

ELEKTROPLATING Ni/Cu PADA BAJA KARBON

ELECTROPLATING Ni/Cu ON CARBON STEEL

¹⁾Tri Widodo Besar Riyadi

¹⁾Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura Surakarta, Jawa Tengah 57102, Indonesia

*Email: Tri.Riyadi@ums.ac.id

ABSTRAK

Nikel-tembaga (Ni/Cu) merupakan kandidat bahan lapisan logam yang potensial untuk aplikasi di bidang pipa penukar panas, bejana tekan, instalasi kapal laut, pelindung oksidasi barang elektronik, dan bahan komponen magnet karena mempunyai sifat yang tahan korosi, sifat magnetik yang unik, kekuatan tarik dan keuletan yang cukup tinggi. Pelapisan logam dengan teknik elektroplating cukup menarik karena proses yang murah dan sederhana. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tegangan listrik pada pelapisan Ni/Cu terhadap ketebalan lapisan, kekerasan, dan ketahanan aus permukaan produk. Penelitian dilakukan dengan menggunakan baja karbon ST-40 sebagai logam induk, larutan nikel dan larutan Cu. Proses elektroplating Ni dilakukan dengan tegangan konstan 2.3 volt dan waktu celup konstan 30 menit. Proses elektroplating Cu dilakukan dengan variasi tegangan 1.3, 1.8, 2.3, 2.8, dan 3.3 Volt dengan waktu celup konstan 30 menit. Karakterisasi ketebalan lapisan dilakukan dengan optical microscope, pengujian kekerasan dilakukan dengan alat mikro Vickers, dan pengujian keausan menggunakan alat uji keausan type ogoshi testing machine. Hasil pengukuran permukaan menunjukkan bahwa dengan kenaikan tegangan listrik dari 1.3 Volt sampai 3.3 Volt menyebabkan kenaikan ketebalan lapisan Cu dari 28.7 μm sampai 36.4 μm , kenaikan kekerasan lapisan Cu dari 125.13 HV sampai 137.03 HV, kenaikan penurunan dari $7.62 \times 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{kg}$ sampai $2.26 \times 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{kg}$.

Kata Kunci: Elektroplating, lapisan Ni/Cu, ketebalan, kekerasan, keausan.

PENDAHULUAN

Lapisan tembaga mempunyai potensi tinggi untuk digunakan sebagai material coating untuk berbagai industri seperti industri barang elektronik, instalasi minyak dan gas, industri otomotif, industri manufaktur dan industri dirgantara karena mempunyai sifat yang ketahanan korosi, koefisien gesek dan konduktor listrik yang baik. Namun demikian logam tembaga mempunyai sifat mekanik khususnya nilai kekerasan yang rendah. Untuk meningkatkan sifat mekanik tersebut, beberapa penelitian telah mencoba dengan menggunakan lapisan interlayer seperti nikel sehingga membentuk dua lapis logam Ni/Cu seperti dilakukan oleh Ch. Bonhote and D. Landolt. (1996), Mursel Alper dkk. (2008), dan Riyadi TWB et al. (2018). Ghosh S.K. (2007) melakukan penelitian elektroplating multilayer pelapis Ni/Cu dengan ketebalan sublayer Ni bervariasi mulai dari 1.8, 4.5, 7.2, dan 11 nm, dan menjaga ketebalan sublayer Cu agar tetap sama pada ketebalan 1.97 nm. Peneliti lain melakukan pembuatan lapisan Ni dan Cu dan menemukan bahwa teknik ini dapat meningkatkan kekuatan, kekerasan, dan ketahanan terhadap korosi dilakukan oleh S.S Jikan (2013). Beberapa teknik pelapisan dapat digunakan untuk menghasilkan *coating* multi lapis. Meskipun demikian, proses elektroplating merupakan satu teknik pelapisan logam yang lebih sederhana, fleksibel dan murah jika dibandingkan dengan proses vakum seperti sputtering (Riyadi, 2017 & 2015). Produksi lapisan ganda melalui teknik elektroplating cukup menarik perhatian sebagian peneliti karena dapat digunakan untuk menghasilkan bahan yang terstruktur.

Elektroplating merupakan proses pelapisan logam dengan logam lain dalam suatu larutan elektrolit yang dialiri oleh arus listrik searah. Dalam proses elektroplating terjadi reaksi reduksi dan oksidasi dengan menggunakan prinsip sel elektrolisa, yang mengubah energi listrik menjadi energi kimia. Pada proses elektroplating, benda yang akan dilapisi berfungsi sebagai katoda dan benda pelapis menjadi anoda. Kedua elektroda dicelupkan dalam larutan elektrolit dengan konsentrasi tertentu, tingkat keasaman tertentu, dan suhu tertentu. Ketika arus listrik dialirkan ke dalam larutan maka ion-ion pada anoda akan terurai ke dalam larutan dan kemudian tertarik melapisi permukaan katoda. Banyaknya ion yang diuraikan tergantung dari beberapa faktor antara lain adalah besarnya arus yang dialirkan. Semakin besar arus yang dialirkan maka akan semakin banyak ion yang diuraikan dan menjadi pelapis katoda. Hukum Faraday menyatakan jumlah logam yang dibebaskan ke dalam larutan tersebut berbanding lurus dengan jumlah arus listrik yang mengalir, dan berat ekuivalen logam. Perhitungan massa logam yang menempel sesuai Hukum Faraday dinyatakan pada persamaan (1), dengan penjelasan pada persamaan (2) dan (3).

$$m = \frac{e.it}{96500} \quad (1)$$

Dimana:

- m = Massa logam yang dihasilkan (gram)
- t = Waktu (detik)
- e = Berat ekuivalen (gram)
- i = Kuat arus (A)

Luas permukaan dari specimen dihitung dengan rumus:

$$As = \pi.r^2 \quad (2)$$

Dimana:

- As = Luas permukaan sampel (cm²)
- π = 3.14
- r = Jari-jari lingkaran (cm)

Tebal lapisan dihitung dengan rumus.

$$W_{teoritis} = As \times Tebal_{teoritis} \times \delta \quad (3)$$

Dimana:

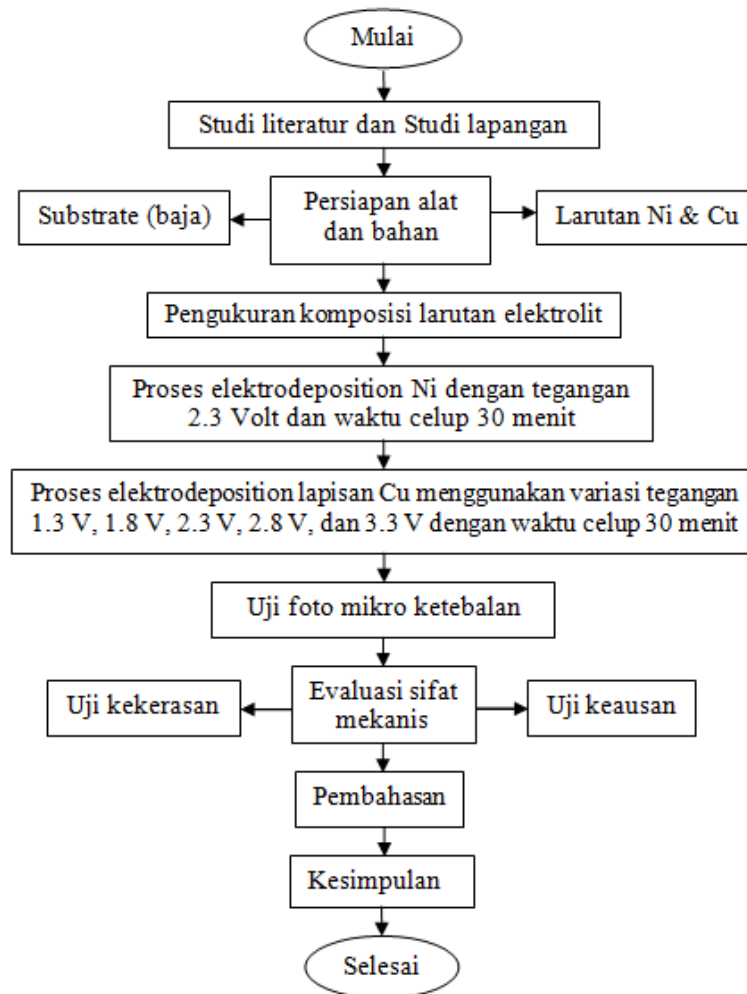
- $W_{teoritis}$ = Massa zat yang dihasilkan (μ m)
- As = Luas Permukaan (cm²)
- $Tebal_{teoritis}$ = Ketebalan yang dihasilkan (μ m)
- δ = Masa jenis

Berdasarkan tinjauan literatur dan peta jalan penelitian di bidang lapisan Ni/Cu dan elektroplating, maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk meneliti pengaruh tegangan listrik pada proses elektroplating Ni/Cu terhadap ketebalan, kekerasan dan ketahanan korosi produk lapisan tembaga.

METODE

Langkah-langkah yang diambil pada penelitian ini dijelaskan pada Gambar 1. Setelah melakukan studi literatur dan kunjungan ke industri elektroplating maka selanjutnya mempersiapkan substrat dari baja karbon rendah ST-40, dan larutan elektrolit nikel sulfat dan tembaga sulfat. Proses elektroplating pada baja karbon dengan lapisan pertama dari logam nikel menggunakan tagangan 2.5 Volt dan waktu celup 30 menit. Selanjutnya, pelapisan tembaga dilakukan dengan menggunakan variasi tegangan sebesar 1.3 V, 1.8 V, 2.3 V, 2.8 V, dan 3.3 V, dengan waktu celup 30 menit. Pengujian foto mikro untuk mengukur ketebalan menggunakan mikroskop optic dengan standard

ASTM E3-01 yang didukung dengan aplikasi optiLab. Pengujian kekerasan dilakukan dengan standard ASTM E384, dan pengujian keausan dengan mesin Ogoshi dengan standard ASTM G99.

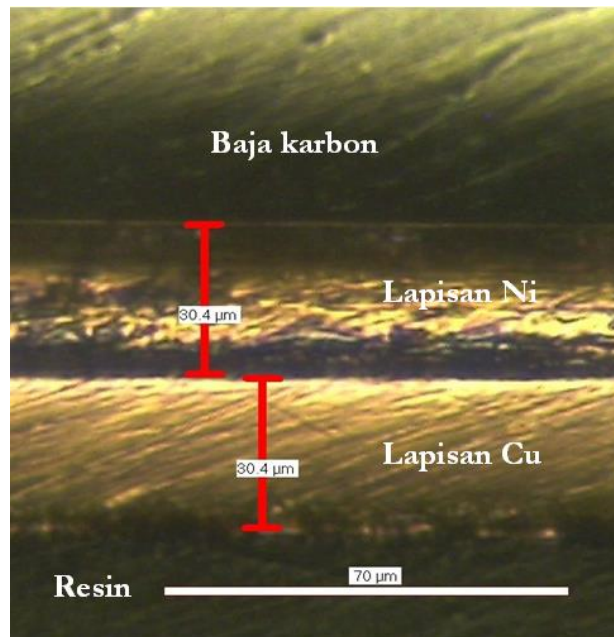


Gambar 1. Diagram alir penelitian

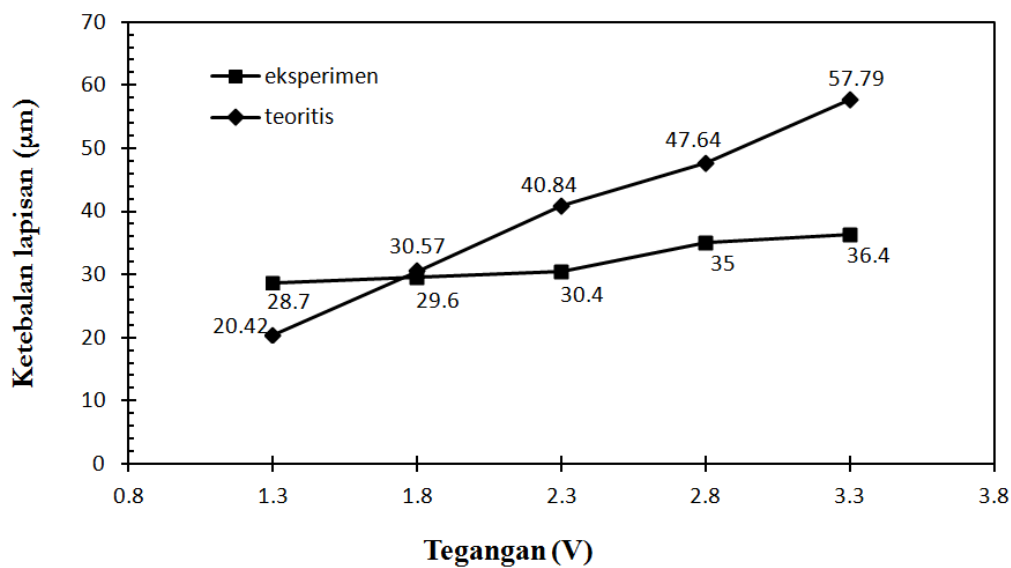
HASIL DAN PEMBAHASAN

Ketebalan lapisan

Gambar 2 menunjukkan foto ketebalan lapisan Ni dan Cu pada logam induk baja karbon untuk sampel dengan tegangan 1.8 V. Lapisan nikel merupakan lapisan pertama sedangkan lapisan tembaga merupakan lapisan kedua. Ketebalan lapisan tembaga pada proses elektroplating untuk variasi tegangan 1.3 V, 1.8 V, 2.3 V, 2.8 V, dan 3.3 V ditunjukkan pada Gambar 2, yang juga menunjukkan perbandingan hasil perhitungan ketebalan secara teori berdasarkan Hukum Faraday. Hasil eksperimen dan perhitungan teori menunjukkan bahwa ketebalan lapisan tembaga akan naik. Tetapi kenaikan ketebalan hasil pengukuran menunjukkan kenaikan yang lebih kecil dibandingkan dengan hasil teori. Hal ini dapat diterima karena faktor-faktor yang mempengaruhi proses elektroplating seperti arus yang berubah-ubah dengan sendirinya selama proses, dan suhu cairan yang semakin lama semakin panas sehingga menyebabkan konsentrasi ion yang menempel semakin sedikit.



Gambar 2. Foto mikro lapisan Ni/Cu dengan variasi tegangan 1.8 Volt

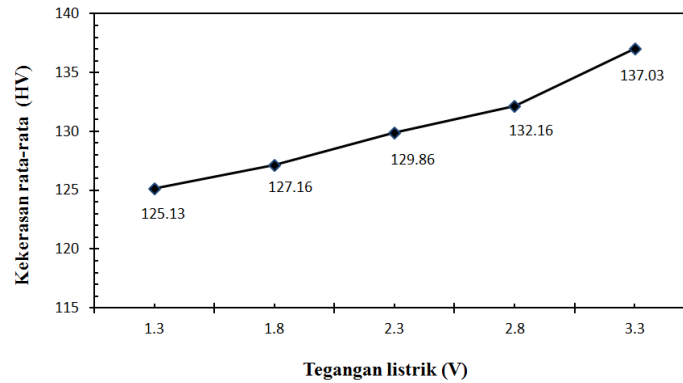


Gambar 3. Ketebalan lapisan tembaga secara teori dan eksperimen

Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan pada lapisan permukaan Cu. Pengukuran diambil pada 3 titik yang berbeda pada tiap satu sampel dan dihitung rata-ratanya. Gaya tekan yang digunakan sebesar 50 gf dengan waktu tekan sebesar 10 sekon. Gambar 4 menunjukkan hasil pengujian kekerasan terhadap sampel yang menggunakan tegangan 1.3 V, 1.8 V, 2.3 V, 2.8 V, dan 3.3 V. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa semakin besar tegangan listrik akan semakin tinggi pula tingkat kekerasan lapisan Cu. Kekerasan tertinggi diperoleh pada voltase sebesar 3.3 Volt dengan nilai kekerasan 137.03 HV. Kenaikan kekerasan ini berhubungan langsung dengan kenaikan tegangan yang menjadikan konsentrasi ion yang menempel semakin padat dan rapat. Meskipun terjadi kenaikan kekerasan

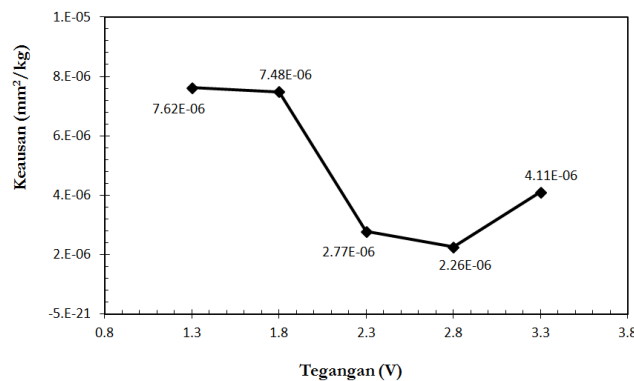
tembaga, nilainya masih lebih rendah dibanding kekerasan baja karbon tanpa dilapisi yaitu 152.5 HV, atau lapisan nikel yang diperoleh dengan voltase 2.3 Volt dengan kekerasan 243.7 HV.



Gambar 4. Kekerasan lapisan Cu

Keausan

Pengujian aus dilakukan pada sampel uji dengan variasi tegangan listrik 1.3 V, 1.8 V, 2.3 V, 2.8 V, dan 3.3 V pada permukaan lapisan Cu. Alat yang digunakan adalah mesin uji aus *type Ogoshi high speed universal wear testing machine*, dengan menggunakan gear rasio ukuran 70/40, dengan beban sebesar 19.08 kg, tebal piringan pengaus sebesar 3 mm dan waktu tahan penyayatan sebesar 30 sekon. Gambar 5 menunjukkan hasil pengujian keausan pada sampel dengan variasi tegangan. Hasil pengujian aus menunjukkan bahwa semakin besar tegangan listrik maka kecepatan aus akan semakin rendah sampai titik tertentu, dan kemudian akan naik lagi. Kecepatan aus terendah terjadi pada tegangan 2.8 Vol, sebagai tegangan yang optimum. Hal ini berarti bahwa pada tegangan tersebut permukaan logam tembaga mengalami ketahanan aus paling tinggi. Untuk mengetahui lebih jelas penyebab keausan perlu dilakukan penelitian lanjutan tentang mekanisme ausnya.



Gambar 5. Tingkat keausan pada lapisan Ni/Cu

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian terhadap pengaruh tegangan terhadap ketebalan, kekerasan permukaan, dan kecepatan aus, maka diperoleh kesimpulan bahwa hasil eksperimen foto mikro menunjukkan bahwa semakin besar tegangan atau voltase maka semakin tebal lapisan tembaga yang dihasilkan. Hal ini telah sesuai dengan teori. Selisih antara hasil eksperimen dan teori dapat disebabkan oleh faktor penurunan konsentrasi tembaga dalam larutan, dan kenaikan suhu larutan. Kemudian hasil

pengukuran kekerasan lapisan tembaga menunjukkan bahwa semakin tinggi tegangan maka akan semakin tinggi nilai kekerasan lapisan. Hal ini dapat dikaitkan dengan konsentrasi ion lebih padat sehingga ketahanan terhadap deformasi pada lapisan Cu naik. Sedangkan hasil eksperimen terhadap kecepatan aus menunjukkan bahwa semakin tinggi tegangan atau voltase arus maka kecepatan aus akan mencapai nilai terendah pada tegangan 2.8 V. Selanjutnya keausan akan naik lagi. Fenomena aus memerlukan studi lebih lanjut karena memerlukan identifikasi terhadap mekanisme ausnya.

PERSANTUNAN

Penulis menghaturkan banyak terima kasih atas dukungan dana penelitian yang diberikan oleh Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Jendral Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi sesuai dengan nomer kontrak: 72.43/A.3-III/LPPM/III/2018.

DAFTAR PUSTAKA

- Ch. Bonhote and D. Landolt. (1996). Microstructure of Ni-Cu multilayers electrodeposited from a citrate electrolyte. *Electrochimica Acta*, Vol. 42. No. 15, pp, 2407-2417.
- Mursel Alper, Hakan Kockar, Murside Safak, M. Celalettin Baykul. (2008). Comparison of Ni-Cu alloy films electrodeposited at low and high pH levels, *Journal of Alloys and Compounds* 453, 15-19
- Riyadi TWB et al. (2018). Effect of Ni underlayer thickness on the hardness and specific wear rate of Cu in the laminated Ni/Cu coatings produced by electroplating. *AIP Conference Proceedings*, Volume 1977, Issue 1, 10.1063/1.5042970
- S.S. Jikan, Abdullah S.S, Ismail M.H, ismail N.A, and Badarulzaman, N.A. (2013). Multilayer of Ni/Cu Coating Produced Via Elektroplating. <http://doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.465-466.891>.
- S.K. Ghosh, P.K. Limaye, S. Bhattacharya, N.L. Soni, A.K. Grover. (2007). Effect of Ni sublayer thickness on sliding wear characteristics of electrodeposited Ni/Cu multilayer coatings. *Surface & Coatings Technology* 201. 7441-7448.
- S.K. Ghosh, & P.K. Limaye. (2007). Tribological behaviour and residual stress of electrodeposited Ni/Cu multilayer films on stainless steel substrate. *Surface & Coatings Technology* 201. 4609-4618.
- Riyadi TWB et al. (2017). Mechanical properties of Cr-Cu coatings produced by electroplating. *AIP Conference Proceedings*, Volume 1855, 030007.
- Riyadi TWB et al. (2017). Hardness and wear properties of laminated Cr-Ni coatings formed by electroplating. *AIP Conference Proceedings*, Volume 1831, Issue 1, 10.1063/1.4981175
- Riyadi TWB et al. (2017). Mechanical properties of Cu surface in the laminated structure of Cr-Cu coatings. *Media Mesin*, Vol. 18 No. 1 hal. 8-14.
- Riyadi TWB et al. (2015). Pengaruh Waktu Tahan Celup Terhadap Nilai Kilap dan Ketebalan Lapisan Tembaga pada Proses Elektroplating Baja Karbon Tinggi. *Media Mesin*, Vol. 15 No. 2 hal. 87-92.