

## STUDI PERLAKUAN PANAS *ARTIFICIAL AGING* TERHADAP ANGKA MUAI DAN KONDUKTIVITAS TERMAL MATERIAL KOMPOSIT AL-ABU DASAR BATUBARA

**Rochmat Shobachus Surur**

S1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
e-mail: shobachuss@gmail.com

**Mochammad Arif Irfa'i**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
e-mail: marifirfai@yahoo.co.id

### Abstrak

Komposit aluminium abu dasar batu bara merupakan salah satu komposit matrik logam yang akan diaplikasikan pada salah satu komponen di bidang otomotif yakni piringan cakram (*disc brake*) pada sepeda motor. Komponen yang dibuat untuk sistem rem harus mempunyai sifat bahan yang tidak hanya menghasilkan jumlah gesekan yang besar, tetapi juga harus tahan terhadap gesekan dan tidak menghasilkan panas yang dapat menyebabkan bahan tersebut meleleh atau berubah bentuk. Dalam penggunaannya sebagai piringan cakram bagi sepeda motor, material tersebut mendapatkan gesekan yang dapat menimbulkan panas. Oleh karena itu, sangatlah penting untuk mempelajari secara baik tentang sifat termal dari material tersebut. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan variabel yang digunakan dalam penelitian ini yakni temperature dan waktu pada perlakuan panas T6 temperatur *aging* (160°C, 180°C, 200°C) dan waktu *aging* (2 jam, 4 jam, 6 jam). Selanjutnya, dilakukan pengujian karakteristik panas yakni angka muai, dan konduktivitas panas. Data yang dihasilkan kemudian dianalisa secara deskriptif dengan menggambarkan hasil penelitian dalam bentuk tabel dan grafik secara baik. Dari penelitian ini diketahui nilai konduktivitas panas bertambah besar, seiring dengan peningkatan temperatur *aging* dan waktu *aging*. Sedangkan nilai angka muai mengalami penurunan seiring dengan peningkatan temperature *aging* dan waktu *aging*.

**Kata Kunci:** Komposit, Perlakuan Panas T6, Karakteristik Panas.

### Abstract

Aluminum composite coal bottom ash is one of the metal matrix composite to be applied to one of the components in the automotive field disk disc (*disc brake*) on a motorcycle. In use as a disc for motorcycles, the material is getting friction that can cause heat. Components are made to the brake system should have the properties of materials that are not only produce large amount of friction, but also must be resistant to friction and heat generating which may cause the material to melt or deform. Therefore, it is important to learn as well about the thermal properties of the material. This research used an experimental method with variables used in this study the temperature and time on aging T6 heat treatment temperature (160°C, 180°C, 200°C) and aging time (2 hours, 4 hours, 6 hours). Furthermore, testing covering thermal characteristics is the rate of thermal expansion, and thermal conductivity. The data is then analyzed descriptively by describing the results of research in the form of tables and graphs as well. The result of this research show that thermal conductivity grew up, along with the increasing *aging* temperature and *aging* time. While the expansion thermal value decrease with increasing temperature *aging* and *aging* time.

**Keywords:** Composites, heat treatment T6, heat characteristics

### PENDAHULUAN

Aluminium dan paduannya sejak lama sudah banyak digunakan sebagai bahan konstruksi pada berbagai industri. Sampai saat ini masih terus dikembangkan sifat fisik dan mekanik paduan aluminium. Khususnya pada aplikasi industri otomotif dan industri penerbangan reduksi berat sangat berperan penting dalam pemilihan material. Kombinasi dari logam ringan (*lightweight*) dan tahan terhadap lingkungan (*environment resistant*) dan

sifat-sifat mekanik lainnya yang berguna membuat aluminium sangat baik digunakan sebagai basis logam pada bahan komposit.

Komposit aluminium abu dasar batu bara merupakan salah satu komposit matrik logam yang akan diaplikasikan pada salah satu komponen di bidang otomotif yakni piringan cakram (*disc brake*) pada sepeda motor. Komponen yang dibuat untuk sistem rem harus mempunyai sifat bahan yang tidak hanya menghasilkan jumlah gesekan yang besar, tetapi juga harus tahan

terhadap gesekan dan tidak menghasilkan panas yang dapat menyebabkan bahan tersebut meleleh atau berubah bentuk.

Dalam penelitian ini, akan diteliti tentang pengaruh waktu dan temperatur aging pada perlakuan panas T6 terhadap angka muai dan konduktivitas termal pada material komposit aluminium abu dasar batubara.

Manfaat penelitian ini adalah sebagai informasi dan inovasi mengenai material alternatif untuk bahan baku *disc brake*.

**Komposit Matrik Logam / Metal Matrix Composites**

Metal matrix composites (MMCs) adalah material yang terdiri dari matrik berupa logam dan paduannya yang diperkuat oleh bahan penguat dalam bentuk *continuous fibre*, *whiskers*, atau *particulate*. Sifat komposit tergantung dari beberapa faktor yang mempengaruhinya diantaranya adalah jenis material komposit yang digunakan, fraksi volume penguat, dimensi dan bentuk penguat dan beberapa variabel proses lainnya. Bahan matrik umumnya adalah aluminium serta paduannya, magnesium dan paduannya serta titanium dan paduannya.

**Muai panas (Thermal expansion)**

Pemuain termal adalah konsekuensi dari perubahan jarak rata-rata antar atom dalam sebuah benda. Ketika suhu zat padat naik, atom-atom pun bergetar dengan amplitudo yang lebih besar. Hasilnya rata-rata jarak antar atom pun naik. Dengan demikian, bendanya memuai. Pemuiaan dapat mengakibatkan pertambahan panjang ΔL. ΔL/ L yang sebanding dengan naiknya suhu ΔT.

$$\Delta L / L = \alpha_L \Delta T \tag{1}$$

Keterangan :

- ΔL = perubahan panjang (mm)
- L = panjang awal (mm)
- α<sub>L</sub> = koefisien muai (°C)
- ΔT = perubahan suhu (°C)

Ternyata pada umumnya α<sub>L</sub> (koefisien muai linier) naik sedikit dengan naiknya suhu. Pada muai volume, akibat pemuain maka bahan selain mengalami perubahan panjang juga mengalami perubahan volume yang sebanding dengan kenaikan suhu. Koefisien muai volume α<sub>V</sub> mempunyai hubungan serupa dengan persamaan diatas dengan perubahan volume ΔV/V dan kenaikan suhu ΔT. Nilai α<sub>V</sub> adalah 3 kali nilai α<sub>L</sub>. Diskontinuitas koefisien muai disebabkan oleh perubahan dalam susunan atom bahan.

**Daya Hantar Panas (Thermal Conductivity)**

Perambatan panas melalui bahan padat biasanya terjadi oleh konduksi. Koefisien daya hantar panas κ adalah

konstanta yang menghubungkan aliran panas (*heat flux*) Q dengan gradien suhu ΔT/ Δx.

$$Q = \kappa \cdot A \left( \frac{T_2 - T_1}{x_2 - x_1} \right) \tag{2}$$

$$\kappa = \frac{Q}{A \Delta T / \Delta x}$$

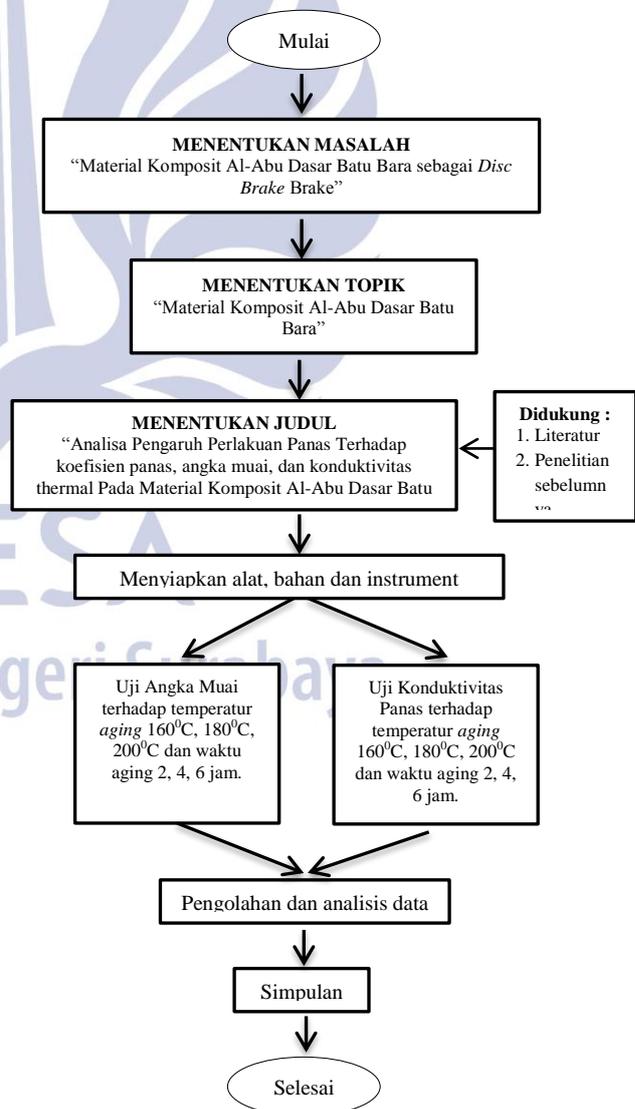
Keterangan:

- Q = Kecepatan aliran panas (W)
- A = luas penampang (mm<sup>2</sup>)
- ΔT = selisih temperatur (°C) atau (°K)
- Δx = Tebal (mm)

Koefisien daya hantar panas juga tergantung pada suhu, akan tetapi berlainan dengan koefisien muai panas. Naiknya suhu yang tinggi terhadap suatu bahan akan mengakibatkan perubahan atom yang mengiringi pencairan dan pengaturan kembali susunan atom-atom yang diakibatkan perubahan suhu akan menyebabkan daya hantar panas terganggu.

**METODE**

**Rancangan Penelitian**



Gambar 1. Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan di :

- Laboratorium Kimia Anorganik, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya
- Laboratorium Terpadu, FMIPA, Universitas Negeri, Surabaya

### Variabel Penelitian

- Variabel bebas

Tabel 1. Variasi Temperatur *Aging* dan Waktu *Aging* Terhadap Angka Muai, dan Konduktivitas Termal

| No | Sampel | Suhu | Waktu | Angka Muai | Konduktivitas Termal |
|----|--------|------|-------|------------|----------------------|
| 1  | A1     | 160  | 2     |            |                      |
| 2  | A2     | 160  | 4     |            |                      |
| 3  | A3     | 160  | 6     |            |                      |
| 4  | B1     | 180  | 2     |            |                      |
| 5  | B2     | 180  | 4     |            |                      |
| 6  | B3     | 180  | 6     |            |                      |
| 7  | C1     | 200  | 2     |            |                      |
| 8  | C2     | 200  | 4     |            |                      |
| 9  | C3     | 200  | 6     |            |                      |

- Variabel terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah karakteristik panas material komposit Al- abu dasar batubara

- Variable control

Variabel kontrol antara lain : perlakuan panas (*Heat Treatment*), dimensi sampel, komposisi sampel, larutan pendingin.

### Instrumen dan Alat Penelitian

Instrumen yang digunakan selama penelitian berlangsung antara lain:

- DTA/ TGA
- Jangka sorong
- Termometer

Alat yang digunakan selama penelitian berlangsung antara lain :

- Tanur pemanas
- Oven
- Kamera
- Gelas ukur
- Kompor
- Penjepit
- Spidol
- Masker
- Sarung tangan

Bahan :

- Material Komposit Al- abu dasar batubara
- Air
- Garam

### Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang akan digunakan pada penelitian ini adalah teknik eksperimen, yaitu mengumpulkan data dengan cara menguji atau mengukur objek yang akan diuji selanjutnya mencatat data-data yang diperlukan.

### Prosedur Penelitian

Tahap pertama adalah mempersiapkan alat dan bahan, dalam penelitian ini alat dan bahan yang harus dipersiapkan antara lain : tanur pemanas, penjepit, cairan pendingin, kompor, kamera, gelas ukur, timbangan, termometer dan alat pendukung lainnya .

Tahap kedua adalah proses perlakuan panas T6:

- Menyalakan tanur, setting temperatur pada 100°C untuk memanaskan tanur.
- Setelah temperatur 100°C, specimen diletakkan pada ruang dalam tanur.
- Menutup tanur, Setting temperature hingga temperatur pelarutan 540°C, setting timer selama 6 jam.
- Setelah 6 jam, angkat specimen satu persatu dan dilakukan pendinginan cepat dengan cara dicelupkan pada cairan *birne*.
- Diamkan specimen hingga dingin pada suhu ruang.
- Dilakukan penuaan buatan *artificial aging* dengan variasi temperatur 160°C, 180°C, 200°C dan variasi waktu selama 2 jam, 4 jam, 6 jam dengan langkah yang sama, namun dengan pendinginan secara alami.

Tahap selanjutnya yakni pengujian karakteristik panas:

- Setelah perlakuan panas T6, sampel dipotong untuk menyesuaikan *holder* pada alat DTA/TGA. 5x5x2 mm
- Specimen dimasukkan ke dalam *holder*, kemudian *holder* dimasukkan ke dalam tanur DTA/TGA.
- Setting pada komputer untuk suhu pemanasan hingga 300°C, dan laju pemanasan yang digunakan  $\pm 20^\circ\text{C}/\text{menit}$ .
- Klik tombol start untuk memulai proses running.
- Dilakukan analisa dan perhitungan terhadap keseluruhan specimen yang telah diuji karakteristik panas.

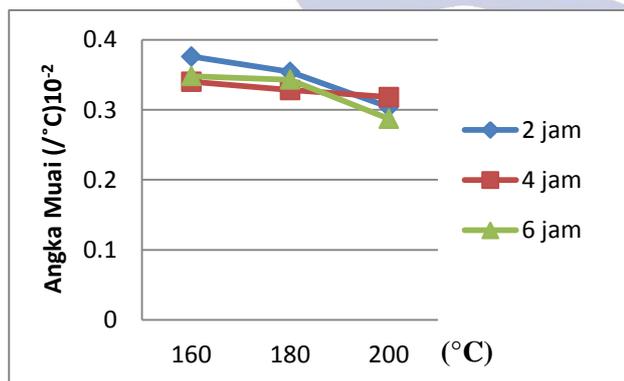
**Teknik Analisis Data**

Teknik analisa data yang digunakan untuk menganalisa data pada penelitian ini adalah statistika deskriptif kuantitatif. Teknik analisa data ini dilakukan dengan cara menelaah data yang diperoleh dari eksperimen dimana hasilnya berupa data kuantitatif yang akan dibuat dalam bentuk tabel dan ditampilkan dalam bentuk grafis. Langkah berikutnya yaitu mendeskripsikan atau menggambarkan data tersebut sebagaimana adanya bentuk kalimat yang mudah dibaca, dipahami dan dipresentasikan sehingga pada intinya adalah sebagai upaya memberi jawaban atas permasalahan yang diteliti.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

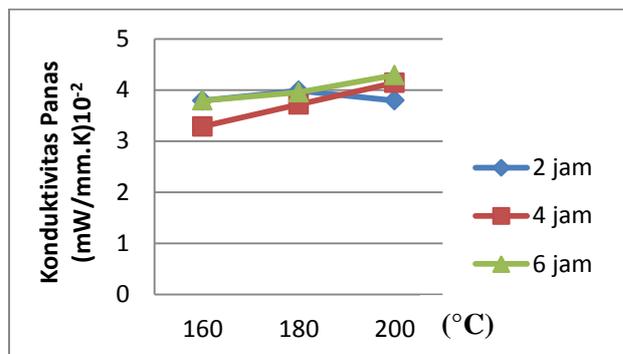
Tabel 2. Hasil Pengujian Rata- Rata Angka Muai dan Konduktivitas Termal

| Sampel | Angka Muai ( $^{\circ}\text{C}$ ) $10^{-2}$ | Konduktivitas Panas ( $\text{mW}/\text{mm.K}$ ) $10^{-2}$ |
|--------|---|---|
| A1     | 3.7   | 3.79  |
| A2     | 3.4   | 3.285   |
| A3     | 3.48  | 3.795   |
| B1     | 3.5   | 3.984   |
| B2     | 3.2   | 3.715   |
| B3     | 3.43  | 3.953   |
| C1     | 3.04  | 3.794   |
| C2     | 3.18  | 4.139   |
| C3     | 2.8   | 4.291   |



Gambar 2. Grafik Hubungan *Artificial Aging* Terhadap Angka Muai

Dari grafik dan tabel di atas dapat disimpulkan bahwa angka muai tertinggi yakni pada sampel A1 dengan suhu *aging*  $160^{\circ}\text{C}$  dan waktu *aging* 2 jam, sedangkan angka muai terendah yakni pada sampel C3 dengan suhu *aging*  $200^{\circ}\text{C}$  dan waktu *aging* 6 jam.



Gambar 3. Grafik Hubungan *Artificial Aging* Terhadap Konduktivitas Panas

Dari grafik dan tabel di atas dapat disimpulkan bahwa konduktivitas panas tertinggi yakni pada sampel C3 dengan suhu *aging*  $200^{\circ}\text{C}$  dan waktu *aging* 6 jam, sedangkan konduktivitas panas terendah yakni pada sampel A2 dengan suhu *aging*  $160^{\circ}\text{C}$  dan waktu *aging* 4 jam.

**PENUTUP**

**Simpulan**

- Perlakuan panas *artificial aging* pada material komposit Al-abu dasar batubara menyebabkan penurunan nilai koefisien muai. Penurunan nilai koefisien panas seiring dengan peningkatan suhu *aging* dan waktu *aging*.
- Perlakuan panas *artificial aging* pada material komposit Al-abu dasar batubara menyebabkan peningkatan nilai konduktivitas panas. Peningkatan nilai konduktivitas panas seiring dengan peningkatan suhu *aging* dan waktu *aging*.

**Saran**

- Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk memperbaiki sebaran partikel penguat pada material komposit Al-abu dasar batubara.
- Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik maksimal yang dimiliki material komposit Al-abu dasar batubara.

**DAFTAR PUSTAKA**

Mangonon, Pat L. 1999. *The Principles of Materials Selection for Engineering Design*. London : Prentice-Hall International, Inc.

Seputro, Harjo. 2006. “ Karakteristik Coran Komposit Al 6061 + Abu Dasar Batubara Dengan Variasi Temperatur dan Waktu T6”. Jurusan Teknik Mesin. Jurnal profesi Universitas 17 agustus Surabaya. ISSN : 1412-7261. Vol 7. No.2.

Seputro, Harjo. 2008. “ Kaji Eksperimen Ketahanan Korosi Komposit Al 6061 + Abu Dasar Batubara Dengan Variabel Pemadu”. Jurusan Teknik Mesin. Jurnal profesi Universitas 17 agustus Surabaya. ISSN : 1412-7261. Vol 10. No.1.

Seputro, Harjo. 2008. “Pengaruh Temperatur dan Kecepatan Penarikan Uji Tarik Panas Terhadap Superplastisitas Komposit Al 6061 + Abu Dasar Batubara”. Jurusan Teknik Mesin. Jurnal profesi Universitas 17 agustus Surabaya. ISSN : 1412-7261. Vol 11. No.2

Smallman R. E, Bishop R. J dan Djaprie, Sriati. 2000.”*Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material*”, Jakarta: Erlangga.

Surdia, Tata dan Saito, Shinroku. 1995. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: Pradnya Paramita.

Sugiyono, 2011. *Statistika untuk penelitian*. Cetakan ke 19. Bandung: Alfabeta.

Tipler, Paul A. 1998. *Fisika Untuk Sains dan Teknik Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.

