

Studi Hasil Coating Ni-Al-Fe dari Kombinasi Nickel Electroplating dan Hot Dipping (Galvanizing) pada AISI 1020

Dikky Antonius^{a,*}, Melya Sebayang^b

^{a,b}Universitas Kristen Indonesia, Fakultas Teknik Mesin

Abstract

Usually, coating formed to obtain a protective layer which would prevent the base material contacting the air. However, currently many coating formed not only to protect the base material, but to enhance the characterization. Nickel electroplating followed by galvanizing using molten aluminum held in this experiment to obtain the Ni-Al phase to enhance the mechanical behavior of the samples. Sample was dipped into the electrolyte consist of NiSO_4 , NiCl_2 , and H_3BO_3 with concentration 250gr/l, 50gr/l, and 30gr/l respectively. All of them was electroplated in 20 minutes. Galvanizing with molten aluminum at 700°C was with varied in 10s, 20s and 30seconds process. The coating clearly shows 5 segment layer above the base metal: Nickel Layer, 2 layer of NiAl_3 , Ni-Al layer and Aluminum layer. The longer experiment sustained, the thinner nickel coating found. However, the Ni-Al phase which contributed to 1st, 2nd and 3rd layer does not make any difference thickness. Moreover, there are many worm-structure Ni-Al found in the aluminum coating, showing that nickel was likely diffused in to the aluminum instead of the ferrous.

Keywords : Ni-Al Phasre; Galvanizing; Electroplating.

1. Pendahuluan

Proses pelapisan/coating biasa digunakan pada urutan akhir proses produksi atau manufaktur. Proses ini mempunyai tujuan utama melindungi logam induk (*base material*) dari kontak terhadap udara yang dapat membuat material tersebut menjadi korosi. Namun belakangan, proses pelapisan mempunyai banyak fungsi tambahan, diantaranya menambah estetika dari material, atau bahkan meningkatkan sifat-sifat dari material tersebut.

Dengan demikian, beberapa waktu ini proses pelapisan sering dilakukan sebagai usaha memodifikasi material untuk menambah atau meningkatkan karakteristik dari material-material tersebut sehingga material tersebut dapat digunakan pada aplikasi-aplikasi pada lingkungan ekstrim seperti pesawat terbang, turbin, boiler, pesawat ruang angkasa, dsb.

Akhir-akhir ini, usaha mendapatkan struktur Ni-Al (Nikel alumina) yang merupakan bahan superkonduktor dilakukan dengan proses kombinasi antara elektroplating nikel diikuti dengan galvanisasi dengan menggunakan aluminium

Semula proses ini dirancang hanya sebagai pengembangan dari metode galvanisasi aluminium. Diketahui bahwa banyak penelitian menyatakan struktur Fe_3Al dan FeAl_3 yang bersifat sangat getas dan rapuh terbentuk saat mencelupkan langsung besi ke dalam aluminium cair dengan kontak langsung. Penambahan kandungan silikon pada aluminium, hanya membuat perubahan yang kecil pada struktur yang terbentuk. Ditambah lagi, struktur tersebut membentuk sebuah gerigi, yang sangat bersifat merugikan terhadap logam induknya.

Oleh karena itu, disebutkan proses elektroplating dengan nikel menjadi proses awal yang ditujukan untuk membuat sebuah lapisan penghadang, yang membuat kontak antara besi dan aluminium tidak terjadi secara langsung. Nikel

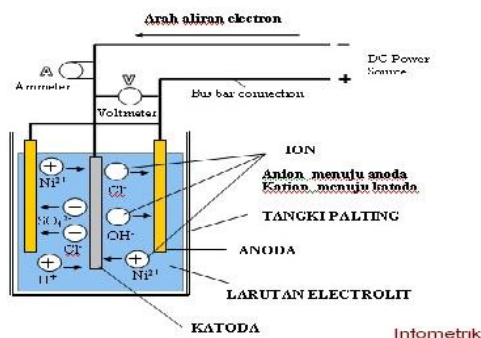
akan terdifusi kedalam aluminium, dan membentuk lapisan nikel-alumina fase. Lapisan inilah yang akan menghalangi kontak antara aluminium dan besi.

Beberapa penelitian telah menunjukkan dengan jelas struktur apa saja yang terjadi pada proses ini. Hanya saja, penelitian-penelitian tentang fase nikel-alumina ini masih tergolong sangat sedikit, dan gagal menyebutkan struktur yang terbentuk pada tiap lapisannya. Oleh karena itu penulis hendak membuat studi fase nikel-alumina fase yang terjadi pada proses kombinasi tersebut.

2. Kerangka Teori

2.1. Elektroplating

Elektroplating adalah proses pelapisan yang dilakukan dengan mengalirkan arus listrik kepada benda kerja yang ditempatkan pada katoda, sedang anoda berupa logam pelapis. Anoda dan katoda tersebut dicelupkan ke dalam larutan elektrolit yang biasanya terdiri dari beberapa bahan kimia dengan konsentrasi tertentu. Tujuan dari larutan ini tidak lain adalah untuk memudahkan aliran ion dari anoda menuju permukaan benda kerja yang berada pada katoda. Skema sederhana biasa ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Skema Sederhana Elektroplating

Ada beberapa variabel penting yang harus diperhatikan dalam proses Elektroplating, diantaranya adalah kuat arus, temperatur operasi, konsentrasi larutan, pH, dst. Menurut Faraday, tebal coating dapat dihubungkan dengan kuat arus (I) dan waktu (t) dapat dihubungkan dengan rumus (1):

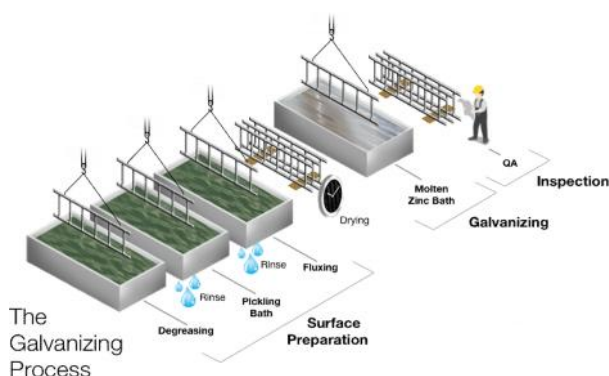
$$T = \eta ItB / ZFA\rho \quad (1)$$

Dimana:

- T = Tebal coating (mm)
- ρ = massa jenis (gr/mm³)
- η = efisiensi anoda
- I = Kuat Ampere (A)
- t = waktu (s)
- B = Berat atom logam pelapis (gr)
- Z = valensi logam pelapis
- F = Bilangan Faraday 96500 Coloumb
- A = Luas penampang (mm²) sisi gambar dan tabel

2.2. Galvanisasi

Proses Galvanisasi adalah proses pelapisan logam dengan mencelupkan benda kerja (sampel) ke dalam logam pelindung yang sudah dicairkan. Proses dilakukan pada lingkungan terbuka dan pada temperatur titik didih logam pelindung. Skema sederhana ditunjukkan pada gambar 2.



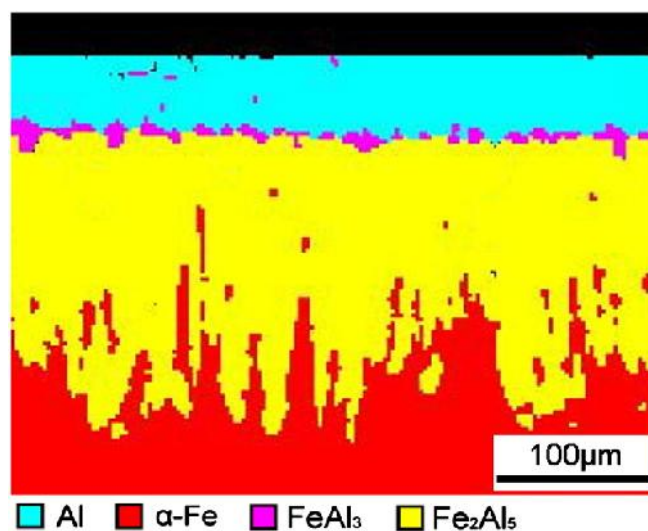
Gambar 2. Skema sederhana galvanisasi.

Terdapat 3 proses pendahuluan yang digunakan untuk membersihkan sampel yaitu degreasing, pickling, dan fluxing. 3 proses ini ditujukan untuk membersihkan dan meratakan benda kerja dari kotoran, kerak atau lemak yang menghalangi kontak sempurna antara logam cair dengan benda kerja.

2.3. Pustaka Rujukan

Parameter-parameter elektroplating telah diungkapkan pada penelitian-penelitian terdahulu. Terdapat pengaruh ketebalan yang cukup berarti saat parameter-parameter tersebut diubah. Parameter-parameter tersebut diantaranya adalah kuat arus (Barka, 2012) (Sugiarta, et al., 2012), pH dan konsentrasi larutan (Andinata, et al., 2012) (Afriyani, et al., 2012), waktu pelapisan (Suarsana, 2012), suhu (Basmal, et al., 2012) (Santosa, et al., 2007), serta jarak anoda-katoda. Penulis berusaha memanfaatkan penelitian-penelitian ini agar bisa menjadikannya parameter yang tepat untuk membentuk ketebalan lapisan nikel yang cukup besar.

Dilain sisi, penelitian tentang pencelupan besi ke dalam cairan aluminium telah banyak dilakukan. (Chang, et al., 2010) (Chang, et al., 2008) (Chang, et al., 2008), begitu juga dengan usaha memodifikasi silikon pada kandungan aluminium yang dicairkan. (Chang, et al., 2008) (Cheng, et al., 2011) (Cheng, et al., 2012) (Cheng, et al., 2011). Semua penelitian ini menunjukkan terbentuknya FeAl₃ dan Fe₂Al₅ yang terjadi karena difusi aluminium terhadap besi yang tidak seragam sehingga membentuk struktur yang sangat merugikan bagi logam induk (base metal).



Gambar 3. Struktur hasil galvanisasi besi terhadap aluminium cair (2009)

Oleh karena itu memberikan lapisan penghalang sebagai penghambat interaksi antara aluminium dan besi, penulis berencana memberikan proses elektroplating nikel yang sekaligus berfungsi memberikan lapisan baru seperti NiAl₃ atau Ni₃Al dan NiAl yang meningkatkan karakteristik dari logam induk (base metal).

3. Metodologi

Sampel yang digunakan dalam proses ini adalah logam besi jenis AISI 1040 dengan jari-jari 50mm dan ketebalan 10mm. Sampel dilubangi pada bagian tepi, untuk dimasukan ke dalam gagang elektroda pada alat elektroplating.

Sampel dipersiapkan dengan mengamplasan dari mulai 80, 120, 240, 360, 400, 600, 800, 1000 dan 2000 grit. Kemudian sampel dipoles menggunakan mesin poles

dengan Al_2O_3 sebagai cairan polesnya. Setelah dipoles sampel kemudian dicuci menggunakan alkohol 90% dan Aseton.

Nikel Elektroplating

Elektrolit yang digunakan adalah natrium sulfat (Ni_2SO_4), natrium klorida (NiCl_2) dan barium karbonat (H_3BO_4) dengan konsentrasi masing-masingnya 250gr/l, 50gr/l, dan 30gr/l. Larutan diaduk dengan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 400rpm dan pemanasan hingga 50°C .

Sampel kemudian dimasukan/ditempelkan pada katoda, dan anoda yang digunakan adalah platinum dengan jarak antara anoda dan katoda 15cm. Proses dilakukan selama 20 menit tiap sampelnya, setelah itu kemudian dicuci kembali menggunakan alkohol 90% dan aseton dan dikeringkan menggunakan *dryer machine*.

Galvanisasi

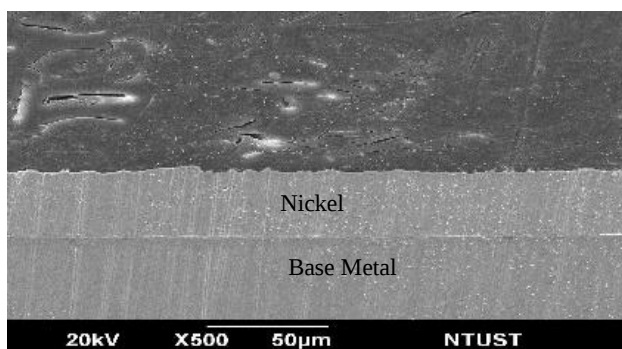
Sampel yang telah dikeringkan segera ditempelkan kepada mesin pengikat mini dan diturunkan secara perlahan dengan kecepatan yang konstan.

Aluminium 3036 yang sudah dipotong-potong menjadi kecil-kecil dimasukan dalam krusibel yang sudah disiapkan. Krusibel tersebut dikelilingi dengan kawat pemanas yang disambungkan kepada pencatu daya yang dapat mengatur temperatur pemanasannya. Temperatur diatur pada 700°C hingga aluminium meleleh secara keseluruhan. Pemanasan dilakukan secara terbuka.

Proses pencelupan dilakukan selama waktu yang bervariasi yaitu 10, 20 dan 30 detik. Kemudian dinaikan/ditarik kembali menggunakan kecepatan yang konstan.

Sampel yang sudah selesai kemudian diinvestigasi menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM) dan menggunakan EDS.

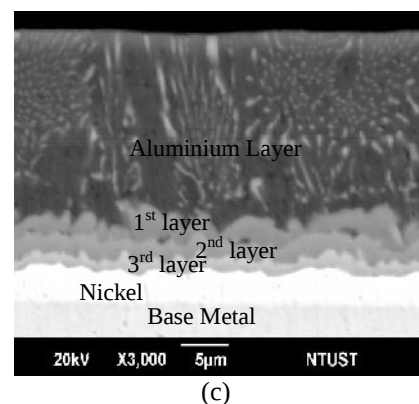
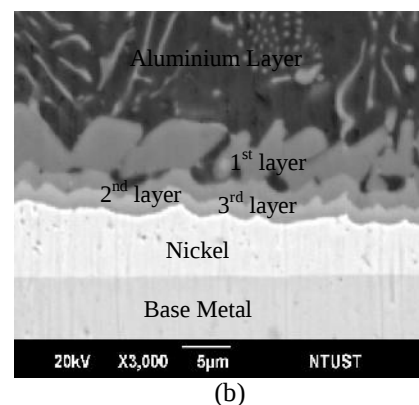
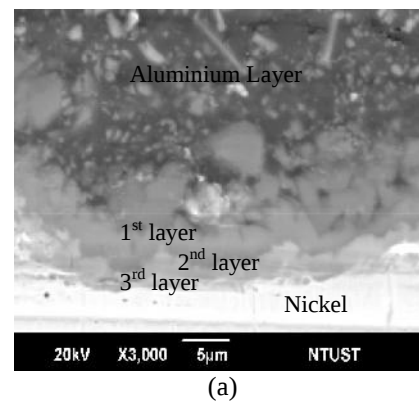
4. Hasil dan Pembahasan



Gambar 4. Struktur sampel setelah proses elektroplating dengan nikel

Gambar 4 menunjukkan gambar rata-rata yang dihasilkan oleh proses elektroplating nikel, diambil dari SEM (Scanning Electron Microscope) dengan perbesaran 500x. Dengan pengukuran SEM didapati hasil rata-rata ketebalan dari nikel berkisar pada $40\mu\text{m}$. Dengan kondisi interphase yang sangat baik seperti terlihat pada gambar. Walau

demikian, kekasaran permukaan pada lapisan nampak jelas walau hanya dengan pengamatan visual.



Gambar 5. Hasil Scanning Electron Microscope (SEM) pada pelapisan nikel elektroplating dikombinasi dengan galvanisasi dengan aluminium pada (a) 10 detik (b) 20 detik (c) 30 detik.

Perbesaran yang diambil dari Scanning Electron Microscope (SEM) untuk proses galvanisasi aluminium untuk lama proses 10 detik, 20 detik dan 30 detik ditunjukkan pada gambar 5. Dari Gambar tersebut diperlihatkan bahwa proses 10 detik tidak cukup untuk membuat nikel yang ada (sekitar $40\mu\text{m}$) bereaksi dengan logam lainnya. Ini dibuktikan dengan lapisan base metal yang tidak Nampak pada hasil SEM walau dengan skala yang sama dengan 2 hasil lainnya. Ditambah lagi, lapisan yang terbentuk diatas lapisan nikel pada proses 10 detik mempunyai bentuk awan, yang menyatakan bahwa nikel

baru saja sedang dalam proses terdifusi pada lapisan aluminium

Gambar (b) dan (c) menyatakan dengan jelas bahwa lapisan nikel mulai terdegradasi dan berdifusi ke dalam lapisan aluminium. Lapisan nikel berkurang seiring waktu proses galvanisasi bertambah. Namun, lapisan nikel-alumina yang terbentuk pada proses 20 detik dan 30 detik mempunyai ketebalan yang tidak jauh berbeda ditunjukkan pada hasil pengukuran lewat SEM pada tabel 1. Ini menandakan, bahwa nikel terdifusi dengan kecepatan yang sama walau sudah terbentuk pada fasa nikel-alumina.

Hasil lengkap pengukuran ketebalan tiap lapisan pada interphase yang terdiri dari 3 layer pada proses 10, 20 dan 30 detik dapat dilihat pada tabel 1.

Namun ketiga gambar diatas jelas menunjukkan bahwa proses ini, tidak membuat aluminium dan *base metal* (besi) berkontak dan membentuk ikatan. Ini dibuktikan dengan interphase antara nikel dan besi yang masih sangat baik keadaannya.

Tabel 1. Hasil pengukuran dengan SEM ketebalan tiap lapisan sampel pada proses nikel elektroplating dikombinasi dengan galvanisasi pada 10,20 dan 30 detik.

Dipping time	Layer
10 seconds	• 46-66μm total coating: • Al coated layer: 10-30μm • 1st layer: 4.1μm • 2nd layer: 1μm • 3rd Layer: 1.3μm • Ni-layer : 30 μm
20 seconds	• 41-44μm total coating: • Al coated layer: 30-33μm • 1st layer: 4μm • 2nd layer: 1.2μm • 3rd Layer: 1.07μm • Ni-layer : 5 μm
30 seconds	• 24μm total coating: • Al coated layer: 15.6μm • 1st layer: 3μm • 2nd layer: 1.6μm • 3rd Layer: 1.07μm • Ni-layer : 2.6 μm

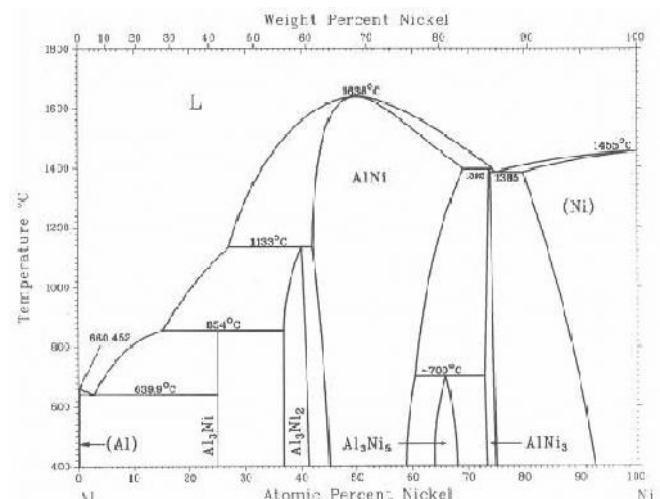
Tabel 2. Hasil EDS yang diambil untuk tiap lapisan pada proses 10,20, dan 30 detik

Proses	Interphase	Al	Fe	Cr	Ni
10 Second	Interphase 1	63,45%	0.20%	6,62%	29,72%
	Interphase 2	52,89%	0.22%	2,29%	44,59%
	Interphase 3	33,27%	0,41%	2,22%	64,10%
20 Second	Interphase 1	63,36%	0.24%	6,27%	30,12%

	Interphase 2	53,20%	0.21%	0,97%	45,79%
	Interphase 3	39,06%	0,29%	1,1%	59,55%
30 Second	Interphase 1	64,29%	0.17%	7,24%	28,3%
	Interphase 2	52,30%	0.12%	2,06%	45,53%
	Interphase 3	38,48%	0,35%	2,63%	58,54%

Hasil EDS untuk setiap interphase pada sampel yang telah digalvansiasi untuk 10, 20 dan 30 detik diperlihatkan pada tabel 2. Elemen yang menjadi penyusun disaring hingga 4 bagian saja: Al, Ni, Fe, dan Cr. Interfase 1, 2 dan 3 menyatakan lapisan yang berada antara lapisan aluminium dan lapisan nikel, dimulai dari yang paling dekat dengan aluminium hingga yang paling dekat dengan nikel.

Pada tabel ini diperlihatkan bahwa kandungan aluminium mulai berkurang ketika mendekati interphase 3. Sedangkan kandungan nikel berkurang ketika bergerak mendekati interphase 1. Dengan melihat persentase nikel dan aluminium yang terdapat diatas, maka dapat diduga, bahwa fase yang terbentuk adalah fase NiAl_3 pada interphase 1 dan 2, dan NiAl pada interphase 3.



Gambar 6. Diagram Fase Ni-Al menurut berat dan atomik

Hal ini memperkuat pernyataan sebelumnya, bahwa fase yang terbentuk pada proses 10 detik, 20 detik dan 30 detik tidak mengalami perubahan yang berarti dikarenakan kecepatan difusi nikel terhadap aluminium yang sama.

Sementara diperlihatkan juga bahwa kandungan besi stabil antara 2 sampai dengan 7 %, membuktikan bahwa nikel berhasil menjadi lapisan pelindung, atau penghambat kontak langsung antara aluminium dengan besi.

5. Kesimpulan

Lapisan nikel jelas berperan sebagai lapisan penghalang bagi besi untuk berkontak secara langsung dengan aluminium.

Lapisan yang terbentuk dengan kombinasi antara elektroplating nikel dengan galvanisasi aluminium terbentuk menjadi 5 bagian: lapisan aluminium pada bagian paling

atas, 3 lapisan nikel alumina pada bagian tengah, dan 1 lapisan nikel pada bagian bawah sebelum akhirnya menyentuh logam induk (besi), base metal.

Lapisan yang terbentuk adalah NiAl_3 dan NiAl dari mulai lapisan terdekat kepada aluminium hingga yang mendekati logam induk (besi), dengan ketebalan lapisan yang sama di proses-proses waktu yang berbeda.

Lapisan nikel terdifusi secara tersebar (disperse) pada bagian aluminium membentuk lapisan-lapisan seperti cacing (worm-shape) yang tersebar pada lapisan aluminium atas.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Dikti yang telah memberikan dana dan hibah terhadap penelitian Universitas Kristen Indonesia ini.

Juga kepada STTR Cepu yang telah menyediakan tempat publikasi bagi penelitian yang telah dilakukan ini

Dan juga kepada LPPM UKI serta badan-badan atau institusi-institusi lainnya yang berperan langsung maupun tidak langsung dalam penelitian dan pembuatan paper ini.

Daftar Pustaka

Artikel Jurnal

- Adamiec, J., 2007. Ni_3Al alloy's properties related to high-temperature brittleness. *Archives of Material Science and Engineering*, 6(International Scientific Journal), pp. 333-336.
- Afriyani, R., Kusmono & R. Soekrisno, 2012. *Pengaruh Konsentrasi Larutan dan waktu pelapisan nikel pada aluminium terhadap kekerasan*. Yogyakarta, s.n.
- Andinata, F. et al., 2012. Pengaruh pH Larutan Elektrolit terhadap Tebal Lapisan Elektroplating nikel pada Baja ST 37. *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA)*, 2(no.2), pp. 48 - 52.
- Anon., 2009. Growth of Intermetallic layer in aluminide mild steel during hot-dipping. *Surface & Coating Technology*, 02 October, Volume 5, pp. 824 - 828.
- Anwar, S., 2008. Variabel Tegangan Terhadap Hasil Electroplating pada alat penyepuhan Logam. *Poli Rekayasa*, Volume 4, pp. 42 - 49.
- Barka, E., 2012. *Slideshare*. [Online]
Available at: <https://www.slideshare.net/matiheadgx3/persentation-baja-carbon-aisi-1020>
[Accessed 24 April 2018].
- Basmal, Bayuseno & Nugroho, S., 2012. Pengaruh suhu dan waktu pelapisan Tembaga-nikel pada Baja Karbon Rendah secara Elektroplating terhadap nilai ketebalan dan kekerasan. *Rotasi*, 14(2), pp. 23-28.
- Chang, W.-J. & Wang, C.-J., 2008. Observation of high-temperature phase transformation in aluminide Cr-Mo Steel using EBSD. *Surface & Coating Technology*, 203(Elsevier), pp. 401-406.
- Chang, W.-J. & Wang, C.-J., 2010. EBSD Characterization of high-temperatures phase transformations in an Al-Si coating on Cr-Mo Steel. *Material Characterization*, 64(Elsevier), pp. 15-20.
- Chang, Y.-Y., Cheng, W.-J. & Wang, C.-J., 2008. Growth and Surface Morphology of hot-dip Al-Si on 9Cr-1Mo steel. *Material Characterization*, 60(Elsevier), pp. 144 - 149.
- Cheng, W.-J. & Wang, C.-J., 2011. Effect of silicon on the formation of intermetallic phases in aluminide coating on mild steel. *Intermetallics*, 19(Science Direct), pp. 1455-1460.
- Cheng, W.-J. & Wang, C.-J., 2011. Study of microstructure and phase evolution of hot-dipped aluminide mild steel during high-temperature diffusion using electron backscatter diffraction. *Applied Surface Science*, Volume 257, pp. 4663-4668.
- Cheng, W.-J. & Wang, C.-J., 2012. Characterization of intermetallic layer formation in aluminide/nickel duplex coating on mild steel. *Materials Characterization*, 69(Science Direct), pp. 63-70.
- Georgeata, C. & Angel, A., 2006. Critical Analysis of Al-Ni Phase Diagrams. *Metalurgia International*, Volume 11, pp. 36-45.
- Kobayashi, S. & Yakou, T., 2002. Control of intermetallic compound layers at interface between steel and aluminum by diffusion-treatment. *Material Science and Engineering*, Volume 338, pp. 44-53.

- Miracle, D. B. & Darolia, R., 2000. NiAl and Its Alloys. In: *Structural Applications of Intermetallic Compounds*. s.l.: John Wiley & Sons Ltd, pp. 55 - 74.
- Santosa, B. & Syansa, M., 2007. Pengaruh Parameter proses pelapisan nikel terhadap ketebalan lapisan. *Jurnal Teknik Mesin*, 9(1), pp. 25-30.
- Serra, E., Glasbrenner, H. & Perujo, A., 1998. Hot-dip aluminium deposit as a permeation barrier for MANET Steel. *Fusion Engineering and Design*, Volume 41, pp. 149-155.
- Suarsana, I. K., 2012. Pengaruh waktu pelapisan nikel pada tembaga dalam khrom dekoratif terhadap tingkat kecerahan dan ketebalan lapisan. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CAKRAM*, 2(No.1), pp. 48-60.
- Sugiarta, Bayuseno, A. & Nugroho, S., 2012. Pengaruh konsentrasi Larutan dan kuat arus terhadap ketebalan pada proses pelapisan nikel untuk baja karbon rendah. *Rotasi*, 14(4), pp. 23-27.
- Wang, C.-J. & Chen, S.-M., 2006. The high-temperature oxidation behavior of hot-dipping Al-Si coating on low carbon steel. *Surface & Coating Technology*, Volume 200, pp. 6601-6605.

Internet:

- Gautama, P., 2009. *Infometrik.com*. [Online]
Available at: <http://www.infometrik.com/2009/08/pelapisan-logam-bagian-1/>
[Accessed 25 4 2018].