

## Thermal Characteristics of Matrix Composites of Aluminum - Ash Base Coal after T6 Heat Treatment

Rahadhan Chrisna Samudra<sup>1</sup>, Harjo Seputro<sup>2</sup>, Mastuki<sup>2</sup>, Imah Luluk K<sup>1</sup>  
dan Ahmad Fauzan A<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya - Surabaya

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

**Abstract.** This study aims to determine the effect of variations in the weight fraction of coal bottom ash as reinforcement (1.5%, 3%, 4.5%) to the thermal expansion properties of the composite Al6061-coal bottom ash after T6 heat treatment process. This research using gravity casting process, which is using a temperature of 800 °C, followed by the cutting process for the preparation of the specimen. The specimen then do T6 heat treatment process. In this study, using test equipment thermomechanical analysis to determine the value of the coefficient of thermal expansion of aluminum composite. It can be concluded that the effect of weight variation coal bottom ash that the higher the coefficient of thermal expansion of the lower. The coefficient of thermal expansion lies in the composition with the highest weight of coal bottom ash by weight Magnesium 4.5% and 1%, has a thermal expansion coefficient of 30.49 ppm °K<sup>-1</sup>. And the coefficient of thermal expansion lies in the composition with the lowest weight of coal bottom ash by weight Magnesium 1.5% and 2%, has a thermal expansion coefficient of 22,57 ppm °K<sup>-1</sup>.

**Abstrak.** Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi fraksi berat abu dasar batubara sebagai penguat (1,5%, 3%, 4,5%) terhadap sifat pemuaian termal komposit Al6061-abu dasar batubara setelah proses perlakuan panas T6. Penelitian ini menggunakan proses pengecoran gravitasi yang menggunakan suhu 800 °C, dilanjutkan dengan proses pemotongan untuk persiapan spesimen. Spesimen kemudian mendapatkan proses perlakuan panas T6. Dalam penelitian ini, pengujian menggunakan alat uji analisis termomekanik untuk mengetahui nilai koefisien ekspansi termal komposit aluminium. Hasil analisis pengujian dapat disimpulkan bahwa pengaruh variasi berat abu dasar batubara yang semakin tinggi koefisien ekspansi termal semakin rendah. Koefisien ekspansi termal terletak pada komposisi dengan berat abu batubara bawah berat berat Magnesium 4,5% dan 1%, memiliki koefisien ekspansi termal 30,49 ppm °K<sup>-1</sup>. Dan koefisien ekspansi termal terletak pada komposisi dengan berat terendah abu batubara bawah berat Magnesium 1,5% dan 2%, memiliki koefisien ekspansi termal 22,57 ppm °K<sup>-1</sup>.

**Kata kunci:** composite, coal bottom ash, thermomechanical analysis

© 2017. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

### Pendahuluan

Aluminium (Al) merupakan logam ringan yang mempunyai sifat tahan terhadap korosi dan hantaran listrik yang baik. Aluminium biasa dipergunakan untuk peralatan rumah tangga, material pesawat terbang, otomotif, kapal laut, konstruksi dan lain-lain. Untuk mendapatkan peningkatan kekuatan mekanik, biasanya logam aluminium dipadukan dengan unsur Cu, Si, Mg, Zn, Mn, Ni, dan unsur lain.

Perkembangan industri transportasi di Indonesia mengalami perkembangan yang cukup signifikan, baik dari segi pertumbuhan produksi maupun peningkatan teknologi. Akan tetapi para pelaku industri masih mengalami beberapa kendala diantaranya adalah belum seluruhnya industri pendukung seperti bahan baku dan komponen dibuat di dalam negeri. Salah satu upaya yang dapat

dilakukan adalah dengan menggunakan material bahan baku komponen yang dapat diproduksi secara mandiri di dalam negeri.

### Dasar Teori

**Definisi Komposit.** Komposit dapat didefinisikan sebagai suatu kombinasi dua bahan atau lebih yang mempunyai sifat yang berbeda dan digunakan untuk material teknik. Dengan menggabungkan bahan-bahan tertentu maka akan dapat diperoleh suatu bahan lain yang mempunyai sifat yang lebih baik dari masing-masing bahan asalnya.

**Proses Electroless Plating.** Teknologi pelapisan merupakan bidang baru yang dikembangkan dalam skala industri maupun skala riset. Teknologi pelapisan diterapkan dalam berbagai aplikasi baik untuk logam, keramik (kar-bida, nitride dan oksida) hingga dikembangkan untuk material baru dengan

satu atau banyak lapisan pada substrat logam maupun non logam. Aplikasi material coating adalah untuk komponen mesin, alat elektronik, sensoir, foil, optoelektronik, teknologi kesehatan dan banyak aplikasi lainnya. *Electroless plating* biasanya digunakan untuk komponen mekanik ataupun elektronik khususnya untuk meningkatkan ketahanan aus (*wear resistance*) dan dalam beberapa kasus dilakukan untuk meningkatkan ketahanan korosi (dengan perlakuan khusus). Proses ini sangat tidak tergantung dari geometri specimen. Beberapa standar kepresisan komponen dapat diperoleh dengan elektroless nikel untuk memperoleh toleransi dimensi. Komposit dengan elektroless nikel yang mengandung partikel silikon carbida (SiC) dapat menaikkan ketahanan aus dan menurunkan koefisien friksi. *Electroless plating* adalah deposisi metal dari larutan dengan menggunakan agen pereduksi (RA) dalam larutan atau disolusi substrate dengan elektron bebas. *Electroless plating* dapat dibagi menjadi dua model, yaitu *autocatalytic plating* dan *ion-exchange plating*.

**Material Penyusun Komposit.** Bahan-bahan penyusun komposit dapat terdiri dari aluminium, abu dasar batubara, magnesium dan pasir silika.

Aluminium yang digunakan dalam penelitian ini adalah Al6061(Al-Mg-Si), dan aluminium tersebut berfungsi sebagai matrik pada komposit tersebut, fungsi dari matrix adalah sebagai pengikat pada penguat. Sebagai paduan praktis dapat diperoleh paduan 5053, 6063 dan 6061. Paduan dalam sistem ini mempunyai kekuatan kurang sebagai bahan tempaan dibandingkan dengan paduan-paduan lainnya, tetapi sangat liat, sangat baik mampu bentuknya untuk penempaan, ekstrusi dsb, dan sangat baik untuk mampu bentuk yang tinggi pada temperatur biasa. Mempunyai mampu bentuk yang baik pada ekstrusi dan tahan korosi, dan sebagai tambahan dapat diperkuat dengan perlakuan panas setelah penggerjaan.

Pada penelitian yang ini penguat yang digunakan adalah abu dasar batubara yaitu limbah padat hasil dari sisa pembakaran abu batubara. Komposisi penguat didalam suatu komposit sangat berpengaruh pada kekuatan komposit yang dihasilkan. Abu dasar batubara merupakan salah satu material keramik oksidasi yang tersusun lebih dari 70 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ , dan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  yang mempunyai angka kekerasan yang cukup tinggi dan mempunyai titik cair hingga diatas 2000° C. Partikel abu dasar batubara juga mempunyai beban yang sangat ringan yaitu 0,4 – 0,6 gr/cm<sup>3</sup> sehingga dapat diharapkan mendapat material komposit yang lebih ringan dan kekuatan yang tinggi.

Magnesium adalah unsur yang dapat meningkatkan kekuatan dan kekerasan pada kondisi per-

lakuan panas. Pembuatan komposit, Magnesium (Mg) berfungsi sebagai *wetting agent* untuk meningkatkan pembasahan antara matrik dan penguat dengan cara menurunkan tegangan permukaan antara keduanya dan menghaluskan butiran kristal secara efektif pada aluminium. Selain itu Mg juga meningkatkan ketahanan terhadap korosi paduan namun menurunkan sifat mampu cor. Penambahan magnesium (Mg) digunakan untuk meningkatkan daya lekat dan mampu basah antar material komposit dan menghaluskan butir.

Pasir kuarsa/silika adalah bahan galian yang terdiri atas kristal-kristal silika ( $\text{SiO}_2$ ) dan mengandung senyawa pengotor yang terbawa selama proses pengendapan. Pasir kuarsa juga dikenal dengan nama pasir putih merupakan hasil pelapukan batuan yang mengandung mineral utama, seperti kuarsa dan feldspar. Hasil pelapukan kemudian tercuci dan terbawa oleh air atau angin yang terendapkan di tepi-tepi sungai, danau atau laut. Pasir kuarsa mempunyai komposisi gabungan dari  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ , dan  $\text{K}_2\text{O}$ , berwarna putih bening atau warna lain bergantung pada senyawa pengotornya, kekerasan 7 (skala Mohs), berat jenis 2,65, titik lebur 1715 °C, bentuk kristal hexagonal, panas sfesifik 0,185, dan konduktivitas panas 12 – 1000 °C.

**Kemampuan Umum Analisis Termal.** Apabila material dipanaskan dengan laju pemanasan tetap, terjadi perubahan kimia, seperti oksidasi dan degradasi, dan atau perubahan fisika, seperti transisi gelas pada polimer, konversi/inversi pada keramik dan perubahan fasa pada logam. Analisis thermal digunakan sebagai pelengkap analisis difraksi sinar-x, mikroskopi optik dan elektron digunakan untuk pengembangan material baru dan untuk pengendalian produksi, kadang-kadang digunakan untuk menetapkan perubahan temperatur dan energi berkaitan dengan perubahan struktural pada kesempatan lain digunakan secara kualitatif untuk menentukan jejak “sidik jari” karakteristik material tertentu.

**Pemuaian thermal.** Bila temperatur sebuah benda naik, maka benda biasanya memuai. Perhatikanlah sebuah batang panjang yang panjangnya  $L$  pada temperatur  $T$ . bila temperatur sebuah benda  $\Delta T$ , perubahan panjang  $\Delta L$  sebanding dengan  $\Delta T$  dan panjang mula-mula  $L$ :

$$\Delta L = \alpha_L \Delta T \quad (1)$$

dimana  $\Delta L$  adalah perubahan panjang (mm),  $L$  adalah panjang awal (mm),  $\alpha_L$  adalah koefisien muai (°C) dan  $\Delta T$  = perubahan suhu (°C).

**Perlakuan Panas.** Perlakuan panas adalah suatu proses pemanasan dari suatu logam yang bertujuan

untuk mendapatkan sifat mekanik yang optimum. Selain itu juga perlakuan panas khususnya aluminium bertujuan untuk memperoleh struktur logam hasil coran yang seragam, memperbaiki sifat mampu mesin, stabilitas dimensi, dan menghilangkan tegangan sisa (residual stress) akibat kontraksi selama peleburan.

Perlakuan panas yang paling sesuai sebagai proses finishing pada material komposit Al – abu dasar batubara ini adalah perlakuan panas T6. Dimana proses perlakuan panas T6 dilakukan dalam tiga tahap yaitu:

- Solution heat treatment ( pemanasan )
- Quenching ( pendinginan )
- Aging ( waktu tahan )

**Metode Gravity Casting.** *Gravity casting* adalah salah satu metode mengandalkan gravitasi tanpa menerapkan tekanan. Hal ini dimungkinkan untuk menghasilkan distribusi spasial dari bahan komponen dengan casting langkah demi langkah. Penyebab cacat sering merupakan Kombinasi dari beberapa faktor bukan satu pun. Ketika berbagai faktor digabungkan, akar penyebab dari pengecoran cacat benar-benar dapat menjadi misteri. Hal ini penting untuk mengidentifikasi gejala cacat sebelum menentukan penyebab untuk masalah ini. obat palsu tidak hanya gagal untuk memecahkan masalah, mereka dapat membingungkan masalah dan membuat lebih sulit untuk menyembuhkan cacat.

**Pengujian TMA.** *Thermomechanical Analysis* (TMA) adalah digunakan untuk mengukur perubahan dimensi material sebagai fungsi temperatur. Ekspansi termal dan suhu pelunakan menentukan kemungkinan penerapan materi dan memberikan informasi penting tentang komposit.

## Metode Penelitian

Proses pengecoran komposit *metode gravity casting* dimulai dengan menimbang bahan-bahan kpmposit. Setelah menimbang bahan-bahan komposit, berikut adalah langkah-langkah proses pengecoran sebagai berikut:

- Mempersiapkan alat dan bahan untuk proses pengecoran komposit aluminium.
- Menyalakan burner untuk proses pemanasan.
- Aluminium dipanaskan sampai titik cair 660°C
- Setelah sampai temperatur 700°C ditambahkan dengan abu dasar batubara, Magnesium dan pasir silika kedalam aluminium cair secara berurutan dengan variasi fraksi yang telah disiapkan sebelumnya.
- Setelah itu tunggu sampai mencapai suhu 800°C setelah itu tuangkan cairan komposit ke dalam cetakan yang telah disediakan.

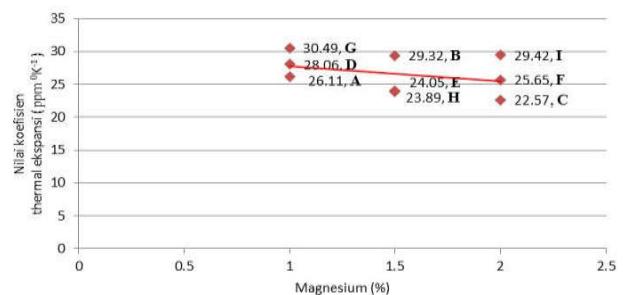
- Sebelum cairan dituangkan ke cetakan, panaskan cetakan terlebih dahulu agar tidak terjadi porosity (rongga udara) pada logam yang akan diolah.
- Tuangkan cairan aluminium kedalam cetakan secara bertahap.

Langkah – langkah pada proses perlakuan panar T6 dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Panaskan material Al-Abu dasar batubara sampai pada suhu 520°C.
- Ditahan pada suhu 520°C selama 0.5 jam.
- Kemudian didinginkan secara cepat menggunakan air biasa sampai suhu kamar 30°C.
- Setelah itu dipanaskan kembali sampai pada suhu 325°C dan ditahan selama 2 jam.
- Kemudian didinginkan secara normal sampai suhu kamar kembali.

## Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian *Thermomechanical Analysis* pada pemasaran mulai 25°C - 550°C dengan rate temperatur 5°C /menit, dengan ukuran sampel berupa pellet atau bundar dengan ukuran diameter 10 mm dan tinggi maksimum 4 mm untuk efektifitas pengujian maka sampel dibuat tinggi ±2,5mm. Dari hasil pengujian TMA, didapat diperoleh hasil hubungan magnesium dengan koefisien ekspansi termal.



Gambar 1. Variasi fraksi berat abu dasar batubara

Dari gambar 1 dapat dilakukan analisa pada komposisi fraksi abu dasar batubara 1.5% dan komposisi fraksi abu dasar batubara 3% dengan komposisi magnesium yang sama sebesar 1.5% pada suhu yang sama yaitu 315 °C mendapatkan nilai koefisien ekspansi yang semakin rendah yaitu komposisi B sebesar 29.70 ppm  $^{\circ}\text{K}^{-1}$  dan komposisi E sebesar 21.78 ppm  $^{\circ}\text{K}^{-1}$ .

## Kesimpulan

Pengaruh variasi berat abu dasar batubara dapat disimpulkan bahwa seiring meningkatnya fraksi berat Abu dasar batubara maka nilai Koefisien thermal ekspansi semakin rendah, karena abu dasar batubara memiliki banyak mengandung unsur

keramik yang merupakan isolator yang baik sehingga panas yang didapat diserap oleh keramik tersebut, sehingga nilai thermal ekspansi menjadi semakin rendah. semakin rendahnya nilai koefisien thermal ekspansi maka akan semakin baik karena dapat diaplikasikan pada komponen yang bekerja pada suhu tinggi. Untuk nilai koefisien thermal tertinggi terdapat pada komposisi dengan berat fraksi abu dasar batubara 4,5% dan berat fraksi magnesium sebesar 1% memiliki nilai koefisien thermal ekspansi sebesar  $30,49 \text{ ppm } ^0\text{K}^{-1}$  dan dengan nilai koefisien thermal ekspansi terendah pada komposisi dengan berat fraksi abu dasar batubara 1,5% dan berat fraksi magnesium sebesar 2% memiliki nilai koefisien thermal ekspansi sebesar  $22,57 \text{ ppm } ^0\text{K}^{-1}$ .

### Daftar pustaka

- [1] Sukma, H., Prasetyani, R., Rahmalina, D., & Imanuddin, R. (2015). Peran penguat partikel alumina dan silicon karbida terhadap kekerasan material.
- [2] Triono, A., Triyono, T., Yaningsih, I. (2015). Analisa pengaruh penambahan Mg pada matriks komposit aluminium remelting piston berpenguat  $\text{SiO}_2$  terhadap kekuatan impact dan struktur mikro menggunakan metode stir casting, 4(1),1-10
- [3] Sugiyono. (2010). Metode penelitian bisnis (15). :Alfabeta,cv
- [4] Smallman, R.E., Bishop, R.J. (2000) Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material. Erlangga.
- [5] Surdia, T., Saito, S., (1985). Pengetahuan Bahan Teknik. Jakarta Pusat: P.T. Pradnya Paramita.
- [6] Oza, A.D., Patel, T.m., (2013). Analysis and Validation of Gravity die Casting Process Using PROcast. *International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management, Volume 2*, (issue 4), 46-52
- [7] Tipler, P., (1998). Fisika untuk Sains dan Teknik. : Erlangga
- [8] Zainuri, M., Eddy, S., Siradj., Zulfia, A., Darminto (2008). PENGARUH PELAPISAN PERMUKAAN PARTIKEL SiC DENGAN OKSIDA METAL TERHADAP MODULUS ELASTISITAS KOMPOSIT Al/SiC.
- [9] Mettler Toledo. Thermomechanical Analysis for Exacting Requirements. Retrieved from <http://www.mt.com>
- [10] Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara. (2005). Retrieved from <http://www.tekmira.esdm.go.id>