

Pengaruh *Nickel-Chrome Plating* Terhadap Kekerasan Mikro, Kekasaran Permukaan Dan Keausan Pada Hasil Produk Pengecoran Aluminium Bekas (*Scrap*)

Jemssy R Rohi¹, Boy Bistolen², Elkana B Lopo³, Gaspar M P Pinto⁴, Marsianus M F Hanmina⁵

^{1,2,3,4}Program Studi Permesinan Kapal, Universitas Pertahanan RI
⁵ P Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Negeri Kupang
Jl. Trans Timor, Fatuketi, Belu-NTT 85727
Email korespondensi: jemssyr@gmail.com

Abstrak

Pada proses penuangan aluminium, produk coran yang dihasilkan masih memiliki cacat yang berdampak pada kualitas sifat mekanis. Sehingga perlu dilakukan pengerjaan akhir dengan cara elektrolisa menggunakan nikel-krom. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pelapisan nikel-krom terhadap kekerasan, kekasaran, dan keausan pada hasil produk pengecoran aluminium bekas dengan tegangan listrik 5, 7,5, 9 volt dan waktu 5, 10, 15 detik. Berdasarkan hasil pengujian menunjukkan nilai kekerasan pada tegangan listrik 5 dan 7,5 volt dengan waktu 5, 10, 15 detik, serta pada tegangan listrik 9 volt dengan waktu 5 detik masih dalam daerah kekerasan nikel sedangkan pada tegangan listrik 9 volt dengan waktu 10 dan 15 detik sudah dalam daerah kekerasan chrome. Dalam pengujian kekasaran permukaan pada Pada waktu 5 detik terjadi penurunan sebesar 39,36%, waktu 10 detik terjadi penurunan sebesar 49,70% dan waktu 15 detik terjadi penurunan sebesar 63,90%. Dari hasil tersebut menunjukkan tingkat kekasaran nikel-chrome plating sudah berada pada daerah kekasaran permukaan pengerjaan akhir atau finishing. Nilai keausan tertinggi ada pada waktu 5 detik dengan tegangan 5 volt yaitu $9,86E-07 \text{ mm}^2/\text{kg}$. Nilai keausan terendah ada pada waktu 15 detik dengan tegangan 9 volt yaitu $2,213E-07 \text{ mm}^2/\text{kg}$. Oleh karena itu, diketahui bahwa nikel-chrome plating meningkatkan ketahanan aus dari material yang dilapisi.

Kata kunci: Pengecoran Aluminium, *Nickel-Chrome Plating*, Kekerasan Mikro, Kekasaran Permukaan, Keausan.

Abstract

In the aluminum casting process, the resulting cast product still has defects that affect the quality of mechanical properties, so it is necessary to perform the final processing by electrolysis with nickel-chromium. The aim of this research is to determine the effect of nickel-chromium coating on hardness, roughness and wear on used aluminum casting products using electrical voltages of 5, 7.5, 9 volts and times of 5, 10, 15 seconds. From the test results, it is shown that at electrical voltage of 5 and 7.5 volts with time of 5, 10, 15 seconds and at electrical voltage of 9 volts with time of 5 seconds, the hardness value is still in the nickel hardness range, while at electrical voltage of 9 volts with time of 10 and 15 seconds, it is already in the chromium hardness range. When testing the surface roughness, a decrease of 39.36% was observed after 5 seconds, a decrease of 49.70% after 10 seconds and a decrease of 63.90% after 15 seconds. These results show that the roughness level of the nickel-chromium coating is already in the surface roughness range of the finishing or final machining. The highest wear value was at 5 seconds at a voltage of 5 volts, namely $9.86E-07 \text{ mm}^2/\text{kg}$. The lowest wear value was at 15 seconds at a voltage of 9 volts, namely $2.213E-07 \text{ mm}^2/\text{kg}$. Therefore, nickel-chromium coating is known to increase the wear resistance of the coated material.

Keywords: Aluminium casting, nickel-chromium plating, microhardness, surface roughness, wear.

1. Pendahuluan

Industri manufaktur otomotif tidak terlepas dari penggunaan paduan aluminium, khususnya untuk komponen yang dibuat dengan proses pengecoran atau *casting*, seperti blok mesin, kepala silinder, dan *velg*. Fakta bahwa semakin banyak orang di Indonesia yang memiliki sepeda motor, maka kebutuhan akan suku cadang sepeda motor meningkat, Paduan aluminium yang biasa disebut *Aluminium alloy* merupakan bahan aluminium murni yang dipadu

dengan logam-logam lainnya seperti tembaga, magnesium, silikon, mangan, dan seng dengan tujuan untuk meningkatkan kekuatan aluminium murni (Sunaryo dkk., 2013).

Banyak perusahaan pengecoran lokal di Indonesia membuat *velg* sepeda motor dari aluminium bekas komponen sepeda motor. Namun, karena proses penuangan aluminium, produk coran yang dihasilkan masih memiliki cacat yang berdampak pada kualitas sifat mekanis, seperti kekerasan, kekasaran, dan

keausan. *Velg* adalah bagian penting dari sebuah kendaraan dan membutuhkan persyaratan mekanik tertentu karena mengalami beban berulang (beban dinamis) dan bahkan beban kejut. Akibat berat kendaraan, tegangan yang cukup besar dapat menyebabkan kegagalan struktur akibat fatik.

Semakin banyak suku cadang yang dibutuhkan untuk sepeda motor, seperti blok mesin, piston, dan *velg/castwheel*, dibuat dari paduan aluminium yang terdiri dari unsur-unsur paduan utama silikon dan magnesium. Akibatnya, industri pengecoran lokal mulai menggunakan aluminium bekas atau *scrap* untuk dicairkan ulang (*remelting*) dan dibentuk kembali sebagai suku cadang sepeda motor. Oleh karena itu, perlu dilakukan lebih banyak upaya untuk meningkatkan kualitas produk pengecoran. Kualitasnya harus sebanding atau bahkan melampaui produk pabrikan yang menggunakan material ingot aluminium murni yang dikombinasikan dengan logam lainnya.

Capaian kualitas dari suatu produk dapat diperoleh dengan berbagai penerapan metode pengerjaan selama tahapan produksi, salah satu di antaranya adalah penerapan proses/pengerjaan akhir (*finishing*). Salah satu jenis proses yang termasuk dalam kelompok ini adalah proses *electroplating* dengan menggunakan bahan pelapis nikel-krom (*Nickel-chrome plating*). Secara umum *electroplating* dimaksudkan untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu dari permukaan suatu bahan seperti menaikkan kekerasan permukaan produk, tahan korosi, menurunkan kekasaran permukaan produk dan memperindah penampilan (Rohi dkk., 2016).

Temperatur, konsentrasi larutan, tegangan, rapat arus, dan waktu pelapisan adalah beberapa faktor yang mempengaruhi kualitas hasil pelapisan nikel-krom. Apabila produk yang direncanakan telah sesuai dengan standar bentuk yang diinginkan, maka kualitas produk diperoleh. Kekerasan mikro, kekasaran permukaan dan keausan benda kerja yang dibuat merupakan faktor penting yang menentukan kualitas produk.

Untuk mendapatkan nilai kekerasan mikro, kekasaran permukaan dan keausan yang paling baik, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut lagi agar nantinya proses *nickel-chrome plating* yang akan diterapkan pada hasil produk pengecoran aluminium *scrap* dengan pengaruh variasi tegangan dan waktu mendapatkan hasil yang lebih baik, sehingga penulis dalam melakukan penelitian membatasi permasalahan yang diteliti: tentang sifat kekerasan mikro, kekasaran permukaan dan keausan lapisan *chrome* pada hasil produk pengecoran aluminium *scrap* dengan judul: "Pengaruh Tegangan dan Waktu *Nickel-Chrome Plating* Terhadap Kekerasan Mikro, Kekasaran Permukaan dan Keausan Pada Hasil Produk Pengecoran Aluminium Bekas (*Scrap*)".

2. Metode

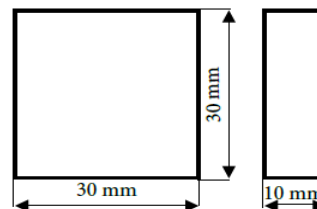
Metode yang digunakan adalah metode eksperimen, yaitu metode yang dilakukan dengan melakukan percobaan terhadap objek bahan penelitian serta adanya kontrol, dimana mempunyai tujuan untuk menyelidiki dan mencari nilai kekerasan mikro, kekasaran permukaan dan keausan.

Variabel Penelitian

Ada empat variabel yang akan diteliti yaitu variabel bebas terdiri dari tegangan listrik dan waktu pada proses pelapisan *nickel-chrome*, serta variabel terikatnya yaitu: kekerasan mikro, kekasaran permukaan dan keausan pelapisan *nickel-chrome* pada hasil produk pengecoran aluminium bekas (*scrap*), kemudian dianalisis menggunakan analisis varians (ANOVA).

Spesimen Uji

Spesimen dicor dengan ukuran 30 mm x 30 mm x 10 mm seperti yang terlihat pada gambar



Gambar 1. Dimensi specimen

Pengujian Kekerasan Vickers

Untuk penelitian ini pengukuran untuk memperoleh kekerasan permukaan spesimen menggunakan metode vickers berdasarkan ASTM E92 tentang Vickers Hardness of Metallic Materials. Alat uji kekerasan yang digunakan merk Buehler Micromet 2100 Series.

Pengujian Kekasaran Permukaan

Dalam pengujian ini menggunakan parameter kekasaran rata-rata aritmetik (*mean roughness index/center line average, CLA*), *Ra* (μm). Alat ukur yang digunakan adalah *Surfcom 120 A*.

Pengujian keausan material

Pengujian keausan menggunakan alat *Ogoshi High Speed Universal Wear Testing Machine (Type OAT-U)* dengan metode ogoshi berdasarkan ASTM G99 tentang *Wear Testing with a Pin on Disk*.

Prosedur Penelitian

Prosedur proses pengecoran

- Velg dipotong ± 3 cm dan ditimbang beratnya untuk dimasukkan ke dalam kowi.
- Hidupkan oven pemanas dan masukan kowi yang berisi potongan aluminium kedalam oven pemanas untuk dipanaskan.

- c) Ketika suhu sudah mencapai 700°C, hidupkan stopwatch untuk melihat waktu tahan sampai aluminium melebur secara merata.
- d) Setelah aluminium melebur secara merata, kemudian gunakan tang penjepit untuk mengangkat kowi yang berisi aluminium cair tersebut untuk dituang kedalam cetakan.
- e) Biarkan logam aluminium cair membeku dalam cetakan, selanjutnya dilakukan pembongkaran spesimen.
- f) Melakukan pembentukan spesimen dengan gergaji besi, gurinda listrik, kikir, kertas pasir, dan mistar siku.

Prosedur pelapisan *nickel-chrome*

- a) Pembersihan spesimen dengan deterjen, kemudian spesimen dibilas menggunakan air.
- b) Sebelum dilakukan pelapisan nikel, terlebih dahulu memanaskan larutan nikel dengan *heater* sampai suhu $\pm 50^{\circ}\text{C}$.
- c) Memasukkan spesimen kedalam bak pelapisan nikel pada tegangan listrik 5,5 volt dengan lama waktu pelapisan 20 menit.
- d) Ketika waktu mencapai 20 menit, spesimen diangkat dan dicelup dalam bak pembilasan dan akan dilanjutkan dengan pelapisan *chrome*.
- e) Sebelum dilakukan proses pelapisan perlu memanaskan larutan *chrome* sesuai dengan suhu ruangan.
- f) Memasukan spesimen dalam larutan *chrome* dengan variasi tegangan 5, 7.5, 9 volt dan waktu 5,10,15 detik
- g) Setelah selesai proses pelapisan *chrome* akan diikuti dengan proses pembilasan dan pengeringan.

Prosedur pengujian spesimen

1. Pengujian Kekasaran Permukaan
 - a) Menyiapkan spesimen.
 - b) Spesimen diletakkan pada meja datar.
 - c) Ujung dari *dial indicator* di set pada posisi stabil untuk melakukan pembacaan skala tekanan terhadap permukaan benda uji.
 - d) Tentukan seberapa panjang dari bagian benda ukur yang akan di uji kekerasan permukaannya, nantinya panjang inilah yang akan di lewati oleh *dial indicator*.
 - e) Apabila *dial indicator* telah melakukan pengukuran sepanjang jarak yang kita tentukan, nilai kekerasan permukaan akan

tercatat, dan dapat dilihat dalam *bentuk print out*.

2. Pengujian Kekerasan Mikro

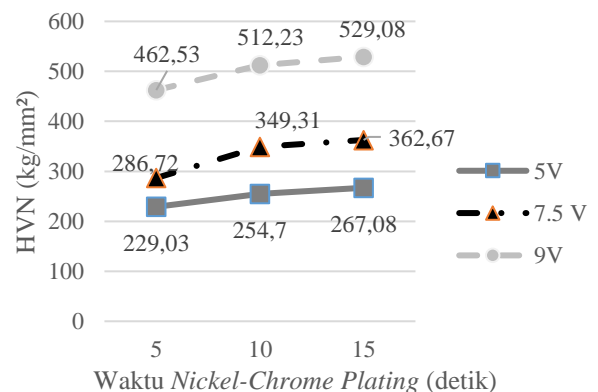
- a) Menentukan beban dan waktu tahan injakan indentor.
- b) Spesimen diletakan pada *head* mesin
- c) Tempatkan fokus pembebanan pada daerah yang telah ditentukan.
- d) Tekan tombol start untuk menurunkan beban.
- e) Setelah waktu 15 detik beban akan naik keatas dan melakukan pengukuran panjang diagonal hasil injakan indentor.
- f) Melakukan perhitungan nilai kekerasan.

3. Pengujian keausan

- a) Masukan spesimen kedalam penjepit spesimen pada alat uji keausan *Ogoshi high speed universal wear testing machine*
- b) Mengatur jarak tiap titik spesimen pada alat uji keausan
- c) Menyetel stop watch
- d) Menghidupkan mesin uji keausan bersamaan dengan stop watch
- e) Setelah waku menunjukkan 15 detik, matikan mesin uji keausan
- f) Mengeluarkan spesimen uji dan lakukan pengujian dititik berikut
- g) Mengulangi langkah (1) sampai langkah (6) sampai semua spesimen teruji
- h) Langkah yang berikutnya adalah mengukur luas goresan menggunakan mikroskop optik.

3. Hasil dan Pembahasan

Kekerasan Mikro



Gambar 2. Diagram hubungan waktu dan tegangan terhadap nilai kekerasan permukaan *nickel-chrome plating*.

Dari data hasil perhitungan nilai kekerasan pelapisan *nickel-chrome*, seperti terlihat pada Gambar 2. Nilai kekerasan pelapisan *nickel-chrome* pada waktu 5 detik dengan tegangan listrik 5, 7,5 dan 9 volt yaitu 229,03 kg/mm², 286,72 kg/mm², 462,53 kg/mm². Pelapisan *nickel-chrome* pada waktu 5 detik dengan tegangan 5 volt ke 7,5 volt terjadi peningkatan nilai kekerasan sebesar 25,18 % dan pelapisan *nickel-chrome* pada waktu 5 detik dengan tegangan 5 volt ke 9 volt terjadi peningkatan nilai kekerasan sebesar 101,95 %.

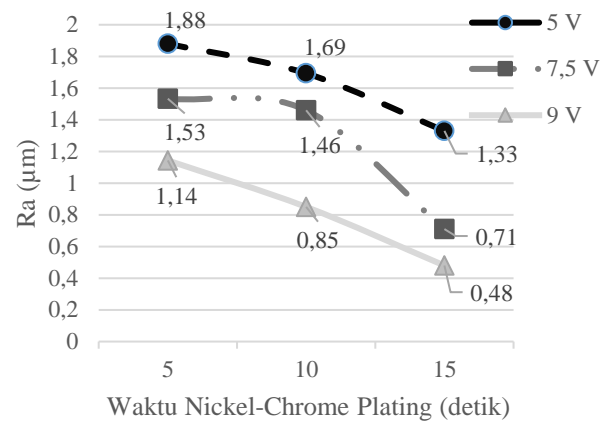
Nilai kekerasan pelapisan *nickel-chrome* pada waktu 10 detik dengan tegangan listrik 5, 7,5 dan 9 volt yaitu 254,70 kg/mm², 349,31 kg/mm², 512,23 kg/mm². Pelapisan *nickel-chrome* pada waktu 10 detik dengan tegangan listrik 5 volt ke 7,5 volt terjadi peningkatan nilai kekerasan sebesar 37,14 % dan pelapisan *nickel-chrome* pada waktu 10 detik dengan tegangan listrik 5 volt ke 9 volt terjadi peningkatan nilai kekerasan sebesar 101,11 %.

Nilai kekerasan pelapisan *nickel-chrome* pada waktu 15 detik dengan tegangan listrik 5, 7,5 dan 9 volt yaitu 267,08 kg/mm², 362,67 kg/mm², 529,08 kg/mm². Pelapisan *nickel-chrome* pada waktu 15 detik dengan tegangan listrik 5 volt ke 7,5 volt terjadi peningkatan nilai kekerasan sebesar 35,79 % dan pelapisan *nickel-chrome* pada waktu 15 detik dengan tegangan listrik 5 volt ke 9 volt terjadi peningkatan nilai kekerasan sebesar 98,1 %.

Gambar 2 menunjukkan bahwa nilai kekerasan pelapisan *nickel-chrome* meningkat seiring dengan waktu pelapisan. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa selama periode pelapisan yang lebih lama, deposit yang lebih besar akan terbentuk pada permukaan material, menghasilkan lapisan yang lebih padat dan permukaan yang lebih padat. Menurut Hukum Faraday pertama, berat logam yang diendapkan (*w*) selama proses elektrolisa berkorelasi dengan jumlah kuat arus (*I*) dan waktu (*t*).

Dari hasil analisis varians (Anova) menunjukkan nilai $RU_F < 4,737$ maka $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$ diterima dan tolak H_1 . Ini berarti dengan variasi waktu pada proses pelapisan listrik *nickel-chrome* menghasilkan nilai kekerasan yang sama.

Kekasaran Permukaan



Gambar 3. Diagram hubungan waktu dan tegangan terhadap nilai kekasaran permukaan *nickel-chrome plating*. Dari data hasil perhitungan nilai kekasaran permukaan *nickel-chrome plating*, seperti terlihat pada gambar 3. Nilai kekasaran permukaan *nickel-chrome plating* pada waktu 5 detik dengan tegangan 5, 7,5 dan 9 volt yaitu 1,88 μm, 1,53 μm, dan 1,14 μm. *Nickel-chrome plating* pada waktu 5 detik dengan tegangan 5 volt ke 7,5 volt terjadi penurunan nilai kekasaran sebesar 18,61 % dan *nickel-chrome plating* pada waktu 5 detik dengan tegangan 5 volt ke 9 volt terjadi penurunan nilai kekasaran sebesar 39,36 %.

Nilai kekasaran permukaan *nickel-chrome plating* pada waktu 10 detik dengan tegangan 5, 7,5 dan 9 volt yaitu 1,69 μm, 1,46 μm, dan 0,85 μm. *Nickel-chrome plating* pada waktu 5 detik dengan tegangan 5 volt ke 7,5 volt terjadi penurunan nilai kekasaran sebesar 13,61 % dan *nickel-chrome plating* pada waktu 5 detik dengan tegangan 5 volt ke 9 volt terjadi penurunan nilai kekasaran sebesar 49,70 %.

Nilai kekasaran permukaan *nickel-chrome plating* pada waktu 15 detik dengan tegangan 5, 7,5 dan 9 volt yaitu 1,33 μm, 0,71 μm, dan 0,48 μm. *Nickel-chrome plating* pada waktu 5 detik dengan tegangan 5 volt ke 7,5 volt terjadi penurunan nilai kekasaran sebesar 46,41 % dan *nickel-chrome plating* pada waktu 5 detik dengan tegangan 5 volt ke 9 volt terjadi penurunan nilai kekasaran sebesar 63,90 %.

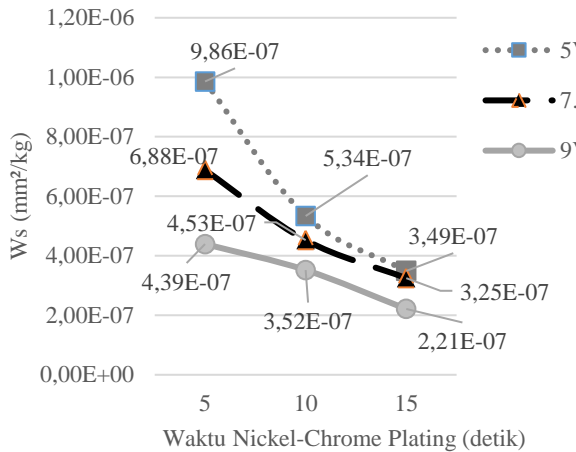
Gambar 3 menunjukkan bahwa kekasaran permukaan akan menurun seiring dengan naiknya tegangan dan waktu pelapisan. Hal ini terjadi karena proses pengendapan ion-ion elektrolit yang lebih cepat menyebabkan lebih banyak atom hidrogen masuk secara interstisi ke dalam struktur endapan *chromium*. Hal ini menyebabkan distorsi kisi dan peningkatan tegangan di lapisan karena gerakan dislokasi yang terhambat. Semakin cepat ion Ni²⁺ dan Cr³⁺ menempel pada permukaan spesimen, maka lapisan akan menjadi lebih padat, lebih rapat, dan lebih banyak deposit lapisan yang terbentuk pada permukaan spesimen.

Berdasarkan hasil perhitungan nilai kekasaran permukaan *nickel-chrome plating*, harga kekasaran berada pada angka kekasaran N5 hingga N8 (ISO

Roughness Number atau DIN 4763:19813). Dengan demikian, kekasaran *nickel-chrome plating* pada tegangan 5V, 7,5V, 9V dan waktu 5S, 10S, 15S sudah berada di daerah kekasaran permukaan pengerjaan atau *finishing* (Dasar-dasar metrologi industri).

Karena $RU_F < 5,143$ maka $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$ diterima. Ini berarti dengan variasi waktu pelapisan pada proses pelapisan *nickel-chrome* menghasilkan nilai kekasaran yang sama.

Keausan



Gambar 4. Diagram hubungan waktu dan tegangan terhadap nilai keausan *nickel-chrome plating*.

Dari grafik data hasil perhitungan nilai keausan *nickel-chrome plating*, seperti terlihat pada Gambar 6 menunjukkan adanya penurunan nilai keausan *chrome plating* seiring dengan meningkatnya waktu pelapisan. Nilai keausan *chrome plating* pada waktu 5 detik dengan tegangan 5, 7,5 dan 9 volt yaitu 9,86E-07 mm²/kg, 6,88E-07 mm²/kg, dan 4,394E-07 mm²/kg. *Nickel-chrome plating* pada waktu 5 detik dengan tegangan 5 volt ke 7,5 volt terjadi penurunan nilai keausan sebesar 30,02 % dan *nickel-chrome plating* pada waktu 5 detik dengan tegangan 5 volt ke 9 volt terjadi penurunan nilai keausan sebesar 55,4 %.

Nilai keausan *chrome plating* pada waktu 10 detik dengan tegangan 5, 7,5 dan 9 volt yaitu 5,34E-07 mm²/kg, 4,53E-07 mm²/kg, dan 3,520E-07 mm²/kg. *Nickel-chrome plating* pada waktu 5 detik dengan tegangan 5 volt ke 7,5 volt terjadi penurunan nilai keausan sebesar 15,2 % dan *nickel-chrome plating* pada waktu 5 detik dengan tegangan 5 volt ke 9 volt terjadi penurunan nilai keausan sebesar 34 %.

Nilai keausan *chrome plating* pada waktu 15 detik dengan tegangan 5, 7,5 dan 9 volt yaitu 3,490E-07 mm²/kg, 3,25E-07 mm²/kg, dan 2,21E-07 mm²/kg. *Nickel-chrome plating* pada waktu 5 detik dengan tegangan 5 volt ke 7,5 volt terjadi penurunan nilai keausan sebesar 6,93 % dan *nickel-chrome plating* pada waktu 5 detik dengan tegangan 5 volt ke 9 volt terjadi penurunan nilai keausan sebesar 36,6 %.

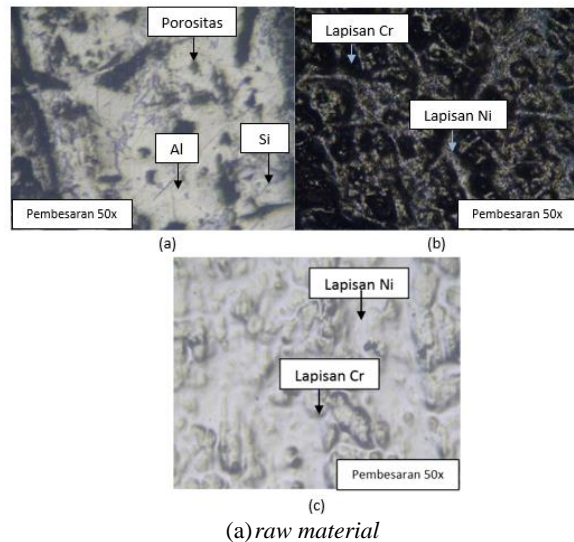
Nilai keausan tertinggi ada pada waktu 5 detik dengan tegangan 5 volt yaitu 9,86E-07 mm²/kg. Nilai keausan terendah ada pada waktu 15 detik dengan tegangan 9 volt yaitu 2,213E-07 mm²/kg.

Oleh karena itu, diketahui bahwa *nickel-chrome plating* meningkatkan ketahanan aus dari material yang dilapisi. Semakin tinggi tegangan listrik yang digunakan dalam proses pelapisan aluminium, semakin banyak unsur *chrome* yang melekat pada aluminium. Ini karena perbedaan tegangan yang tinggi akan mengeksitasi elektron dari *chrome* ke aluminium.

Karena $RU_F < 4,951$ maka $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$ diterima. Ini berarti dengan variasi waktu pelapisan pada proses pelapisan *nickel-chrome* menghasilkan nilai keausan yang sama.

Observasi Struktur Mikro

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui struktur mikro *raw material* dan *nickel-chrome plating* pada produk pengecoran aluminium *scrap*. Adapun caranya yaitu spesimen yang telah mengalami pencahayaan akan memantulkan kembali sinar yang datang ke lensa mikroskop electron dengan warna yang berbeda pada tiap bagian permukaan akibat pengikisan yang terkendali pada permukaan spesimen. Kamera yang tersambung dengan monitor akan menangkap gambar struktur mikro, dan selanjutnya dapat difoto pada bagian yang diinginkan (Supriyanto, 2014).



(a) *raw material*
 (b) *Nickel-chrome plating* pada tegangan listrik 5 volt dengan waktu 15 detik
 (c) *Nickel-chrome plating* pada tegangan listrik 9 volt dengan waktu 15 detik

Gambar 5. Struktur mikro.

Menurut gambar (a) di atas, struktur mikro coran yang dihasilkan dari pengecoran ulang *velg* bekas terdiri dari unsur Si yang tersebar tidak merata dan didominasi oleh Al. Pengelompokan presipitat yang jelas menciptakan segregasi, yang menghasilkan nilai kekasaran yang rendah dari hasil pengecoran

material *velg* bekas. Bentuk dan ukuran partikel Si memengaruhi kekuatan mekanik paduan Al-Si.

Berdasarkan hasil perhitungan nilai kekerasan permukaan dan kekasaran permukaan pada hasil pengecoran ulang *velg* bekas sebesar 5,627 μm dan 58,36 kg/mm^2 , sehingga dapat dikatakan bahwa hasil pengecoran ulang material *velg* bekas tidak dapat digunakan secara langsung sebagai material *velg* tanpa adanya upaya memperbaiki nilai kekasarnya.

Pada gambar (b) menunjukkan struktur mikro yang terbentuk adalah paduan antara lapisan Ni-Cr, dimana lapisan nickel ditandai dengan warna putih sedangkan lapisan *chrome* ditandai dengan warna hitam. Struktur mikro *nickel-chrome plating* pada tegangan listrik 5 volt dan 7,5 volt didominasi oleh lapisan nickel yang hampir homogen sedangkan struktur mikro *nickel-chrome plating* pada tegangan listrik 9 volt didominasi oleh lapisan *chrome* dengan distribusi susunan atomnya rapat dan merata.

4. Kesimpulan

Dari hasil analisa data dari hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat diambil suatu kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai kekerasan *nickel-chrome plating* pada tegangan listrik 5, 7,5 dan 9 volt dengan waktu 5 detik sebesar 229,03 kg/mm^2 , 286,72 kg/mm^2 , 462,53 kg/mm^2 , waktu 10 detik sebesar 254,70 kg/mm^2 , 349,31 kg/mm^2 , 512,23 kg/mm^2 , dan waktu 15 detik sebesar 267,08 kg/mm^2 , 362,67 kg/mm^2 , 529,08 kg/mm^2 . Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa adanya peningkatan nilai kekerasan *nickel-chrome plating* seiring dengan meningkatnya waktu pelapisan.
2. Nilai kekasaran permukaan *nickel-chrome plating* pada waktu 5 detik dengan tegangan listrik 5, 7,5 dan 9 volt yaitu 2,02 μm , 1,63 μm , 1,15 μm , Nilai kekasaran permukaan *nickel-chrome plating* pada waktu 10 detik dengan tegangan listrik 5, 7,5 dan 9 volt yaitu 1,75 μm , 1,59 μm , 0,87 μm , dan nilai kekasaran permukaan *nickel-chrome plating* pada waktu 15 detik dengan tegangan listrik 5, 7,5 dan 9 volt yaitu 1,36 μm , 0,72 μm , 0,58 μm . Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa adanya penurunan nilai kekasaran permukaan *nickel-chrome plating* seiring dengan meningkatnya waktu pelapisan.
3. Nilai keausan *nickel-chrome plating* pada waktu 5 detik dengan tegangan 5, 7,5 dan 9 volt yaitu, 7,859E-07 mm^2/kg , 4,882E-07 mm^2/kg , 3,394E-07 mm^2/kg , plating pada waktu 10 detik dengan tegangan 5, 7,5 dan 9 volt yaitu 4,336E-07 mm^2/kg , 2,525E-07 mm^2/kg , 2,520E-07 mm^2/kg , dan nilai keausan *chrome plating* pada waktu 15 detik dengan tegangan 5, 7,5 dan 9 volt yaitu 2,490E-07 mm^2/kg , 2,248E-07 mm^2/kg , 2,213E-07 mm^2/kg . Oleh sebab itu, dapat disimpulkan bahwa adanya penurunan nilai keausan *chrome plating* seiring dengan meningkatnya waktu pelapisan.

5. Saran

Sebaiknya peneliti selanjutnya mengembangkan eksperimen ini dengan memilih variabel penting lainnya sebagai penelitian lanjutan dan perlu dilakukan pengujian komposisi *nickel-chrome plating*.

Daftar Pustaka

- [1] Abdul, R., Budiarto, 2011, "Pengaruh Waktu Electroplating Dan Powdercoating Nicro Terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro Pada Baja Karbon Spcc- Sd", Seminar Nasional Pengembangan Energi Nuklir IV.
- [2] Chabuk, M. MG., Abdulla MW. Al-Shamma., 2023. "Surface roughness and microhardness of enamel white spot lesions treated with different treatment methods", Heliyon 9 (2023) e18283.
- [3] Dwiyanto, 2010, "Pengaruh Perbedaan Casting Modulus Coran Terhadap Kekerasan Serta Struktur Mikro Hasil Proses Pengecoran Cetakan Pasir Paduan Aluminium", Tugas Akhir, Universitas Sebelas Maret.
- [4] Erich, U. K. M., Priyo, T. I., 2012, "Karakteristik Perambatan Retak Fatik Aluminium Scrap Dengan Variasi Putaran Centrifugal Casting", Jurnal
- [5] Firdaus, H., 2022, "Analisis Kekuatan Bahan Hasil Electro Galvanizing", Jurnal Media Teknologi Vol. 09 No. 01 September 2022.
- [6] Harinaldi., 2005, Prinsip-prinsip statistik untuk teknik dan sains, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [7] Meng, Y., Zhao, Y., Zhong, J., Liao, Y., Chen, D., 2024. "Effect of plating time on surface morphology and corrosion behavior of electroless Ni-P coating in simulated concrete pore solution", Case Studies in Construction Materials 21 (2024) e03497.
- [8] Nani, M., Priyo, T. I., Soekrisno, 2012, "Pengaruh Waktu Elektroplating Nikel-Chrom Terhadap Kekerasan Baja Stainless Steel Aisi 304", Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) Periode III, Yogyakarta.
- [9] Purnomo, 2004, "Pengaruh Pengecoran Ulang terhadap kekuatan Tarik dan Ketangguhan Impak pada Paduan Aluminium Tuang 320", Proceeding, Komputer dan sistem Intelejen, Jakarta, hal 905-911.
- [10]Reny, A., Kusmono, R. Soekrisno, "Pengaruh Konsentrasi Larutan Dan Waktu

- Pelapisan Nikel Pada Aluminium Terhadap Kekerasan”, Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) Periode III, Yogyakarta.
- [11] Rohi, J.R., Dominggus, G.H.A., Erich, U.K.M., Jefri, S.B., 2016, “Pengaruh Tegangan Dan Waktu Nickel-Chrome Plating Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Hasil Produk Pengecoran Aluminium Scrap”, LONTAR Jurnal Teknik Mesin Undana, Vol. 03, No. 01, April 2016.
- [12] Schnetzer, P.E., Pellkofer, J., Stahl, K., 2024. “Method for determining wear in steel-bronze rolling-sliding contacts relating to worm gears”, *Wear* 556-557 (2024) 205520.
- [13] Septiyanto, M.A.R., Suroso, I., Utami, N., 2022, “Analisis kekerasan dan keausan *bearing* pada pesawat Cessna Grand Carravan 208B” *TURBO* Vol. 11 No. 1. 2022.
- [14] Setyawan., 2006, “Pengaruh variasi penambahan tembaga (Cu) dan jenis cetakan pada proses pengecoran terhadap tingkat kekerasan paduan aluminium silikon (Al-Si)”, Skripsi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sebelas Maret Surakarta 2006, Hal 1-60
- [15] Suarsana, I. Ketut, *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CAKRAM* Vol.2, Kampus Bukit Jimbaran, Bali 2002.
- [16] Sunaryo., Burhan, I. M., Priyo, T. I., Viktor, M., 2013, “Peningkatan Kualitas Materi Pembelajaran Teknologi Bahan Melalui Studi Proses Pengecoran Paduan Aluminium Untuk Pembuatan *Velg* di Industri”, Laporan Akhir Pelaksanaan Hibah Penelitian Kerja Sama Antar Perguruan Tinggi (Hibah Pekerti) Tahun Ke-1.
- [17] Sutrisno, 2013, “Pengaruh Variasi Waktu Baja Karbon Rendah Terhadap Struktur Mikro, Nilai Kekerasan, Laju Korosi dan Nilai Keausan Spesifik”, *POLITEKNOSAINS* Vol. XII No. 2
- [18] Supriyanto. 2014. “Development of promising sorghum mutant lines for improved fodder yield and quality under different soil types, water availability and agroecological zones”. *Integrated Utilization of Cereal Mutant Varieties in Crop/Livestock Systems for Climate Smart agriculture (D2.30.30) and Workshop on Application of Nuclear Techniques for Increased Agricultural Production*, 18-21 Agustus 2014, SEAMEO-BIOTROP. Bogor.
- [19] Surdia., Chijjiwa., 1982, Teknik pengecoran logam, PT Pradnya Paramita Jakarta.
- [20] Yogik, D.M., 2011, “Pengaruh Waktu Terhadap Ketebalan dan Adhesivitas Lapisan Pada Proses Electroplating Khrom Dekoratif Tanpa Lapisan Dasar Dengan Lapisan Dasar Tembaga dan Tembaga Nikel”, Tugas Akhir, Universitas Sebelas Maret.