.411 | 4.22 | 0.26 | 5.39 | | | | 5.0258 |
| Fe K | 6.398 | 71.02 | 0.35 | 84.46 | | | | 78.1882 |
| W M | 1.774 | 23.47 | 0.60 | 8.48 | | | | 15.3662 |
| Total | | 100.00 | | 100.00 | | | | |

Galvanis Sebelum

1/1



| | |
|------------|--------------|
| Title | : IMG1 |
| Instrument | : 6510(LA) |
| Volt | : 20.00 kV |
| Mag. | : x 2,500 |
| Date | : 2015/05/07 |
| Pixel | : 512 x 384 |



Acquisition Parameter

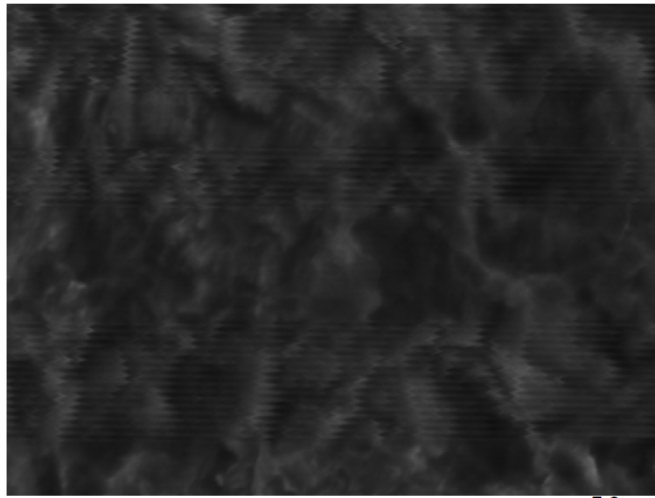
| | |
|---------------|--------------|
| Instrument | : 6510(LA) |
| Acc. Voltage | : 20.0 kV |
| Probe Current | : 1.00000 nA |
| PHA mode | : T3 |
| Real Time | : 58.46 sec |
| Live Time | : 50.00 sec |
| Dead Time | : 14 % |
| Counting Rate | : 3198 cps |
| Energy Range | : 0 - 20 keV |

ZAF Method Standardless Quantitative Analysis
Fitting Coefficient : 0.3280

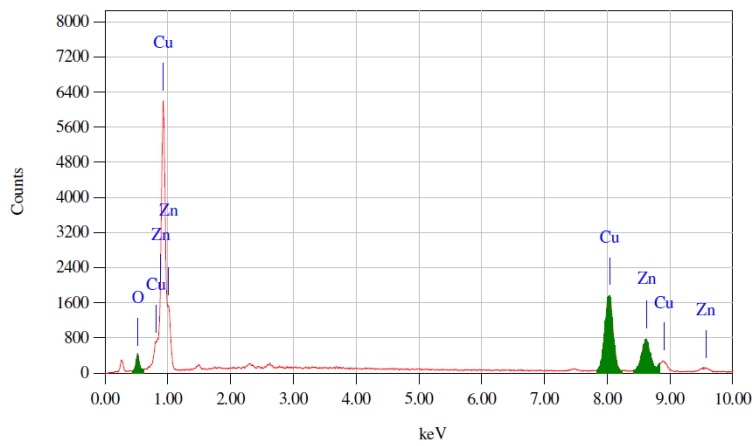
| Element | (keV) | Mass% | Error% | Atom% | Compound | Mass% | Cation | K |
|---------|-------|--------|--------|--------|----------|-------|--------|---------|
| O K | 0.525 | 15.22 | 0.73 | 42.12 | | | | 17.4866 |
| Fe K | 6.398 | 3.78 | 0.74 | 2.99 | | | | 4.1458 |
| Zn K | 8.630 | 81.01 | 2.05 | 54.88 | | | | 78.3676 |
| Total | | 100.00 | | 100.00 | | | | |

Kuningan

1/1



```
Title       : IMG1
-----
Instrument  : 6510(LA)
Volt       : 20.00 kV
Mag.      : x 6,000
Date      : 2015/03/26
Pixel     : 512 x 384
```



```
Acquisition Parameter
Instrument   : 6510(LA)
Acc. Voltage : 20.0 kV
Probe Current: 1.00000 nA
PHA mode    : T3
Real Time   : 59.96 sec
Live Time   : 50.00 sec
Dead Time   : 16 %
Counting Rate: 3246 cps
Energy Range : 0 - 20 keV
```

ZAF Method Standardless Quantitative Analysis
Fitting Coefficient : 0.3700

| Element | (keV) | Mass% | Error% | Atom% | Compound | Mass% | Cation | K |
|---------|-------|--------|--------|--------|----------|-------|--------|---------|
| O | 0.525 | 8.24 | 0.45 | 26.48 | | | | 9.8664 |
| Cu | 8.040 | 60.69 | 0.98 | 49.10 | | | | 59.5844 |
| Zn | 8.630 | 31.06 | 1.28 | 24.42 | | | | 30.5492 |
| Total | | 100.00 | | 100.00 | | | | |

• **Rumus Kimia pada Substrat Galvanis**

```

*****          SEARCH / MATCH RESULT          *****
Group Name   : 1505-17
Data Name    : Galvanis
File Name    : Galvanis.PKR
Sample Name  : Galvanis
Comment      :
<Card List>
No.   Card   Chemical Formula          S      L      d      I      R
      Card   Chemical Name (Mineral Name)
      Dx    WT%    S.G.
1 85-1410 Fe          0.732 1.000( 2/ 3) 0.814 0.532 0.433
      ( Iron )          7.72  ----- Im-3m
2 65-7743 Fe9.64Ti0.36  0.732 1.000( 2/ 6) 0.694 0.532 0.369
      Iron Titanium    7.75  ----- Im-3m
3 65-2865 Ni          0.746 0.667( 2/ 7) 0.724 0.761 0.367
      Nickel          8.91  ----- Fm-3m
4 4-0850 Ni          0.752 0.667( 2/ 8) 0.705 0.778 0.366
      Nickel ( Nickel, syn )
      8.91  ----- Fm-3m
5 87-0712 Ni          0.741 0.667( 2/ 3) 0.726 0.750 0.363
      ( Nickel, syn )
      8.91  ----- Fm-3m
6 70-1849 Ni          0.741 0.667( 2/ 3) 0.711 0.750 0.356
      ( Nickel )
      8.90  ----- Fm-3m
7 38-0419 FeNi3        0.594 0.667( 2/ 7) 0.605 0.799 0.322
      Iron Nickel ( Awaruite )
      8.65  ----- Fm-3m
8 74-1882 Fe.96300      0.866 0.600( 3/ 5) 0.738 0.693 0.307
      ( W\Piustite, syn )
      5.83  ----- Fm-3m
9 74-1883 Fe.96460      0.866 0.600( 3/ 5) 0.735 0.693 0.305
      ( W\Piustite, syn )
      5.83  ----- Fm-3m
10 75-1550 FeO         0.866 0.600( 3/ 5) 0.727 0.693 0.302
      ( Wuestite, syn )
      5.99  ----- Fm-3m
11 74-1885 Fe.97120      0.872 0.600( 3/ 5) 0.706 0.699 0.296
      ( W\Piustite, syn )
      5.83  ----- Fm-3m
12 74-1884 Fe.97120      0.866 0.600( 3/ 5) 0.710 0.693 0.295
      ( Wuestite, syn )
      5.83  ----- Fm-3m
13 65-0380 Ni          0.741 0.667( 2/ 7) 0.589 0.750 0.295
      Nickel          8.83  ----- Fm-3m
14 73-2143 Fe.9740      0.866 0.600( 3/ 5) 0.708 0.693 0.295
      5.84  ----- Fm-3m
15 77-2355 FeO         0.866 0.600( 3/ 5) 0.708 0.693 0.294
      ( Wuestite )
      5.97  ----- Fm-3m
16 74-1881 Fe.965700      0.866 0.600( 3/ 5) 0.705 0.693 0.293

```

***** SEARCH / MATCH RESULT *****

Group Name : 1505-17
 Data Name : Galvanis
 File Name : Galvanis.PKR
 Sample Name : Galvanis
 Comment :

<Card List>

| No. | Card | Chemical Formula Chemical Name (Mineral Name) | S | L | d | I | R |
|-----|---------|--|-------|--------------|-------|--------|-------|
| | | | | Dx | WT% | S.G. | |
| 21 | 6-0615 | FeO Iron Oxide (W\Piustite, syn) | 0.800 | 0.600(3/ 8) | 0.698 | 0.639 | 0.268 |
| | | | | 5.97 | ----- | Fm-3m | |
| 22 | 50-1294 | Al0.9Ni4.22 Aluminum Nickel | 0.633 | 0.667(2/ 9) | 0.454 | 0.869 | 0.263 |
| | | | | 7.74 | ----- | Fm-3m | |
| 23 | 65-9141 | Fe0.975Ti0.025 Iron Titanium | 0.732 | 1.000(2/ 6) | 0.478 | 0.532 | 0.254 |
| | | | | 7.80 | ----- | Im-3m | |
| 24 | 74-1880 | Fe.95360 (W\Piustite, syn) | 0.866 | 0.600(3/ 5) | 0.603 | 0.693 | 0.251 |
| | | | | 5.82 | ----- | Fm-3m | |
| 25 | 84-0302 | Fe0.9090 (W\Piustite) | 0.867 | 0.600(3/ 5) | 0.597 | 0.698 | 0.250 |
| | | | | 5.62 | ----- | Fm-3m | |
| 26 | 65-0144 | AlNi3 Aluminum Nickel | 0.691 | 0.429(3/18) | 0.650 | 0.814 | 0.227 |
| | | | | 7.41 | ----- | Pm-3m | |
| 27 | 65-3245 | AlNi3 Aluminum Nickel | 0.684 | 0.429(3/18) | 0.657 | 0.800 | 0.225 |
| | | | | 7.43 | ----- | Pm-3m | |
| 28 | 65-7753 | Fe10.8Ni Iron Nickel | 0.730 | 1.000(2/ 6) | 0.424 | 0.527 | 0.223 |
| | | | | 7.90 | ----- | Im-3m | |
| 29 | 65-6613 | AlNi3 Aluminum Nickel | 0.691 | 0.429(3/18) | 0.625 | 0.814 | 0.218 |
| | | | | 7.40 | ----- | Pm-3m | |
| 30 | 65-0712 | AlNi3 Aluminum Nickel | 0.686 | 0.429(3/18) | 0.622 | 0.807 | 0.215 |
| | | | | 7.40 | ----- | Pm-3m | |
| 31 | 52-0279 | Ni0.25Zn0.75Fe2O4 Nickel Zinc Iron Oxide | 0.584 | 0.286(2/ 7) | 0.743 | 0.980 | 0.208 |
| | | | | 5.33 | ----- | Fd-3m | |
| 32 | 45-1177 | Al82Fe18 Aluminum Iron | 0.833 | 0.500(2/ 4) | 0.539 | 0.765 | 0.206 |
| | | | | ----- | ----- | ----- | |
| 33 | 73-2144 | Fe.9420 (Wuestite, syn) | 0.856 | 0.400(2/ 5) | 0.611 | 0.794 | 0.194 |
| | | | | 5.81 | ----- | Fm-3m | |
| 34 | 87-0631 | TiN (Osbornite, syn) | 0.866 | 0.600(3/ 5) | 0.465 | 0.693 | 0.194 |
| | | | | 5.10 | ----- | Fm-3m | |
| 35 | 77-0191 | ZnO | 0.845 | 0.400(2/ 5) | 0.611 | 0.779 | 0.190 |
| | | | | 6.89 | ----- | Fm-3m | |
| 36 | 51-0631 | Ti Titanium | 0.439 | 0.429(3/16) | 0.561 | 0.749 | 0.180 |
| | | | | 4.53 | ----- | P6/mmm | |
| 37 | 65-7752 | Fe19Ni Iron Nickel | 0.732 | 1.000(2/ 6) | 0.332 | 0.532 | 0.176 |
| | | | | 7.88 | ----- | Im-3m | |
| 38 | 18-0872 | Ni3(Al,Ti) Aluminum Nickel Titanium | 0.618 | 0.429(3/11) | 0.573 | 0.704 | 0.173 |
| | | | | 7.42 | ----- | Pm-3m | |
| 39 | 65-7711 | NiTi Nickel Titanium | 1.000 | 0.500(3/13) | 0.451 | 0.747 | 0.168 |
| | | | | 6.46 | ----- | Pm-3m | |
| 40 | 65-0917 | NiTi Nickel Titanium | 1.000 | 0.500(3/13) | 0.451 | 0.747 | 0.168 |
| | | | | 6.46 | ----- | Pm-3m | |

***** SEARCH / MATCH RESULT *****

Group Name : 1505-17
 Data Name : Galvanis
 File Name : Galvanis.PKR
 Sample Name : Galvanis
 Comment :

<Card List>

| No. | Card | Chemical Formula | S | L | d | I | R |
|-----|---------|--------------------------------------|-------|--------------|-------|---------|-------|
| | | Chemical Name (Mineral Name) | Dx | | WT% | S.G. | |
| 41 | 65-7711 | NiTi Nickel Titanium | 1.000 | 0.500(3/13) | 0.451 | 0.747 | 0.168 |
| | | | | 6.46 | ----- | Pm-3m | |
| 42 | 37-0474 | (Fe,Ni) Iron Nickel (Kamacite) | 0.732 | 1.000(2/ 6) | 0.311 | 0.532 | 0.165 |
| | | | | 7.89 | ----- | Im-3m | |
| 43 | 35-1373 | FeZnTiO4 Iron Zinc Titanium Oxide | 0.584 | 0.250(2/ 8) | 0.747 | 0.883 | 0.165 |
| | | | | 5.14 | ----- | Fd-3m | |
| 44 | 15-0336 | Fe2Ti Iron Titanium | 0.541 | 0.412(7/18) | 0.590 | 0.657 | 0.160 |
| | | | | 6.86 | ----- | P63/mmc | |
| 45 | 46-1312 | FeO Iron Oxide (W\Piustite) | 0.694 | 0.400(2/ 7) | 0.646 | 0.607 | 0.157 |
| | | | | 6.03 | ----- | Fm-3m | |
| 46 | 50-1315 | NiFx Nickel Fluoride | 0.711 | 0.500(4/ 8) | 0.746 | 0.410 | 0.153 |
| | | | | ----- | ----- | ----- | |
| 47 | 72-2126 | Fe2N | 1.000 | 0.222(2/13) | 0.881 | 0.780 | 0.153 |
| | | | | 7.15 | ----- | P-3m1 | |
| 48 | 47-1410 | AlTi2 Aluminum Titanium | 0.583 | 0.500(3/ 7) | 0.667 | 0.454 | 0.152 |
| | | | | 3.56 | ----- | P63/mmc | |
| 49 | 65-4899 | Fe Iron | 0.732 | 1.000(2/ 6) | 0.269 | 0.532 | 0.143 |
| | | | | 7.87 | ----- | Im-3m | |
| 50 | 88-2153 | FeN | 0.917 | 0.600(3/ 5) | 0.714 | 0.323 | 0.138 |
| | | | | 5.81 | ----- | F-43m | |
| 51 | 73-2145 | Fe.9740 | 1.000 | 0.200(2/10) | 0.703 | 0.984 | 0.138 |
| | | | | 5.88 | ----- | R-3m | |
| 52 | 6-0696 | Fe Iron (Iron, syn) | 0.750 | 1.000(2/ 6) | 0.243 | 0.567 | 0.137 |
| | | | | 7.88 | ----- | Im-3m | |
| 53 | 89-7096 | Ni3N | 0.830 | 0.429(3/10) | 0.594 | 0.516 | 0.131 |
| | | | | 23.75 | ----- | P6322 | |
| 54 | 44-1267 | Al0.42Ni0.58 Aluminum Nickel | 0.741 | 0.600(3/ 9) | 0.461 | 0.470 | 0.130 |
| | | | | 6.37 | ----- | Pm-3m | |
| 55 | 89-7194 | Fe (Iron) | 0.732 | 1.000(2/ 3) | 0.244 | 0.532 | 0.130 |
| | | | | 7.88 | ----- | Im-3m | |
| 56 | 50-1265 | AlNi3 Aluminum Nickel | 0.733 | 0.600(3/ 5) | 0.285 | 0.752 | 0.129 |
| | | | | 7.40 | ----- | I4/mmm | |
| 57 | 88-1715 | Ni3Fe (Awaruite) | 0.671 | 0.571(4/ 9) | 0.470 | 0.468 | 0.126 |
| | | | | 8.65 | ----- | Pm-3m | |
| 58 | 87-0721 | Fe (Iron) | 0.732 | 1.000(2/ 3) | 0.235 | 0.532 | 0.125 |
| | | | | 7.88 | ----- | Im-3m | |
| 59 | 18-0070 | Ti2AlN Aluminum Titanium Nitride | 0.413 | 0.364(4/11) | 0.645 | 0.533 | 0.125 |
| | | | | 4.34 | ----- | P63/mmc | |
| 60 | 65-0430 | AlNi3 Aluminum Nickel | 0.693 | 0.571(4/17) | 0.427 | 0.512 | 0.125 |
| | | | | 7.52 | ----- | Pm-3m | |

• **Rumus Kimia pada Substrat Kuningan**

```

*****          SEARCH / MATCH RESULT          *****
Group Name   : 1505-17
Data Name    : Kuningan
File Name    : Kuningan.PKR
Sample Name  : Kuningan
Comment      :
<Card List>
No.   Card   Chemical Formula          S       L       d       I       R
      Card   Chemical Name (Mineral Name)
      Dx     WT%     S.G.
1 65-4150 Fe          0.229 0.667( 2/ 8) 0.631 0.548 0.231
      Iron          7.64 ----- Fm-3m
2 89-4185 Fe          0.229 0.667( 2/ 4) 0.600 0.548 0.219
      Iron          7.64 ----- Fm-3m
3 52-0513 Fe          0.150 0.333( 1/ 8) 0.599 1.000 0.200
      Iron          7.57 ----- Fm-3m
4 70-3038 Cu          0.231 0.667( 2/ 4) 0.551 0.539 0.198
      ( Copper )    8.86 ----- Fm-3m
5 89-7100 FeO         1.000 0.200( 1/ 5) 0.981 1.000 0.196
      ( Wuestite, syn ) 5.95 ----- Fm-3m
6 74-1885 Fe.97120    1.000 0.200( 1/ 5) 0.935 1.000 0.187
      ( W\Piustite, syn ) 5.83 ----- Fm-3m
7 77-2355 FeO         1.000 0.200( 1/ 5) 0.920 1.000 0.184
      ( Wuestite )    5.97 ----- Fm-3m
8 73-2143 Fe.9740     1.000 0.200( 1/ 5) 0.916 1.000 0.183
      Iron          5.84 ----- Fm-3m
9 74-1884 Fe.97120    1.000 0.200( 1/ 5) 0.908 1.000 0.182
      ( Wuestite, syn ) 5.83 ----- Fm-3m
10 89-0686 FeO.9250    1.000 0.200( 1/ 5) 0.867 1.000 0.173
      ( Wuestite, syn ) 5.63 ----- Fm-3m
11 6-0615 FeO         1.000 0.200( 1/ 8) 0.859 1.000 0.172
      Iron Oxide ( W\Piustite, syn ) 5.97 ----- Fm-3m
12 79-1971 Fe.9020     1.000 0.400( 2/ 5) 0.565 0.709 0.160
      ( W\Piistite, syn ) 5.34 ----- Fm-3m
13 75-1550 FeO         1.000 0.200( 1/ 5) 0.798 1.000 0.160
      ( Wuestite, syn ) 5.99 ----- Fm-3m
14 79-2175 Fe.9280     1.000 0.400( 2/ 5) 0.557 0.703 0.156
      ( W\Piistite, syn ) 5.47 ----- Fm-3m
15 79-1972 Fe.8880     1.000 0.400( 2/ 5) 0.538 0.703 0.151
      ( W\Piistite, syn ) 5.30 ----- Fm-3m
16 79-2176 Fe.9220     1.000 0.400( 2/ 5) 0.536 0.703 0.151
      ( W\Piistite, syn ) 5.42 ----- Fm-3m
17 74-1883 Fe.96460    1.000 0.200( 1/ 5) 0.751 1.000 0.150
      ( W\Piistite, syn ) 5.83 ----- Fm-3m
18 89-0687 FeO         1.000 0.200( 1/ 5) 0.735 1.000 0.147
      ( Wuestite, syn ) 5.89 ----- Fm-3m
19 74-1882 Fe.96300    1.000 0.200( 1/ 5) 0.728 1.000 0.146
      ( W\Piustite, syn ) 5.83 ----- Fm-3m
20 65-9094 Fe          0.229 0.667( 2/ 8) 0.392 0.548 0.143
      Iron          7.60 ----- Fm-3m

```

***** SEARCH / MATCH RESULT *****

Group Name : 1505-17
 Data Name : Kuningan
 File Name : Kuningan.PKR
 Sample Name : Kuningan
 Comment :

<Card List>

| No. | Card | Chemical Formula | S | L | d | I | R |
|-----|---------|---------------------------------|-------|-------|---------|-------|-------------|
| | | Chemical Name (Mineral Name) | Dx | | WT% | S.G. | |
| 21 | 65-6567 | Cu3Zn Copper Zinc | 0.150 | 0.333 | (1/ 8) | 0.427 | 1.000 0.142 |
| | | | | 8.62 | ----- | Fm-3m | |
| 22 | 79-1973 | Fe.8800 (W\Pistite, syn) | 1.000 | 0.400 | (2/ 5) | 0.497 | 0.703 0.140 |
| | | | | 5.28 | ----- | Fm-3m | |
| 23 | 74-1886 | FeO (Wuestite, syn) | 1.000 | 0.400 | (2/ 5) | 0.466 | 0.741 0.138 |
| | | | | 5.83 | ----- | Fm-3m | |
| 24 | 65-0682 | ZnO Zinc Oxide | 0.933 | 0.400 | (2/10) | 0.388 | 0.888 0.138 |
| | | | | 6.94 | ----- | Fm-3m | |
| 25 | 74-1881 | Fe.95700 (W\Pistite, syn) | 1.000 | 0.200 | (1/ 5) | 0.601 | 1.000 0.120 |
| | | | | 5.83 | ----- | Fm-3m | |
| 26 | 79-2177 | Fe0.920 (W\Pistite, syn) | 1.000 | 0.400 | (2/ 6) | 0.426 | 0.703 0.120 |
| | | | | 5.40 | ----- | Fm-3m | |
| 27 | 79-1970 | Fe.9140 (W\Pistite, syn) | 1.000 | 0.400 | (2/ 6) | 0.420 | 0.709 0.119 |
| | | | | 5.37 | ----- | Fm-3m | |
| 28 | 65-7002 | FeCu4 Copper Iron | 0.231 | 0.667 | (2/ 8) | 0.311 | 0.539 0.112 |
| | | | | 8.69 | ----- | Fm-3m | |
| 29 | 41-1435 | Cu5Zn8 Copper Zinc | 0.585 | 0.667 | (4/11) | 0.457 | 0.365 0.111 |
| | | | | 7.73 | ----- | C | |
| 30 | 73-2144 | Fe.9420 (Wuestite, syn) | 0.966 | 0.400 | (2/ 5) | 0.291 | 0.940 0.110 |
| | | | | 5.81 | ----- | Fm-3m | |
| 31 | 74-1880 | Fe.95360 (W\Piustite, syn) | 1.000 | 0.200 | (1/ 5) | 0.536 | 1.000 0.107 |
| | | | | 5.82 | ----- | Fm-3m | |
| 32 | 79-1969 | Fe.9200 (Wuestite, syn) | 1.000 | 0.400 | (2/ 6) | 0.382 | 0.696 0.106 |
| | | | | 5.40 | ----- | Fm-3m | |
| 33 | 84-0302 | Fe0.9090 (W\Pistite) | 1.000 | 0.200 | (1/ 5) | 0.532 | 1.000 0.106 |
| | | | | 5.62 | ----- | Fm-3m | |
| 34 | 77-0191 | ZnO | 0.933 | 0.400 | (2/ 5) | 0.291 | 0.888 0.103 |
| | | | | 6.89 | ----- | Fm-3m | |

- Basic Data Process HSS

```

*** Basic Data Process ***

Group      : 1505-17
Data       : HSS

# Strongest 3 peaks
no. peak  2Theta      d      I/I1  FWHM      Intensity  Integrated Int
          (deg)      (A)          (deg)    (Counts)   (Counts)
  1  17    43.9200    2.05985  100  0.60000    14     593
  2  37    74.8800    1.26709   57  0.36000     8     276
  3  33    68.5700    1.36745   50  0.22000     7     134

# Peak Data List
peak      2Theta      d      I/I1  FWHM      Intensity  Integrated Int
no.      (deg)      (A)          (deg)    (Counts)   (Counts)
  1      11.8600    7.45596   21  0.04000     3      21
  2      13.1400    6.73239    7  0.00000     1       0
  3      17.1400    5.16919   14  0.04000     2       7
  4      18.4100    4.81536   29  0.06000     4      39
  5      20.6100    4.30604   21  0.06000     3      31
  6      22.5400    3.94151    7  0.00000     1       0
  7      25.3000    3.51744   21  0.04000     3      20
  8      26.6400    3.34347   21  0.08000     3      41
  9      27.9500    3.18967   14  0.10000     2      34
 10      33.3900    2.68138   21  0.06000     3      35
 11      34.6400    2.58743    7  0.00000     1       0
 12      35.1100    2.55387   14  0.10000     2      35
 13      35.6800    2.51436   21  0.04000     3      23
 14      37.4400    2.40011   14  0.24000     2      61
 15      39.7600    2.26525    7  0.00000     1       0
 16      41.8300    2.15781   36  0.18000     5     120
 17      43.9200    2.05985  100  0.60000    14     593
 18      45.8400    1.97794   29  0.28000     4      74
 19      48.3000    1.88279   21  0.08000     3      40
 20      49.7100    1.83264   36  0.22000     5     127
 21      52.2200    1.75030   29  0.24000     4      78
 22      53.5200    1.71081   21  0.08000     3      36
 23      54.7600    1.67497   14  0.08000     2      18
 24      56.0633    1.63908   29  0.16670     4      42
 25      57.1600    1.61021    7  0.00000     1       0
 26      58.4900    1.57672   29  0.06000     4      31
 27      60.8000    1.52223   36  0.16000     5      89
 28      62.7800    1.47890    7  0.00000     1       0
 29      64.0300    1.45301   43  0.54000     6     173
 30      65.4966    1.42398   29  0.19330     4      73
 31      66.6000    1.40304   29  0.20000     4      82
 32      67.0800    1.39416    7  0.00000     1       0
 33      68.5700    1.36745   50  0.22000     7     134
 34      69.8600    1.34533   14  0.00000     2       0
 35      72.0050    1.31043   21  0.09000     3      28
 36      73.6200    1.28563   43  0.20000     6     134
 37      74.8800    1.26709   57  0.36000     8     276
 38      76.8300    1.23971   36  0.18000     5     115
 39      77.9400    1.22481    1  0.00000     0       0
 40      78.9400    1.21178   43  0.20000     6     266

```

- Basic Data Process Galvanis

```

*** Basic Data Process ***

Group      : 1505-17
Data       : Galvanis

# Strongest 3 peaks
no. peak  2Theta      d      I/I1  FWHM      Intensity  Integrated Int
          (deg)      (A)      I/I1  (deg)      (Counts)  (Counts)
1  18    42.0466    2.14719  100    0.69330    20        701
2  44    64.6500    1.44056   75    0.50000    15        380
3  20    44.2900    2.04350   70    0.58000    14        417

# Peak Data List
peak no.  2Theta      d      I/I1  FWHM      Intensity  Integrated Int
          (deg)      (A)      I/I1  (deg)      (Counts)  (Counts)
1    12.9700    6.82025   25    0.06000     5         49
2    15.9200    5.56247    5    0.00000     1          0
3    18.3050    4.84274   15    0.05000     3         17
4    20.0100    4.43379   10    0.14000     2         30
5    22.2500    3.99222   15    0.06000     3         24
6    23.3600    3.80498    5    0.00000     1          0
7    24.8150    3.58507   25    0.07000     5         47
8    25.8400    3.44514    5    0.00000     1          0
9    28.1200    3.17077   15    0.04000     3         24
10   31.1400    2.86980   10    0.04000     2         14
11   32.6600    2.73963    5    0.00000     1          0
12   34.6200    2.58888    5    0.00000     1          0
13   35.0800    2.55598   10    0.20000     2         43
14   36.2400    2.47678    5    0.00000     1          0
15   37.0900    2.42195   15    0.06000     3         31
16   37.7100    2.38354   15    0.06000     3         34
17   40.8400    2.20780   30    0.56000     6        245
18   42.0466    2.14719  100    0.69330    20        701
19   43.0800    2.09805   40    0.84000     8        361
20   44.2900    2.04350   70    0.58000    14        417
21   46.0000    1.97143   10    0.04000     2          9
22   46.9400    1.93412   15    0.12000     3         50
23   48.4000    1.87913   15    0.16000     3         57
24   49.2000    1.85043   25    0.24000     5        157
25   49.8200    1.82885   15    0.00000     3          0
26   50.0200    1.82200   25    0.16000     5         81
27   50.3400    1.81117   10    0.08000     2         37
28   51.1500    1.78437   25    0.10000     5         73
29   51.8900    1.76065   20    0.22000     4        117
30   52.5500    1.74008   20    0.10000     4         34
31   54.0350    1.69572   10    0.15000     2         23
32   54.4900    1.68263   10    0.18000     2         36
33   55.2800    1.66043    5    0.00000     1          0
34   56.7700    1.62034   20    0.18000     4         82
35   57.6300    1.59819   10    0.06000     2         21
36   57.9300    1.59062   10    0.06000     2         25
37   59.0300    1.56358   15    0.06000     3         25
38   59.8200    1.54480    5    0.00000     1          0
39   60.9600    1.51862   25    0.20000     5        110
40   61.5800    1.50481   25    0.12000     5         76
41   62.5000    1.48485   25    0.12000     5         77
42   62.9850    1.47458   15    0.05000     3         16
43   63.6300    1.46118   10    0.10000     2         29
44   64.6500    1.44056   75    0.50000    15        380
45   65.5500    1.42295   10    0.06000     2         10
46   65.6800    1.42044    5    0.00000     1          0
47   66.0600    1.41319    5    0.00000     1          0
48   68.3750    1.37088   10    0.03000     2          3
49   69.6900    1.34819   25    0.26000     5        132
50   71.0600    1.32552   10    0.04000     2         11
51   71.8800    1.31240   15    0.04000     3         22
52   73.6200    1.28563   20    0.24000     4         63
53   73.9833    1.28021   25    0.03330     5         27

peak no.  2Theta      d      I/I1  FWHM      Intensity  Integrated Int
          (deg)      (A)      I/I1  (deg)      (Counts)  (Counts)
54   75.3800    1.25992   10    0.04000     2          9
55   76.4500    1.24493   35    0.22000     7        131
56   76.8900    1.23890   30    0.18000     6         64
57   77.3600    1.23254   25    0.12000     5         40
58   78.5300    1.21708   25    0.22000     5         85
59   79.5000    1.20465   45    0.48000     9        237

```


- Basic Data Process Kuningan

```

*** Basic Data Process ***

Group      : 1505-17
Data       : Kuningan

# Strongest 3 peaks
no. peak  2Theta      d      I/I1  FWHM      Intensity  Integrated Int
          (deg)      (Å)      I/I1  (deg)      (Counts)  (Counts)
1         9         41.8575  2.15645 100  0.58500    60      1766
2        20        71.8550  1.31280  58  0.65000    35      1276
3        11        48.7500  1.86646  33  0.62000    20       708

# Peak Data List
peak      2Theta      d      I/I1  FWHM      Intensity  Integrated Int
no.       (deg)      (Å)      I/I1  (deg)      (Counts)  (Counts)
1         10.5300  8.39451   5  0.06000     3         28
2         11.3000  7.82417   3  0.10000     2         31
3         13.6100  6.50094   3  0.06000     2         15
4         14.6050  6.06021   3  0.03000     2          8
5         16.7850  5.27771   8  0.11000     5         78
6         21.6400  4.10336   8  0.04000     5         32
7         26.3550  3.37898   5  0.09000     3         51
8         30.5700  2.92200   3  0.10000     2         19
9         41.8575  2.15645  100  0.58500    60      1766
10        42.9600  2.10363  15  0.32000     9        247
11        48.7500  1.86646  33  0.62000    20       708
12        50.1400  1.81792   3  0.16000     2         61
13        51.2300  1.78177   5  0.06000     3         33
14        54.9400  1.66990   3  0.04000     2         16
15        56.3800  1.63062   3  0.16000     2         47
16        58.4100  1.57869   3  0.10000     2         27
17        65.0000  1.43365   5  0.20000     3         89
18        67.3600  1.38904   3  0.04000     2         12
19        69.6200  1.34938   3  0.12000     2         27
20        71.8550  1.31280  58  0.65000    35      1276
21        73.6700  1.28488  12  0.30000     7         173
22        76.6200  1.24259   3  0.32000     2         43
23        78.9200  1.21204   5  0.04000     3         22

```

LAMPIRAN 4 : Hasil Pengolahan *Software* Bella V2.21

➤ Puncak Menggunakan *Software* Bella V2.21

- HSS

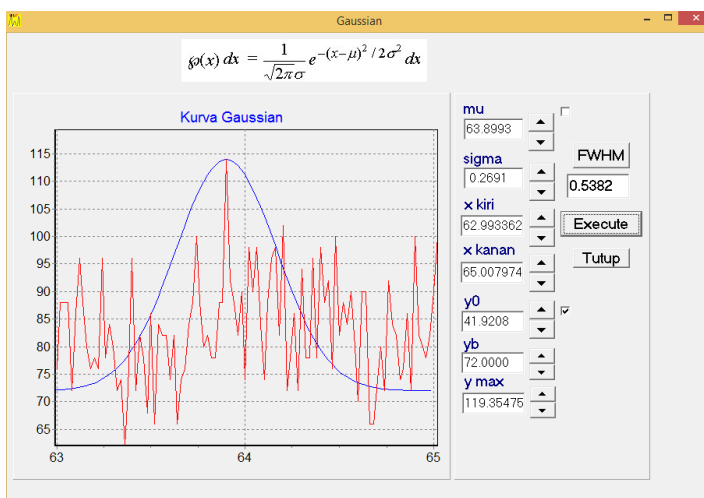
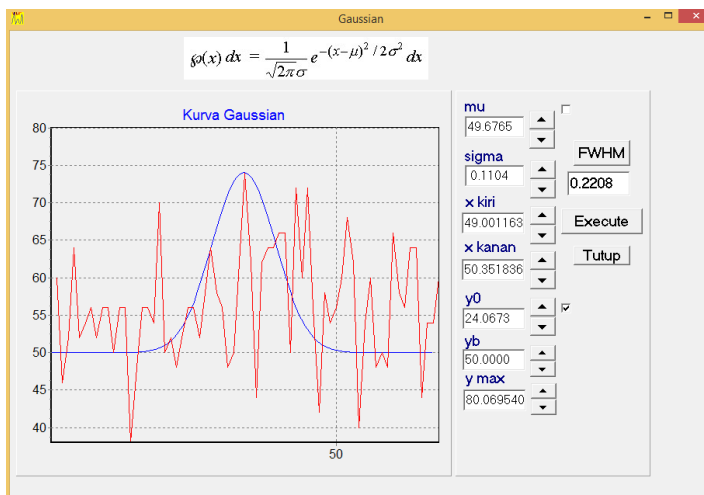
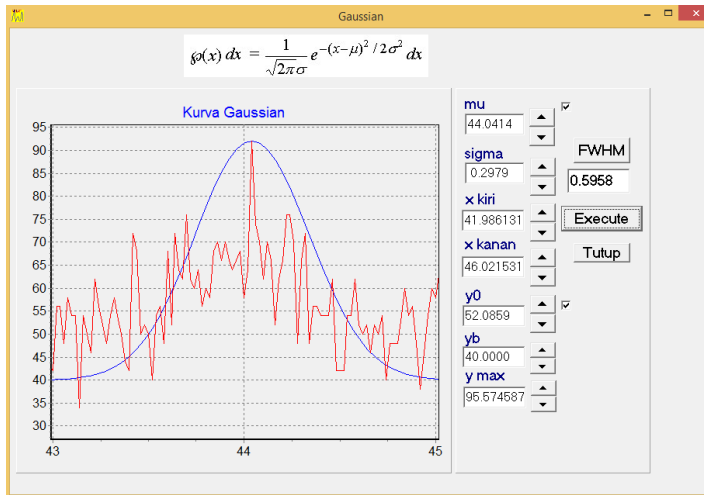
| Puncak-Puncak Difraksi | |
|------------------------|-----|
| 11.84: | 120 |
| 20.58: | 56 |
| 25.16: | 58 |
| 31.64: | 36 |
| 35.74: | 46 |
| 42.02: | 54 |
| 44.04: | 92 |
| 48.78: | 52 |
| 56.02: | 70 |
| 57.32: | 78 |
| 60.84: | 84 |
| 64: | 74 |
| 65.52: | 78 |
| 66.74: | 92 |
| 67.46: | 84 |
| 69.66: | 104 |
| 72.16: | 104 |
| 75: | 128 |
| 79.46: | 132 |

- Galvanis

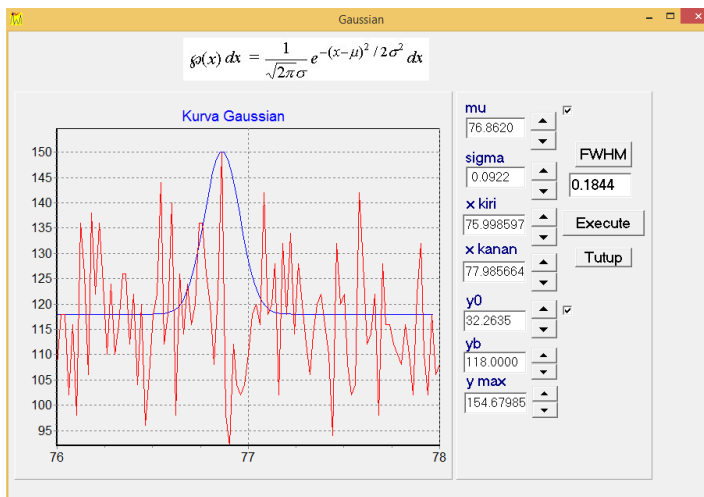
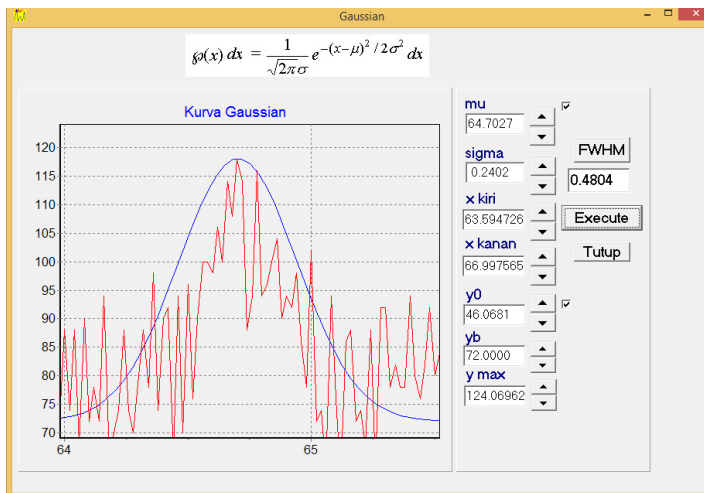
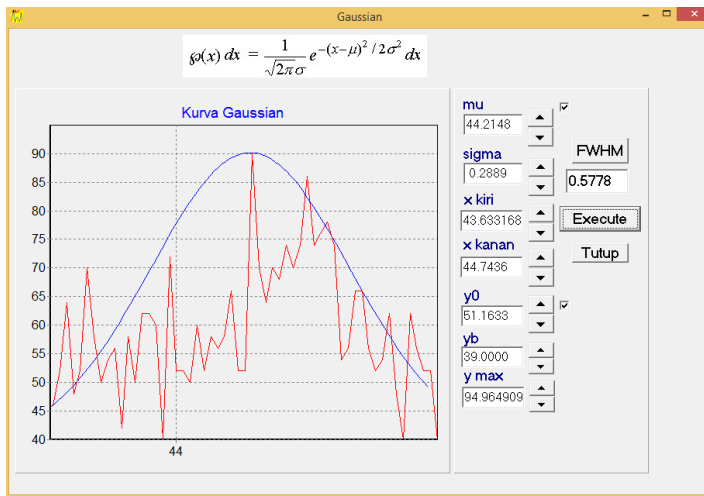
| Puncak-Puncak Difraksi | |
|------------------------|-----|
| 10.68: | 146 |
| 39.8: | 38 |
| 44.34: | 70 |
| 57.82: | 72 |
| 61.58: | 78 |
| 63.96: | 84 |
| 66.98: | 96 |
| 68.22: | 76 |
| 70.32: | 86 |
| 72.92: | 108 |
| 76.26: | 110 |
| 77.2: | 118 |
| 78.58: | 106 |
| 79.6: | 122 |

➤ **Penentuan Posisi Puncak dan FWHM**

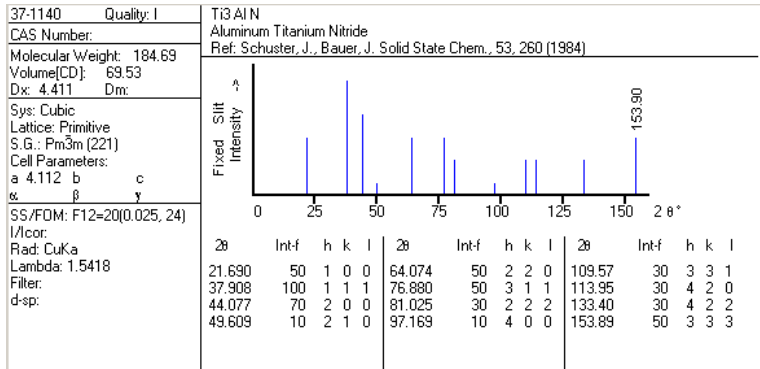
- **HSS**



- **Galvanis**



LAMPIRAN 5 : JCPDS



LAMPIRAN 6 : Perhitungan XRD

➤ Parameter Kisi

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

➤ Ukuran Butir

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

$$k = 0.94 \quad \beta = \text{FWHM}$$

$$\lambda = 1.5418 \quad \theta = \text{Sudut}$$

• HSS

| 2θ | h | k | l | $h^2 + k^2 + l^2$ | d (Å) | FWHM (deg) | a (Å) | g (nm) |
|-----------|---|---|---|-------------------|--------|------------|--------|--------|
| 44.041 | 2 | 0 | 0 | 4 | 2.0599 | 0.5958 | 4.1197 | 14.92 |
| 49.676 | 2 | 1 | 0 | 5 | 1.8326 | 0.2208 | 4.0979 | 41.60 |
| 63.899 | 2 | 2 | 0 | 8 | 1.4530 | 0.5382 | 4.1097 | 18.14 |

• Galvanis

| 2θ | h | k | l | $h^2 + k^2 + l^2$ | d (Å) | FWHM (deg) | a (Å) | g (nm) |
|-----------|---|---|---|-------------------|--------|------------|--------|--------|
| 44.215 | 2 | 0 | 0 | 4 | 2.0435 | 0.5778 | 4,0870 | 15.51 |
| 64.073 | 2 | 2 | 0 | 8 | 1.4406 | 0.4804 | 4,0746 | 20.39 |
| 76.862 | 3 | 1 | 1 | 11 | 1.2389 | 0.1844 | 4,1090 | 57.49 |

LAMPIRAN 7 : Laju Korosi

$$CR = \frac{K \times W}{A \times t \times D}$$

Dimana :

$$K = 3,45 \times 10^6$$

$$t = 6 \text{ Jam}$$

- **Tanpa Dilapisi**

| No. | Nama Substrat | Luas Sampel (cm ²) | Massa Jenis (g/cm ³) | Massa hilang (g) | Laju Korosi (mpy) |
|-----|---------------|--------------------------------|----------------------------------|------------------|-------------------|
| 1 | HSS | 0.506 | 7.85 | 0.055 | 7961.78 |
| 2 | Galvanis | 0.506 | 7.85 | 0.017 | 2460.91 |
| 3 | Kuningan | 0.506 | 8.40 | 0.009 | 1217.53 |

- **Dengan Pelapisan**

| No. | Nama Substrat | Luas Sampel (cm ²) | Massa Jenis (g/cm ³) | Massa hilang (g) | Laju Korosi (mpy) |
|-----|---------------|--------------------------------|----------------------------------|------------------|-------------------|
| 1 | HSS | 0.506 | 7.85 | 0.0300 | 4342.79 |
| 2 | Galvanis | 0.506 | 7.85 | 0.0120 | 1737.12 |
| 3 | Kuningan | 0.2266 | 8.40 | 0.0030 | 906.25 |

- **Efisiensi Lapisan**

$$\text{Efisiensi Lapisan} = \frac{\text{Laju Korosi Sebelum Dilapisi} - \text{Laju Korosi Setelah Dilapisi}}{\text{Laju Korosi Sebelum Dilapisi}} \times 100\%$$

| No. | Nama Substrat | Laju Korosi Sebelum Pelapisan (mpy) | Laju Korosi Sesudah Pelapisan (mpy) | Efisiensi Laju Korosi (%) |
|-----|---------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|
| 1 | HSS | 7961.78 | 5790.39 | 27.27 |
| 2 | Galvanis | 2460.91 | 1737.12 | 29.41 |
| 3 | Kuningan | 1217.53 | 906.25 | 25.57 |

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya yang bertanda tangan dibawah ini, Mahasiswa Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta :

Nama : Muarief
No. Registrasi : 3225111271
Jurusan : Fisika
Program Studi : Fisika

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "*Sintesis Lapisan Tipis Komposit Ni-TiAlN Menggunakan Teknik Elektrodeposisi dalam Memurunkan Laju Korosi pada Substrat High Speed Steel (HSS), Galvanis dan Kuningan*" adalah :

1. Dibuat dan diselesaikan oleh saya sendiri, berdasarkan data yang diperoleh dari hasil penelitian pada bulan Februari hingga Mei 2015.
2. Bukan merupakan duplikat skripsi yang pernah dibuat oleh orang lain atau jiplakan karya tulis orang lain dan bukan terjemahan karya tulis orang lain.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan saya bersedia menanggung segala akibat jika pernyataan saya tidak benar.

Jakarta, 22 Juli 2015



Muarief



Muarief. Dilahirkan di Jakarta pada 4 Agustus 1993. Anak ketiga dari 3 bersaudara, anak dari Bapak Fahrial dan Ibu Rosyidah. Pendidikan formal yang pernah ditempuh : SDN Sukabumi Utara 05 Jakarta lulus pada tahun 2005, SMPN 229 Jakarta lulus pada tahun 2008, SMAN 16 Jakarta lulus pada tahun 2011, Universitas Negeri Jakarta lulus pada tahun 2015.

Selama menjadi mahasiswa Fisika aktif berorganisasi di BEMJ Fisika sebagai Ka. Dept. Kaderisasi pada tahun 2013 dan BEMF MIPA sebagai staff Dept. Sains dan Pendidikan pada tahun 2014. Aktif publikasi jurnal di Seminar Nasional Fisika UNJ tahun 2015. Penulis pernah menjadi Asisten Laboratorium pada mata kuliah Fisika Dasar I Semester 099, Fisika Dasar I Semester 100, Fisika Modern Semester 101.