

## Experimental Observation on The Changes of Microstructure Grain of Al-Coal Ash Composite under T6 Heat Treatment

Ichlas Wahid<sup>1,\*</sup> dan Maula Nafi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Teknik Mesin, Universitas 17 Agustus 1945 - Surabaya

\*Korespondensi: ichlaswahid@untag-sby.ac.id

**Abstract.** Metal matrix composite is one of cast iron substitute for mechanical component, because it is strong light and corrosion resistance. The aim of this research is to fabricate aluminum-ash composite from coal, then analyze the microstructure after T6 heat treatment. The composite is going to be used as disc brake holder for electric car made by UNTAG Surabaya. Fabrication process of Al - coal ash composite is conducted using electroless plating and squeeze casting methods. The specimen is heated under T6 heat treatment method at temperature 540 °C for 4 hours, and then is quenched using several cooling medium, namely SAE 10-40 oil, water and brine. The specimen then artificially age for 1 hour, 3 hours and 5 hours. The testing that will be conducted is microstructure testing. The specimen is cut and then polished and etch. Etching solution used in this experiment is NaOH, HNO<sub>3</sub> and HF with ratio volume of 5% : 75% : 20%. Metallographic observation is performed using optical microscope. The result from metallography can be differentiate from section that form, grain amount and diameter of grain. Specimen that used cooling medium of water and artificially age for 1 hour have the lowest result, that is grain amount  $G=3,9$  with average diameter of 55  $\mu\text{m}$ . Longer the time for artificial aging, the higher amount of G and average diameter, as well as cooling medium of brine and oil.

**Abstrak.** Material komposit bermatriks logam merupakan salah satu bahan alternatif pengganti besi cor untuk komponen mesin, karena menghasilkan sifat yang kuat, ringan dan tahan korosi. Penelitian ini bertujuan melakukan fabrikasi komposit aluminium - abu dasar batubara, kemudian menganalisis struktur mikronya apabila diberikan perlakuan panas T6. Komposit yang difabrikasi digunakan sebagai *caliper* atau dudukan cakram pada mobil buatan UNTAG Surabaya. Proses fabrikasi komposit aluminium - abu dasar batubara dengan metode *electroless plating* dan *squeeze casting*. Kemudian spesimen diberi perlakuan panas T6, berupa pemanasan pada 540 °C selama 4 jam, dilanjutkan dengan pendinginan cepat menggunakan beberapa media pendingin, yakni oli SAE 10-40, air, dan air garam. Kemudian diberikan perlakuan *artificial aging* dengan waktu selama 1 jam, 3 jam, dan 5 jam. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian struktur mikro. Spesimen dipotong kemudian dilakukan preparasi specimen metalografi dengan *polishing* dan *etching*. Larutan etsa yang diberikan yaitu NaOH, HNO<sub>3</sub> dan HF dengan perbandingan volume 5% : 75% : 20%. Proses metalografi dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik. Dari hasil dari pengujian metalografi dapat diklasifikasi bagian-bagian yang terbentuk, jumlah butir, dan diameter rata-rata butir. Spesimen dengan media pendingin air dengan waktu *artificial aging* 1 jam mempunyai nilai paling rendah, yaitu jumlah butir  $G = 3,9$  dengan diameter rata-rata 55  $\mu\text{m}$ . Semakin lama waktu *artificial aging*, semakin besar nilai G dan diameter rata-rata, begitu pula pada media pendingin air garam dan oli SAE.

**Kata kunci:** aluminium-abu dasar batubara, artificial aging, komposit, metalografi, struktur mikro

© 2017. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

### Pendahuluan

Dalam perguruan tinggi di Indonesia dalam tahun belakangan ini sangat banyak proyek untuk pembuatan mobil listrik. Tingginya proyek mobil listrik ini maka perguruan tinggi juga melaksanakan penelitian terhadap komponen – komponen yang akan di gunakan mobil listrik tersebut untuk bisa memproduksi sparepart sendiri dan berlomba-lomba memproduksi tipe dan model-model terbaru. Bahan komposit bermatrik logam merupakan salah satu solusi yang dapat dikembangkan, karena pada komposit matrik logam akan menghasilkan sifat yang kuat, ringan dan tahan korosi [1]. Jenis kom-

posit yang banyak dikembangkan ini adalah komposit yang matriknya berupa logam (*MMC/Metal Matrix Composite*), yaitu komposit bermatrik aluminium (*AMC/Aluminium Matrix Composite*). Saat ini AMC digunakan dalam industri otomotif untuk piston, *disc brake*, gear dll [2]

Kelebihan dari AMC adalah ringan, memiliki kekerasan tinggi, modulus spesifik yang tinggi dan sifat ketahanan aus yang baik. Salah satu komponen mobil listrik yang sangat penting adalah dudukan cakram [1]. Komponen penguat harus memiliki modulus elastisitas yang lebih tinggi daripada kom-

ponen matriksnya. [2] Harus ada ikatan permukaan yang kuat antara komponen penguat dan matriks.

Penelitian ini bertujuan melakukan fabrikasi komposit Aluminium-abu dasar batubara, kemudian menganalisis struktur mikronya apabila diberikan perlakuan panas T6.

### Metode Penelitian

Komposit yang difabrikasi digunakan sebagai *caliper* atau dudukan cakram pada mobil buatan UNTAG Surabaya. Proses fabrikasi komposit aluminium - abu dasar batubara dengan metode *electroless plating* dan *squeeze casting*. Kemudian spesimen diberi perlakuan panas T6, berupa pemanasan pada 540°C selama 4 jam, dilanjutkan dengan pendinginan cepat menggunakan beberapa media pendingin, yakni oli SAE 10-40, air, dan air garam. Kemudian diberikan perlakuan *artificial aging* dengan waktu selama 1 jam, 3 jam, dan 5 jam.

Bahan komposit aluminium - abu dasar batubara meliputi aluminium 93,5 %, abu dasar batubara 4%, pasir silika 2% dan magnesium (Mg) 0,5%. Pada proses pengecoran, diperlukan peralatan seperti: tungku pengecoran, termokopel tipe K, cetakan pangkon dudukan cakram yang telah dipersiapkan, dan cetakan specimen uji. Tahapan pengecoran meliputi persiapan tungku cor, yaitu memanaskan tungku sampai suhu tertentu setelah itu baru bahan aluminium dimasukkan ke tungku yang sudah panas. Kemudian saat aluminium sudah mencair pada suhu 600°C (diukur dengan termokopel) pasir silika dicampur untuk memisahkan kotoran/kerak dari bahan aluminium.

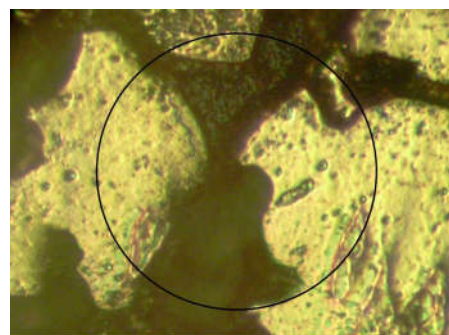
Selanjutnya setelah bahan aluminium bersih dari kotoran/kerak, dicampurkan abu dasar batubara dan Mg secara bergantian dan diaduk. Tahapan terakhir adalah menuangkan aluminium cair kedalam cetakan yang sudah dipanasi terlebih dahulu.

Sedangkan pada proses perlakuan panas T6 diperlukan peralatan seperti: tanur pemanas (merk SELECTA), termometer dan 3 kaleng untuk media pendingin berupa Oli SAE 10-40, air murni, dan air garam. Langkah-langkah proses perlakuan panas T6 meliputi: 1) *solution heat treatment* pada temperatur 540°C, 2) *quenching* dengan media air garam, Air murni, dan Oli SAE 40, 3) proses penuaan buatan *artificial aging* dengan temperatur 180°C dan variasi waktu 1, 3 dan 5 jam, dan 4) pendinginan dengan temperatur kamar

Sebelum melakukan pengujian metalografi, terlebih dahulu dilakukan proses preparasi sampel persiapan pengamatan metalografi. Setelah dilakukan preparasi sampel, selanjutnya dilakukan pengamatan struktur mikro dengan menggunakan mikroskop metalurgi.

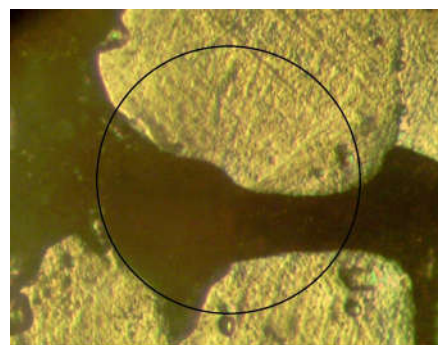
### Hasil dan Pembahasan

Gambar 1 menunjukkan data pengujian metalografi material komposit aluminium - abu dasar batubara dengan *quenching* air murni dan waktu tahan *aging* 1 jam. Diameter rata-rata butiran dapat diperkirakan secara analitik sesuai standar ASTM E-112. Dengan diperoleh nilai G sebesar 4,85 maka didapatkan diameter rata-rata butiran sebesar 65  $\mu\text{m}$ .



**Gambar 1.** data pengujian metalografi material komposit Aluminium – abu dasar batubara dengan *quenching* air murni dan waktu tahan *aging* 1 jam pembesaran 200x

Gambar 2 menampilkan data pengujian metalografi material komposit aluminium - abu dasar batubara dengan *quenching* air garam dan waktu tahan *aging* 1 jam. Diameter rata-rata butiran dapat diperkirakan secara analitik sesuai standar ASTM E-112. Dengan diperoleh nilai G sebesar 3,37 maka didapatkan diameter rata-rata butiran sebesar 0,105  $\mu\text{m}$ .



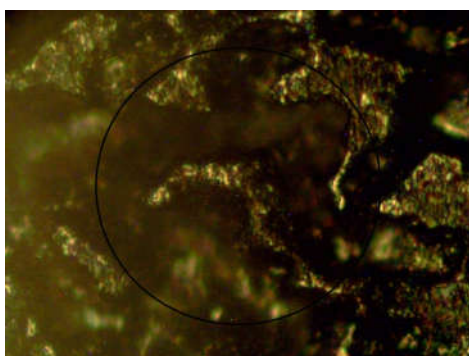
**Gambar 2.** data pengujian metalografi material komposit Aluminium – abu dasar batubara dengan *quenching* air garam dan waktu tahan *aging* 1 jam pembesaran 200x

Gambar 3 menunjukkan data pengujian metalografi material komposit aluminium - abu dasar batubara dengan *quenching* oli hidrolik SAE 10-40 dan waktu tahan *aging* 1 jam. Diameter rata-rata butiran dapat diperkirakan secara analitik sesuai standar ASTM E-112. Dengan diperoleh nilai G sebesar 6,52 maka didapatkan diameter rata-rata butiran sebesar 30  $\mu\text{m}$ .



**Gambar 3.** data pengujian metalografi material komposit Alumunium – abu dasar batubara dengan quenching oli SAE 10-40 dan waktu tahan *aging* 1 jam pembesaran 200x

Gambar 4 menampilkan data pengujian metalografi material komposit alumunium - abu dasar batubara tanpa perlakuan panas T6. Diameter rata-rata butiran dapat diperkirakan secara analitik sesuai standar ASTM E-112. Dengan diperoleh nilai G sebesar 3,90 maka didapatkan diameter rata-rata butiran sebesar 90  $\mu\text{m}$ .



**Gambar 4.** data pengujian metalografi material komposit Alumunium – abu dasar batubara tanpa perlakuan panas T6 pembesaran 200x

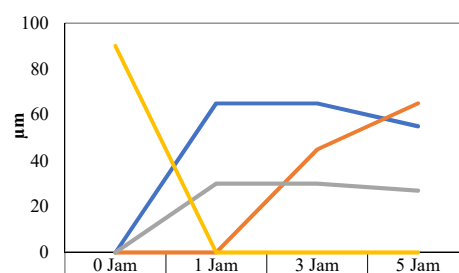
Tabel 1 menunjukkan perbandingan jumlah butir dan diameter butir rata-rata pada setiap media *quenching*, waktu tahan *aging*, dan tanpa perlakuan panas

**Tabel 1.** Komparasi jumlah dan diameter butir rata-rata

| Media pendingin       | 0 Jam     | 1 Jam                      | 3 Jam                   | 5 Jam                   |
|-----------------------|-----------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Air murni             | 0         | 4,85 = 65 $\mu\text{m}$    | 4,95 = 65 $\mu\text{m}$ | 5,47 = 55 $\mu\text{m}$ |
| Air garam             | 0         | 3,37 = 0,105 $\mu\text{m}$ | 4,25 = 75 $\mu\text{m}$ | 5,02 = 65 $\mu\text{m}$ |
| Oli SAE 10-40         | 0         | 6,52 = 30 $\mu\text{m}$    | 6,90 = 30 $\mu\text{m}$ | 7,58 = 27 $\mu\text{m}$ |
| Tanpa perlakuan panas | 3,90 = 90 | 0                          | 0                       | 0                       |

Gambar 5 menampilkan hubungan perubahan butir setiap media *quenching* dan waktu tahan *aging*, yakni pada pengujian struktur mikro pada komponen dudukan cakram pengaruh waktu tahan *aging* 1, 3 dan 5 jam dengan media pendingin air

garam, air murni, dan oli SAE 10-40. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada media pendingin air dengan waktu tahan 5 jam dengan jumlah butir pada nilai  $G = 5,47$ , diperoleh diameter rata-rata butiran sebesar 55  $\mu\text{m}$ , dan pada media pendingin air garam dengan waktu tahan 5 jam dengan jumlah butir pada nilai  $G = 5,02$ , diperoleh diameter rata-rata butiran sebesar 65  $\mu\text{m}$ , sedangkan pada media pendingin oli hidrolik SAE 10-40 dengan waktu tahan 5 jam dengan jumlah butir pada nilai  $G = 7,58$ , diperoleh diameter rata-rata butiran sebesar 27  $\mu\text{m}$ , dan tanpa perlakuan panas T6 jam dengan jumlah butir pada nilai  $G = 3,90$ , diperoleh diameter rata-rata butiran sebesar 90  $\mu\text{m}$ .



**Gambar 5.** Perubahan butir setiap media quenching dan waktu tahan *aging*

### Kesimpulan

- Pada perubahan butir struktur mikro komponen dudukan cakram didapatkan hasil ada proses tanpa perlakuan panas T6 dengan jumlah butir  $G=3,90$  di peroleh diameter rata-rata sebesar 90  $\mu\text{m}$
- Pada media pendingin air dengan waktu tahan 5 jam dengan jumlah butir pada nilai  $G = 5,47$ , diperoleh diameter rata-rata butiran sebesar 55  $\mu\text{m}$
- Pada media pendingin air garam dengan waktu tahan 5 jam dengan jumlah butir pada nilai  $G = 5,02$ , diperoleh diameter rata-rata butiran sebesar 65  $\mu\text{m}$ ,
- Pada media pendingin oli hidrolik SAE 10-40 dengan waktu tahan 5 jam dengan jumlah butir pada nilai  $G = 7,58$ , diperoleh diameter rata-rata butiran sebesar 27  $\mu\text{m}$
- Semakin lama waktu tahan *aging* semakin besar jumlah butir dan semakin kecil diameter rata-rata dari tabel ASTM, sedangkan waktu tahan *aging* dengan waktu yang singkat jumlah butir juga semakin kecil tetapi diameter rata-rata dari tabel ASTM juga semakin besar

## **Referensi**

- [1] Abdillah Fuad, 2010. Perlakuan Panas Paduan Al-Si pada Prototipe Piston Berbasis Material Piston Bekas, Tesis Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang.
- [2] Aluminum Alloys: Aluminum Usage in The Transportation Industry, (online), <http://www.azom.com/>
- [3] Duskiardi dan Soejono Tjitro, 2002. Pengaruh Tekanan Dan Temperatur Die Proses Squeeze Casting Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Pada Material Piston Komersial Lokal, Volume 4, No. 1.
- [4] Haque, M.M. dan Sharif, A., 2001, Study on wear properties of aluminium-silicon piston alloy, *Journal of Materials Processing Technology*, 118, 69-73
- [5] JIS Handbook, Non-ferrous Metal and Metallurgy, Japan Standart Association
- [6] Zeren, M., 2007, The effect of heat treatment on aluminium based piston alloys, *Material and Design*, 28, 2511-2517.