

## **Pengaruh Variasi Tegangan dan Waktu Terhadap Kekerasan Lapisan Nikel dengan Metode *Electroplating* pada Coran Aluminium scrap**

Aloysius Malik Koten<sup>1)</sup>, Dominggus G.H.Adoe<sup>1)</sup>, Jahirwan U Jasron<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana

Jl. AdiSucipto, Penfui-Kupang, NTT 85001, Tlp: (0380)881597

Email : aloysiuskoten@gmail.com

### **Abstrak**

Aluminium banyak digunakan dalam dunia industri karena sifatnya yang ringan, ketahanan korosi yang baik serta konduktivitas panas dan listrik yang tinggi. Kekerasannya yang tidak begitu tinggi dan penampilan yang kurang menarik perlu diperbaiki, yang salah satunya dengan melapisi aluminium dengan Nikel melalui proses electroplating. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tegangan dan waktu pelapisan Nikel pada pengecoran aluminium scrap. Spesimen terbuat dari coran velg bekas dengan ukuran 30 mm x 30 mm x 10 mm. Aluminium dilapisi Nikel dengan proses electroplating dengan tegangan 3 volt, 4,5 volt, dan 6 volt. Dengan variasi waktu pelapisan 5, 10 dan 15 menit. Setelah dilapisi, dilakukan pengujian kekerasan mikro dengan metode pengujian Vickers dengan beban 10 gr dan ditahan 10 s. Hasil pengujian menunjukkan adanya kenaikan nilai kekerasan pelapisan nikel seiring dengan meningkatnya tegangan listrik dan waktu. Pada tegangan listrik 3 volt sebesar 10,4 % - 15,9 %, tegangan listrik 4,5 volt sebesar 4,62 % - 14,3 %, dan tegangan listrik 6 volt sebesar 24,8 % - 84,2 %.

*Kata kunci: Aluminium scrap, Nikel, Electroplating, Kekerasan Mikro, Pengecoran.*

### **Abstract**

Aluminum is widely used in the industry for its light weight, corrosion resistance and good heat conductivity and high electrical. Violence is not so high and a less attractive appearance needs to be fixed, one of which with a coat of aluminum with a Nickel electroplating process. This research aims to know the influence of voltage and time of Nickel plating on aluminum scrap casting. The specimen made from castings of optional with a size of 30 x 30 x 10 mm. Nickel coated aluminum with electroplating process with a voltage of 3, 4.5 and 6 volt. With the variation of time coating 5, 10 and 15 minutes. Once coated, micro hardness testing done by the method of testing the Vickers with a load of 10 gr and detained 10 s. test results indicate the presence of nickel plating hardness values increase with increasing voltage and time. Electric voltage 3 volts of 10.4%-15.9%, 4.5 volt voltage of 4.62%-14.3%, and 6-volt voltage of 24.8%-84.2%

**Keyword:** Aluminum scrap, Nickel, Electroplating, Micro Hardness, Casting.

## **PENDAHULUAN**

Penggunaan paduan Aluminium pada industri manufaktur otomotif terus meningkat, khususnya pembuatan komponen dengan proses pengecoran atau casting misalnya untuk pembuatan blok mesin, kepala silinder dan velg. Seiring dengan semakin bertambahnya kepemilikan sepeda motor dari masyarakat Indonesia, maka membawa konsekuensi akan kebutuhan suku cadang sepeda motor. Penggunaan bahan untuk pembuatan suku cadang sepeda motor saat ini semakin berkembang salah satunya adalah paduan

aluminium, karena mempunyai sifat ringan, ulet, mudah dibentuk, mudah dikerjakan dengan mesin, konduktivitas panas dan listrik tinggi, tahan terhadap korosi dari berbagai macam bahan kimia, ratio terhadap beban tinggi, tidak beracun, memantulkan cahaya dan tidak bersifat magnetik.

Untuk itulah diperlukan berbagai upaya untuk menaikkan hasil pengecoran. Salah satu diantaranya adalah penerapan proses pelapisan dengan metode electroplating. Proses electroplating adalah suatu proses pengendapan atau deposisi ion-ion logam pelindung (anoda) yang dikehendaki di atas logam lain (katoda)

secara elektrolisa. Selama proses pengendapan berlangsung terjadi reaksi kimia pada elektroda (anoda-katoda) dan elektrolit menuju arah tertentu secara tetap. Untuk hal tersebut dibutuhkan arus listrik searah (DC) dan tegangan yang konstan.

Berdasarkan uraian diatas, penulis tertarik untuk melakukan sebuah penelitian tentang “Pengaruh variasi tegangan dan waktu terhadap kekerasan lapisan nikel dengan metode electroplating pada coran aluminium scrap.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Penelitian terdahulu tentang pengecoran.

Maliwenu (2012), melakukan penelitian tentang struktur mikro dan kekuatan tarik aluminium *scrap* dengan *heat treatment* T6 pada proses *centrifugal casting*. *Centrifugal casting* merupakan proses pengecoran logam dimana logam cair membeku di dalam cetakan yang berputar. Proses *heat treatment* digunakan untuk meningkatkan sifat fisik mekanik dari material, khususnya untuk material yang mengalami proses pengecoran ulang (*remelting*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan adanya proses *heat treatment* T6, maka terjadi perbaikan struktur mikro dengan munculnya presipitat, sehingga kekuatan tarik mengalami peningkatan yang signifikan.

### Penelitian terdahulu tentang pelapisan listrik

Kusmono (2012), melakukan penelitian tentang pengaruh konsentrasi larutan dan waktu pelapisan Nikel pada aluminium terhadap kekerasan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh waktu pelapisan Nikel pada aluminium dalam dua jenis larutan elektrolit yang berbeda pada proses *electroplating*. Aluminium dilapisi Nikel dengan proses *electroplating* pada temperatur 30°C, kuat arus 0.4 A dengan variasi waktu pelapisan 10, 15 dan 20 menit dalam Larutan I (200 g/L Nikel sulfat, 175 g/L Nikel khloride, 40 g/L boric acid) dan Larutan II (330 g/L Nikel sulfat, 45 g/L Nikel khloride, 38 g/L boric acid). Setelah dilapisi, dilakukan pengujian kekerasan permukaan dengan menggunakan indentasi

mikro *Vickers* dengan pembebanan 10 gram. Pelapisan Nikel pada aluminium telah menyebabkan kenaikan kekerasan yang sangat signifikan, yakni pada Larutan I kenaikan tertinggi mencapai 730% (33 ke 241 VHN 0.01) dan pada Larutan II mencapai 766% (33 ke 253 VHN 0.01). Nilai kekerasan lapisan Nikel pada Larutan II lebih besar dibanding Larutan I. Nilai kekerasan tertinggi pada Larutan I dan Larutan II ini diperoleh pada waktu pelapisan selama 15 menit. Pada waktu pelapisan 10 dan 15 menit terjadi peningkatan kekerasan permukaan, namun terjadi penurunan kekerasan permukaan untuk waktu pelapisan 20 menit.

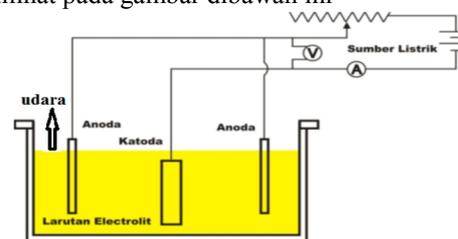
## Pelapisan Listrik

### Teori pelapisan listrik

Pelapisan listrik adalah suatu proses pengendapan zat pada elektroda (katoda) secara elektrolisa karena adanya ion-ion bermuatan listrik berpindah dari suatu elektroda melalui elektrolit yang mana hasil dan elektrolisis tersebut akan mengendap pada katoda. Prinsip dasar dari proses pelapisan listrik berpedoman atau berdasarkan Hukum Faraday yang menyatakan :

- Jumlah unsur-unsur yang terbentuk dan terbebas pada elektroda selama elektrolisa, sebanding dengan jumlah arus listrik yang mengalir dalam larutan elektrolit.
- Jumlah unsur-unsur yang dihasilkan oleh arus listrik yang sama selama elektrolisa, sebanding dengan berat ekivalen masing-masing zat tersebut.

Skema proses pelapisan listrik dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar 1. Skema proses pelapisan listrik

Sumber. Asatrio, 2010

Dalam operasi pelapisan, kondisi operasi perlu/penting sekali untuk diperhatikan karena

kondisi tersebut menentukan berhasil atau tidaknya proses pelapisan serta mutu pelapisan yang dihasilkan. Kondisi operasi yang perlu di perhatikan tersebut antara lain : Tegangan Arus, Temperatur Dan Waktu Pelapisan, Proses pengerjaan akhir

Tegangan merupakan salah satu faktor penting dalam plapisan listrik karena karena adanya tegangan listrik (beda potensial) antara elektroda menyebabkan ion-ion dalam sistim bergerak ke elektroda. Agar terjadi proses elektrolisis, diperlukan potensial listrik sekurang-kurangnya sama dengan potensial standar dari ion yang akan direduksi.

Hubungan antara beda potensial, V (volt) dan arus listrik, I (ampere) yang dirumuskan melalui hukum Ohm (Raharjo, 2010) yaitu :

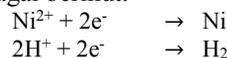
$$I = \frac{V}{R}$$

dimana R adalah hambatan (ohm)

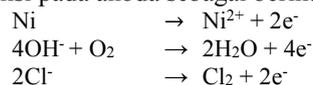
#### **Pelapisan nikel**

Dalam proses elektrolisa nikel terjadi reaksi pada katoda, yaitu proses reduksi dari ion nikel dengan bantuan elektron-elektron yang berasal dari sumber arus searah.

- Reaksi reduksi yang terjadi pada katoda sebagai berikut:



- Reaksi pada anoda sebagai berikut:



#### **Velg**

Velg adalah komponen utama dalam sebuah kendaraan yang menerima tegangan dan beban yang cukup tinggi akibat berat dari kendaraan dan impact dari permukaan jalan.



Gambar 2. (Velg)

Sumber. Dok. Penelitian, 2015

#### **Pengujian Kekerasan Vickers**

Pada umumnya, kekerasan didefinisikan sebagai kemampuan suatu material untuk menahan beban indentasi atau penekanan. Uji kekerasan vickers menggunakan penumbuk piramida intan yang dasarnya berbentuk bujur sangkar. Besarnya sudut antara permukaan-permukaan piramid yang saling berhadapan adalah  $136^\circ$ . Angka kekerasan piramida intan (DPH), atau angka kekerasan Vickers (VHN atau VPH), didefinisikan sebagai beban dibagi luas permukaan lekukan. Pada prakteknya, luas ini dihitung dari pengukuran mikroskopik panjang diagonal jejak. VHN dapat ditentukan dari persamaan (*ASM Metals Hand Book Vol. 8* dalam Mulyaningasih., dkk, 2012).



Gambar 3. Alat uji kekerasan merk Buchler Micromet 2100 Series

Sumber. Dok. Penelitian, 2015

#### **Cara/metoda pengujian Vickers :**

Persiapkan alat dan bahan pengujian.

- mesin uji kekerasan *Vickers (Vickers Hardness Test)*
- indenter piramida intan (*diamond pyramid*)
- Spesimen uji yang sudah di preparasi
- amplas halus
- stop watch
- mikroskop pengukur (biasanya satu set dengan alatnya)
- indenter di tekankan ke benda uji/material dengan gaya tertentu. (rentang micro 10 g – 1000 g dan rentang macro 1 kg – 100 kg)
- tunggu hingga 10 – 20 detik (biasanya 15 detik)
- bebaskan gaya dan lepaskan indenter dari benda uji
- ukur 2 diagonal lekukan persegi/ jejak indentasi yang terjadi menggunakan mikroskop pengukur.

- Data yang terlihat pada alat uji kekerasan tersebut, kemudian dicatat dan diambil rata-rata nilai kekerasannya.

$$VHN = \frac{1,854 P}{d^2} \text{ kg/mm}^2$$

Dimana VHN menunjukkan angka kekerasan Vickers ( $\text{kg/mm}^2$ ), P adalah beban terpasang (gram) dan d adalah diagonal bekas injakan penetrator ( $\mu\text{m}$ ).

## METODOLOGI PENELITIAN

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.

### Prosedur Penelitian

#### *Prosedur proses pengecoran*

- Velg dipotong  $\pm 3$  cm dan ditimbang beratnya untuk dimasukkan ke dalam kowi.
- Hidupkan oven pemanas dan masukan kowi yang berisi potongan aluminium ke dalam oven pemanas untuk dipanaskan.
- Ketika suhu sudah mencapai  $700^\circ\text{C}$ , hidupkan *stopwatch* untuk melihat waktu tahan sampai aluminium melebur secara merata.
- Setelah aluminium melebur secara merata, kemudian gunakan tang penjepit untuk mengangkat kowi yang berisi aluminium cair tersebut untuk dituang ke dalam cetakan.
- Biarkan logam aluminium cair membeku dalam cetakan, selanjutnya dilakukan pembongkaran spesimen.
- Melakukan pembentukan spesimen dengan gergaji besi, gurinda listrik, kikir, kertas pasir, dan mistar siku.

#### *Prosedur pelapisan nikel*

- Mempersiapkan alat dan bahan untuk proses pelapisan Nikel
- Sebelum dilakukan proses pelapisan perlu pengerjaan pendahuluan seperti membersihkan benda uji dengan larutan HCL, *polishing* spesimen, membersihkan benda uji dengan *detergent*, membersihkan benda uji dengan air sabun (*degreasing*) kemudian dibilas dengan air untuk menghilangkan sisa

sabun hingga benar-benar bersih.

- Mencampur larutan elektrolit nikel ( Ni ) dalam bak *plating*.
- Memasukkan spesimen ke dalam bak *plating*
- Mengangkat spesimen ketika waktu sudah mencapai 5, 10, 15 menit dengan variasi tegangan 3 volt, 4,5 volt, 6 volt.
- Setelah selesai proses pelapisan Nikel akan dilakukan proses pengerjaan akhir meliputi membersihkan spesimen dengan air dalam bak pembersih, *polishing*, dan pengeringan.
- Persiapan spesimen untuk melakukan pengujian.

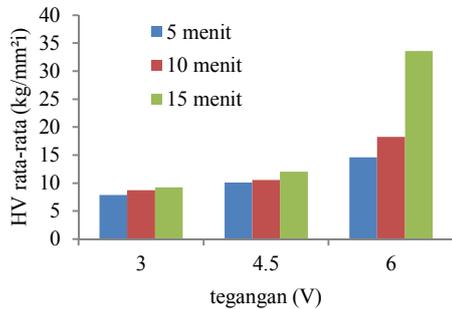
#### *Prosedur pengujian spesimen*

- Menentukan beban dan waktu tahan injakan indenter.
- Spesimen diletakan pada *head* mesin
- Tempatkan fokus pembebanan pada daerah yang telah ditentukan.
- Tekan tombol start untuk menurunkan beban.
- Setelah waktu 10 detik beban akan naik keatas dan melakukan pengukuran panjang diagonal hasil injakan indenter.
- Melakukan perhitungan nilai kekerasan.

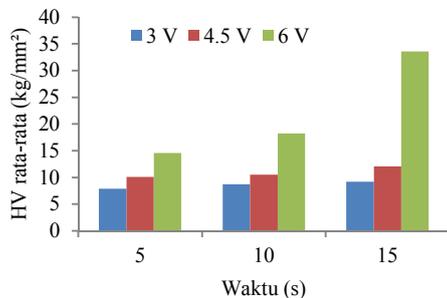
## PEMBAHASAN

Dari hasil perhitungan nilai kekerasan pelapisan Nikel kemudian didapatkan nilai kekerasan pada tegangan 3 volt dengan waktu 5, 10 dan 15 menit yaitu  $7,883 \text{ kg/mm}^2$ ,  $8,704 \text{ kg/mm}^2$ ,  $9,225 \text{ kg/mm}^2$ , Pelapisan Nikel pada tegangan listrik 3 volt dengan waktu 5 menit ke 10 menit terjadi peningkatan nilai kekerasan sebesar 10,4 % dan pelapisan Nikel pada tegangan listrik 3 volt dengan waktu 5 menit ke 15 menit terjadi peningkatan nilai kekerasan sebesar 5,98 %.

Pada Gambar 4 menunjukkan adanya peningkatan nilai kekerasan pelapisan Nikel seiring dengan meningkatnya tegangan listrik. Hal ini disebabkan karena adanya tegangan listrik (beda potensial) antara elektroda menyebabkan ion-ion dalam sistim bergerak ke elektroda. Hubungan antara beda potensial dan arus listrik yang dirumuskan melalui hukum Ohm yaitu  $I = V/R$ . Sesuai dengan hukum Ohm, bila hambatan (R) yang diberikan tetap/konstan maka besarnya beda potensial (V) sebanding dengan besarnya arus listrik (I).



Gambar 4. Grafik hubungan nilai kekerasan terhadap tegangan pelapisan Nikel



Gambar 5. Grafik hubungan nilai kekerasan terhadap waktu pelapisan Nikel

Hubungan antara produk suatu endapan dengan jumlah arus dan waktu yang digunakan pada proses pelapisan listrik (elektroplating) berdasarkan Hukum Faraday yang menyatakan bahwa jumlah zat yang terbentuk dan terbebas pada elektroda selama elektrolisis sebanding dengan jumlah arus listrik yang mengalir dalam larutan elektrolit dan jumlah zat yang dihasilkan oleh arus listrik yang sama selama elektrolisis sebanding dengan beratnya ekivalen masing-masing zat tersebut.

Dalam hal ini dapat dikatakan bahwa nilai kekerasan semakin meningkat seiring dengan meningkatnya tegangan listrik karena arus listrik yang dihasilkan juga meningkat, maka jumlah elektron akan semakin banyak dan semakin cepat terlepas dari larutan elektrolit untuk menempel ke katoda sehingga logam yang diendapkan semakin tebal.

Pada Gambar 5 di atas menunjukkan adanya peningkatan nilai kekerasan pelapisan Nikel seiring dengan meningkatnya waktu pelapisan. Hal ini disebabkan karena semakin

lama waktu pelapisan akan semakin banyak deposit yang terbentuk pada permukaan material sehingga lapisan lebih padat dan kerapatan permukaan meningkat.

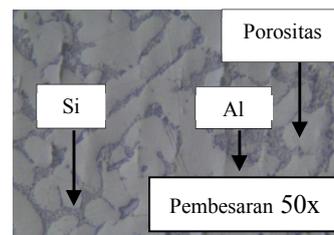
### Analisa uji komposisi

Uji komposisi material digunakan untuk mengetahui komposisi kimia dan menentukan jenis material yang digunakan di dalam penelitian. Pengujian dilakukan menggunakan alat *Optical Emission Spectrometer*. Dari data hasil pengujian spectrometer dan hasil pengujian komposisi material Aluminium *scrap* sebelum *electroplating* dan sesudah *electroplating* memperlihatkan bahwa terjadi perubahan pada unsur-unsur tertentu. Pada unsur Aluminium (Al) terjadi penurunan sebesar 0,93 %, pada unsur Silikon (Si) mengalami kenaikan sebesar 0,3963 %, sedangkan pada unsur paduan unsur Nikel (Ni) mengalami kenaikan sebesar 0,5204 %.

Dari data hasil pengujian komposisi dapat disimpulkan bahwa unsur paduan dari Aluminium *Scrap* adalah Aluminium Silikon (Al Si), karena unsur paduan yang mendominasi pada Aluminium adalah Silikon.

### Struktur Mikro

#### Struktur mikro raw material



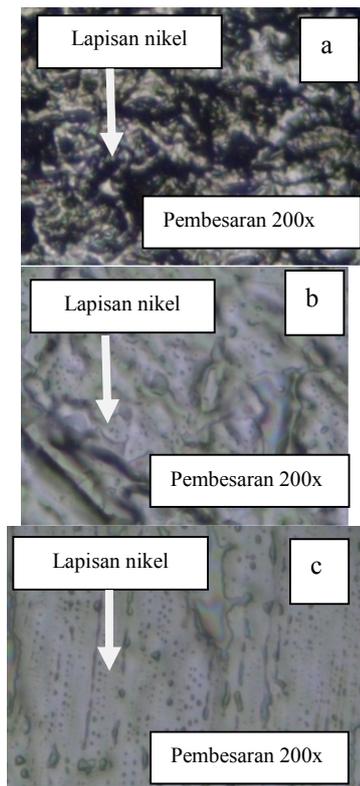
Gambar 6. Struktur mikro raw material

Hasil dari pengujian struktur mikro raw material unsur paduan ditandai dengan warna abu-abu, unsur paduan terdiri dari unsur Aluminium (Al) dengan unsur elemen lainnya seperti magnesium, mangan, besi. sedangkan partikel Silikon (Si) berupa garis-garis dengan warna gelap.

Struktur mikro coran yang terbentuk pada pengecoran ulang velg bekas unsur Si tersebar tidak merata dan didominasi oleh Al.

Pengelompokan presipitat sangat terlihat jelas membentuk seperti suatu *islands* atau pulau-pulau yang disebut sebagai segregasi yang menyebabkan rendahnya nilai kekerasan hasil pengecoran material velg bekas, dimana bentuk serta ukuran partikel Si sangat berpengaruh terhadap kekuatan mekanik dari paduan Al-Si (Dobrzański, 2006 ).

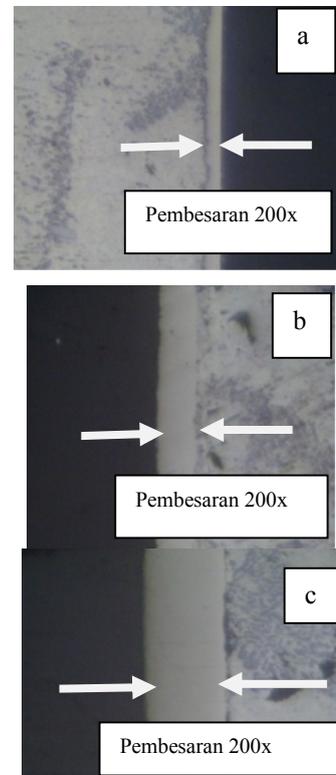
#### Struktur mikro pelapisan nikel.



Gambar 7. Struktur mikro pelapisan Nikel waktu 15 menit : a). 3 volt b). 4,5 volt c). 6 volt.

Pada gambar diatas menunjukkan struktur mikro adalah lapisan Ni dimana lapisan Nikel ditandai dengan warna putih. Perbedaan Struktur mikro pelapisan Nikel pada tegangan 3 volt dan 4,5 volt didominasi oleh lapisan Nikel yang hampir homogen sedangkan struktur mikro pelapisan Nikel pada tegangan 6 volt didominasi oleh lapisan Nikel dengan distribusi susunan atomnya rapat dan merata. Dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu pelapisan maka susunan atomnya semakin rapat dan merata.

#### Struktur mikro tebal pelapisan nikel.



Gambar 8. Struktur mikro tebal pelapisan Nikel waktu 15 menit a). 3 Volt b). 4.5 Volt c). 6 Volt

#### KESIMPULAN

Nilai kekerasan naik seiring dengan meningkatnya tegangan listrik, nilai kekerasan tertinggi yaitu pada tegangan 6 volt sedangkan nilai kekerasan terendah pada tegangan 3 volt, dapat disimpulkan bahwa terjadinya kenaikan nilai kekerasan akibat adanya penambahan tegangan listrik pada proses elektroplating dan Nilai kekerasan naik seiring dengan meningkatnya waktu pelapisan, nilai kekerasan tertinggi yaitu pada waktu 15 menit, sedangkan nilai kekerasan terendah pada waktu 5 menit, dapat disimpulkan bahwa terjadinya kenaikan nilai kekerasan akibat adanya penambahan waktu pada proses elektroplating.

#### SARAN

Untuk penelitian selanjutnya disarankan

mengembangkan eksperimen ini dengan menambah variabel lainnya sebagai penelitian lanjutan dan juga Perlu dilakukan pengujian raw material dengan variasi tegangan dan waktu yang sama pada material setelah di *electroplating* terhadap kekerasan permukaan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Budiyo, (2004), Proses pengecoran ulang (remelting) material aluminium remelting dapat menurunkan ketangguhan paduan aluminium.
- [2] Dwiyanto, 2010, "Pengaruh Perbedaan Casting Modulus Coran Terhadap Kekerasan Serta Struktur Mikro Hasil Proses Pengecoran Cetakan Pasir Paduan Aluminium", Tugas Akhir, Universitas Sebelas Maret.
- [3] Erich, U. K. M., Priyo, T. I., 2012, "Karakteristik Perambatan Retak Fatik Aluminium Scrap Dengan Variasi Putaran Centrifugal Casting", Jurnal Foundry Vol. 2 No. 2
- [4] Kusmono, 2012, Pengaruh konsentrasi larutan dan waktu pelapisan Nikel pada aluminium terhadap kekerasan.
- [5] Malau, V., 2009, Sifat-sifat Lapisan Hard Chrome pada Baja S45C dengan Variasi Tegangan, Suhu dan Lama Pelapisan, Prosiding Seminar Nasional Kluster Riset Teknik Mesin 2009, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Negeri Sebelas Maret, Surakarta, Oktober 2009, ISBN 978-602-95597-0-5.
- [6] 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.
- [7] Nugroho., 2011, Pengaruh rapat arus dan aditif p-vanilin terhadap kualitas lapisan elektroplating Zn-Ni pada substrat besi, Skripsi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret Surakarta 2011, Hal 1-66.
- [8] Raharjo, S., 2010, "Pengaruh variasi tegangan listrik dan waktu proses elektroplating terhadap sifat mekanis dan struktur mikro baja karbon rendah dengan krom", Tesis, Program Studi Magister Teknik Mesin, Program Pascasarjana, Universitas Diponegoro
- [9] 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
- [10] Sugiyarta., Bayuseno., Nugroho., 2012, Pengaruh konsentrasi larutan dan kuat arus terhadap ketebalan pada proses pelapisan nikel untuk baja karbon rendah, Rotasi – Vol. 14, No. 4, Oktober 2012, Hal 23–27, <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/rotasi>
- [11] Sutrisno, 2013, "Pengaruh Variasi Waktu Baja Karbon Rendah Terhadap Struktur Mikro, Nilai Kekerasan, Laju Korosi dan Nilai Keausan Spesifik", POLITEKNOSAINS Vol. XII No. 2
- [12] Tarwijayanto Danang., Wahyu Purwo Raharjo., Teguh Triyono., (Maret 2013), Pengaruh arus dan waktu pelapisan hard chrome terhadap ketebalan lapisan dan tingkat kekerasan mikro pada plat baja karbon rendah AISI 1026 dengan menggunakan  $\text{CrO}_3$  250 gr/lit dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  2,5 gr/lit pada proses elektroplating

