

## PENGARUH KOMPAKSI DAN *HOLDING TIME* TERHADAP DENSITAS PADUAN ALUMINIUM/*FLY ASH* YANG DIBUAT DENGAN METALLURGI SERBUK

Dicky Seprianto

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya

Jl. Sriwijaya Negara Bukit Besar Palembang 30139

Telp: 0711-353414, Fax: 0711-453211

E-mail: dickyseprianto@gmail.com

### RINGKASAN

*Fly ash* merupakan residu dari hasil pembakaran batubara yang dapat dimanfaatkan dalam paduan aluminium. Pada penelitian ini dibuat paduan aluminium dengan *fly ash* yang menggunakan metode metallurgi serbuk. Serbuk aluminium diperoleh dari *Merck German* berbentuk irreguler dan ukuran partikel yang homogen sedangkan serbuk *fly ash* diperoleh dari sisa pembakaran pada proses forging dibengkel mekanik Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya. Serbuk aluminium dicampur dengan berat fraksi *fly ash* sebesar 5% selama 2 jam kemudian dipadatkan dengan tekanan pemadatan (kompaksi) 139 N/mm<sup>2</sup>, 207 N/mm<sup>2</sup> dan 275 N/mm<sup>2</sup> menggunakan metode *cold isostatic pressing*. *Green body* yang dihasilkan disinter dengan suhu 550°C dan waktu penahanan suhu (*holding time*) 60, 120 dan 180 menit. Densitas teoritis dihitung dengan menggunakan persamaan *rule of mixture (ROM)* sedangkan pengujian densitas aktual menggunakan teori Archimedes. Hasil pengujian densitas dari paduan aluminium/*fly ash*, menunjukkan nilai densitas meningkat seiring dengan naiknya tekanan pemadatan (kompaksi) dan lamanya waktu penahan suhu sinter (*holding time*).

**Kata kunci:** Aluminium, *fly ash*, kompaksi, *holding time*, dan densitas

### PENDAHULUAN

Abu terbang (*fly ash*) merupakan limbah padat yang dihasilkan oleh pembakaran batubara pada proses *forging* dan pembangkit listrik tenaga uap berbahan bakar batu bara. Jumlahnya di Indonesia sangat banyak, pada tahun 2006 mencapai 3,3 juta ton dan akan terus meningkat, limbah ini perlu mendapat perhatian yang serius karena berpotensi besar menjadi masalah lingkungan, bahkan Kementerian Lingkungan Hidup (KLH) telah menetapkannya sebagai Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) karena kandungan logam-logam berat yang bersifat toksik. Namun di sisi lain, telah diketahui pula bahwa *fly ash*

mengandung unsur-unsur sebagai bahan agregat dan beberapa logam yang mempunyai nilai tinggi, sehingga abu terbang mempunyai potensi untuk dimanfaatkan [1].

Berbagai penelitian telah banyak dilakukan dengan harapan, bukan saja dapat mengatasi masalah lingkungan di PLTU berbahan bakar batu bara, tetapi sekaligus dapat memberi nilai tambah terhadap limbah. Hal itu merupakan bagian penting dari konsep *sustainable production* (memanfaatkan dan memberi nilai tambah pada limbah industri). Konsep *sustainable production* adalah konsep industri masa

depan yang sangat penting, terutama bagi dunia industri [2].

Aluminium merupakan salah satu logam *non ferrous* yang memiliki banyak keistimewaan antara lain tahan korosi, *konduktivitas thermal* yang baik, ringan serta sifat dekoratif, sehingga banyak digunakan dalam industri otomotif. Pada saat ini *fly ash* mempunyai nilai ekonomis yang rendah sehingga pemanfaatan material yang dibuat dengan paduan aluminium *fly-ash* (ALFA) sangat menguntungkan dilihat dari segi ekonomi dibandingkan dengan paduan yang lain. Serbuk aluminium sebagai matrik dan *fly ash* sebagai penguat merupakan paduan logam yang dapat dibuat dengan metode serbuk. Keuntungannya adalah pembuatan komponen relatif lebih murah, produk yang dihasilkan langsung dapat digunakan dengan sedikit proses permesinan serta dapat diproduksi dalam skala kecil maupun besar.

Proses metallurgi serbuk umumnya menghasilkan porositas pada produknya, yang berpengaruh terhadap sifat fisis dan mekanisnya. Proses lain dalam pembuatan paduan adalah dengan pengecoran akan tetapi pada proses pengecoran mempunyai kendala yaitu sulit membuat paduan yang homogen, karena partikel penguat biasanya mengendap atau mengapung yang disebabkan perbedaan berat jenis.

Pembuatan paduan aluminium-*fly ash* (ALFA) menggunakan teknik *gravity* dan *squeeze casting* terdapat kekurangan seragaman distribusi *fly ash* [3]. Oleh karena itu pada penelitian ini penulis mencoba meneliti paduan yang dibuat dari serbuk aluminium sebagai matrik dan *fly ash* sebagai penguat dengan

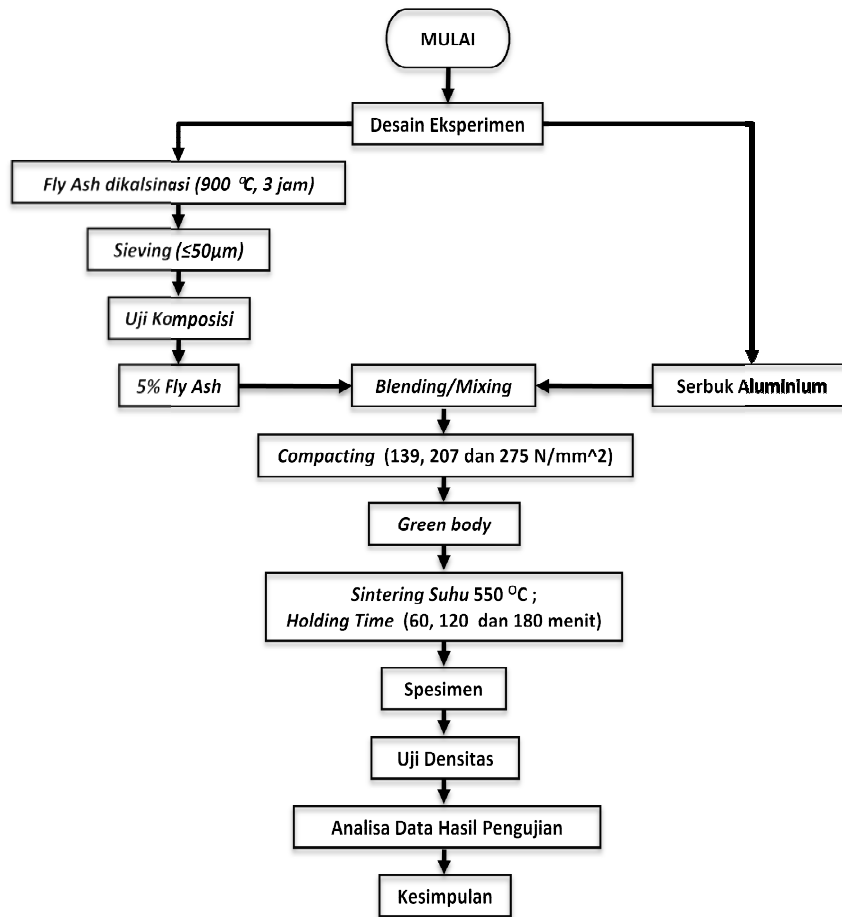
cara *pressureless sintering* (kompaksi dan *sintering* dilakukan tidak secara bersamaan). *Fly ash* mempunyai titik lebur sekitar 1300°C [4] dan berdasarkan uji komposisi kimia *fly ash* mengandung CAS ( $C_aO-Al_2O_3-SiO_2$ ) dalam jumlah besar [5]. Proses pembuatan paduan aluminium/*fly ash* dengan menggunakan metode serbuk pada secara umum dapat dibagi menjadi 4, yaitu :

1. Persiapan serbuk *fly ash* (*Shieving* dan *kalsinasi*)
2. Proses pencampuran (*blending/mixing*)
3. Proses kompaksi
4. Proses *Sintering*

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh tekanan pemadatan pada pembuatan *green body* (kompaksi) dan waktu penahan suhu pada proses sinter (*holding time*) dalam pembuatan paduan aluminium/*fly ash* terhadap densitas paduan dengan proses menggunakan metode metallurgi serbuk.

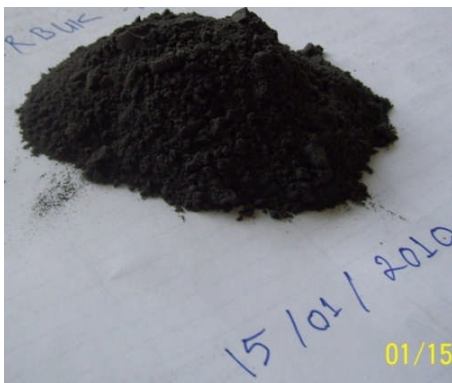
## METODOLOGI PENELITIAN

Pengertian metode penelitian secara umum adalah membahas bagaimana secara berurut suatu eksperimen dilakukan, yaitu dengan alat apa dan prosedur bagaimana suatu penelitian dilakukan. Parameter yang berpengaruh terhadap karakteristik paduan aluminium/*fly ash* sangat banyak. Pada penelitian ini parameter yang dipilih adalah variasi tekanan pemadatan (kompaksi) sebesar 139, 207 dan 275 N/mm<sup>2</sup> dan waktu penahanan suhu sinter (*holding time*) sebesar 60, 120 dan 180 menit terhadap densitas spesimen paduan dengan fraksi penguat *fly ash* 5% pada suhu sinter 550 °C.



Gambar 1 Diagram alir penelitian

*Fly ash* terlebih dahulu dikalsinasi pada temperatur 900 °C, selama 3 jam dengan tujuan untuk menghilangkan senyawa yang mudah menguap, sehingga *lost of ignition* pada saat sintering dapat dihindari. *Fly ash* sebelum dikalsinasi berwarna abu-abu sedangkan setelah dikalsinasi berwarna merah muda ditunjukkan pada gambar 2 dan 3.

Gambar 2. *Fly ash* sebelum dikalsinasi

Setelah proses kalsinasi selesai selanjutnya *fly ash* diayak menggunakan *Shieving Machine Merk RETSCH* dengan ukuran tingkatan terendah sebesar 0.050 mm sehingga diperoleh serbuk *fly ash* dengan ukuran  $\leq 50\mu\text{m}$ .

Gambar 3. *Fly Ash* setelah dikalsinasi

Proses selanjutnya adalah menentukan berat masing-masing serbuk dengan cara ditimbang menggunakan timbangan digital *acis precision balance AD 300*. Fraksi berat *fly ash* sebagai penguat sebesar 5 % dari paduan serbuk dengan komposisi berat serbuk aluminium sebesar 209 gr dan serbuk *fly ash* sebesar 11 gr, sehingga didapat paduan serbuk dengan total berat 220 gr.



Gambar 4. Proses *blending/mixing*

Setelah proses penimbangan serbuk selesai kemudian dilakukan pencampuran serbuk dengan tujuan untuk menggabungkan material serbuk yang mempunyai sifat kimia yang berbeda. Paduan serbuk aluminium dan *fly ash* yang telah ditimbang, dimasukkan ke dalam tabung keramik dan dilakukan proses *blending/mixing* menggunakan *Ball Mill Merk Groschopp Viersen FRG* pada gambar 4 selama 2 jam, dalam keadaan kering sehingga didapat campuran yang merata dan homogen.

Serbuk campuran dimasukkan ke dalam cetakan berbentuk silinder, sebelum serbuk mengalami penekanan dalam cetakan terlebih dahulu ditata supaya mempermudah proses penekanan. Metode penekanan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *cold compaction*, menggunakan *fortal hydraulic press machine* dengan variasi gaya penekanan sebesar 2, 3 dan 4 dengan ukuran skala ton, proses penekanan ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Proses penekanan paduan serbuk

Proses sinter terhadap *green body* dilakukan dalam *Muffle Furnace (merk Nabertherm)* dengan suhu sinter  $550^{\circ}\text{C}$  dengan kenaikan suhu rata-rata  $1^{\circ}\text{C}/\text{detik}$  yang dimulai dari suhu ruang. Lama waktu penahan suhu sinter (*holding time*) divariasikan 60, 120 dan 180 menit. Pemanasan dilakukan pada suhu 0,7 sampai 0,8  $T_m$  (*melting*

*temperature*) dalam skala absolute yang disebut dengan *solid state sintering* atau *solid phase sintering* karena logam masih dalam keadaan padat selama proses [6]. Spesimen hasil sinter ditunjukkan pada gambar 6.





Gambar 6. Spesimen hasil proses sinter

**HASIL EKSPERIMEN DAN ANALISA DATA**

Setelah dilakukan pengujian-pengujian terhadap spesimen paduan serbuk aluminium dengan fly ash didapat data-data hasil pengujian yang akan dianalisa, sehingga dapat diketahui pengaruh tekanan pematatan

(kompaksi) dan waktu penahanan suhu sinter (*holding time*) pada spesimen uji dari paduan aluminium/5% fly ash yang diproduksi dengan metode metallurgi serbuk terhadap densitas.

Hasil pengujian densitas aktual spesimen paduan didapat dengan teori Archimedes, yaitu dengan cara menimbang paduan diudara ( $W_{udara}$ ), kemudian ditimbang dalam air ( $W_{fluida}$ ). Pengujian densitas dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan. Data hasil pengujian spesimen dianalisa menggunakan *analysis of variance* (ANOVA). Hasil dari ANOVA terhadap pengaruh kompaksi dan *holding time* pada respon (densitas) dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. *Analysis of variance* (ANOVA) untuk densitas spesimen uji

Response 3 DENSITAS						
ANOVA for selected factorial model						
Analysis of variance table						
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	F* ( $\alpha=0.05$ )	
Model	2.30	3	0.77	347.73	4.07	<b>significant</b>
A-Kompaksi	1.56	1	1.56	706.10	5.32	
B-Holding time	0.60	1	0.60	271.02	5.32	
AB	0.15	1	0.15	66.08	5.32	
Pure Error	0.018	8	2.2056E-03			
Cor Total	2.32	11				

Dari hasil ANOVA pada tabel 1, diperoleh bahwa faktor A dan B serta interaksi AB mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap respon (densitas), hal ini dibuktikan dengan  $F_{value}$  ( $F_{hitung}$ ) >  $F^*$  ( $F_{tabel}$ ) dengan  $\alpha=0.05$ , sedangkan pengaruh terbesar adalah faktor A (kompaksi). Persentase kontribusi faktor terhadap nilai densitas spesimen uji yaitu :

$$= \frac{(1.56 - 2.2056)}{2.32} = 67.08\%$$

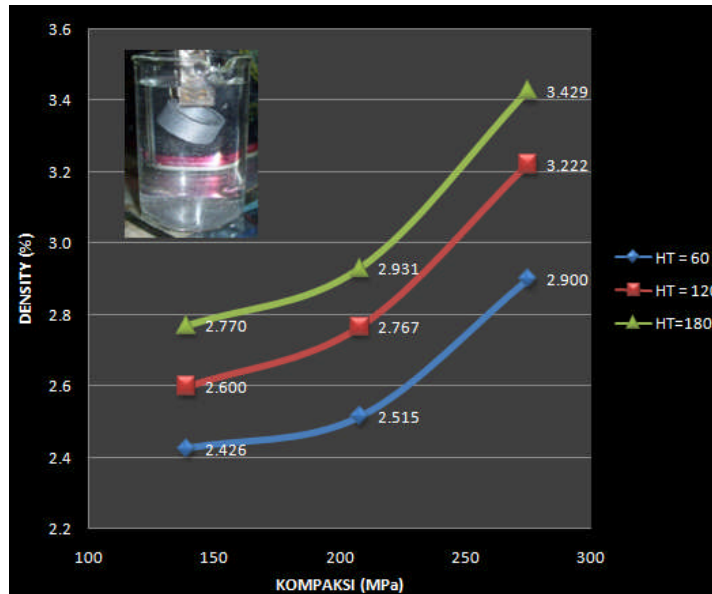
$$= \frac{(0.60 - 2.2056E - 03)}{2.32} = 25.69\%$$

Seiring dengan kenaikan tekanan pematatan (kompaksi) dan waktu penahanan suhu sinter (*holding time*) maka nilai densitas spesimen uji akan naik. Hubungan antara kompaksi dan *holding time* terhadap densitas spesimen uji paduan aluminium/5% fly ash ditunjukkan pada gambar 7 dan 8. Hal ini dikarenakan dengan meningkatnya tekanan pematatan (kompaksi), maka *green body* yang terbentuk akan semakin padat sehingga porositas akan berkurang.

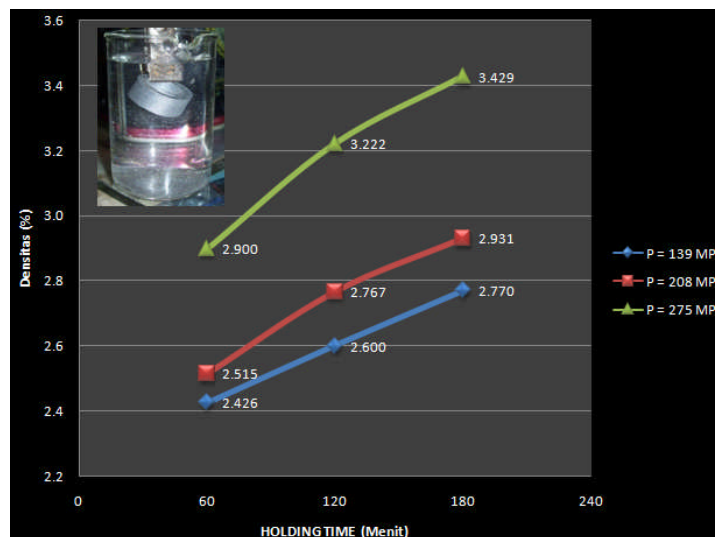
Peningkatan tersebut disebabkan oleh sifat logam aluminium sebagai matrik yang bersifat ulet dan memiliki sifat

plastis yang mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk. Perubahan bentuk karena tekanan akan mendorong serbuk-serbuk mengisi ruang kosong di dalam cetakan. Semakin lama waktu penahanan suhu sinter (*holding time*) maka densitas akan naik, hal ini

disebabkan dengan lamanya *holding time* akan memberikan waktu untuk terbentuknya ikatan antar partikel yang semakin kuat sehingga berpengaruh terhadap berkurangnya porositas yang mengakibatkan nilai densitas meningkat.



Gambar 7. Pengaruh kompaksi terhadap densitas



Gambar 8. Pengaruh *holding time* terhadap densitas

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil eksperimen dan analisa data yang dilakukan terhadap paduan aluminium/5% *fly ash* yang dibuat dengan metode metallurgi serbuk dengan faktor tekanan pemadatan (kompaksi) dan waktu penahanan suhu sinter (*holding time*)

dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Faktor kompaksi mempunyai pengaruh paling dominan terhadap densitas paduan aluminium/5% *fly ash*, kedua faktor mempunyai pengaruh positif terhadap respon, sehingga dengan naiknya kompaksi

dan holding time dapat meningkatkan kekerasan, kuat tekan dan densitas paduan.

2. Nilai densitas tertinggi sebesar 3.429 gr/cm<sup>3</sup> diperoleh pada kompaksi 275 N/mm<sup>2</sup> dan *holding time* 180 menit, berdasarkan hasil percobaan actual yang dilakukan. Sedangkan nilai densitas minimum sebesar 2.426 gr/cm<sup>3</sup> didapat pada kompaksi 139 N/mm<sup>2</sup> dan holding time 60 menit.

### SARAN

Kompaksi dan *holding time* sangat berpengaruh terhadap densitas paduan aluminium/5 fly ash. Maka dari itu perlu dilanjutkan penelitian tentang pengaruh waktu penekanan (kompaksi) dan ukuran besar butir serbuk yang digunakan dalam paduan aluminium.

### DAFTAR ISI

1. Muchtar Aziz, 2006, "Karakterisasi Abu Terbang PLTU Suralaya dan Evaluasinya untuk Refraktori Cor", Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara, 36 (14), pp. 1-8
2. Rohatgi P.K., Weiss D., and Gupta Nikhil, "Applications of fly ash in synthesizing low-cost mmcs for automotive and other applications", JOM (2006): pp71-76
3. Bienas, J., Walezak, M., Surowska, B., dan Sobezak, J., 2003, "Microstructure and Corrosion Behavior of Aluminium Fly Ash Composites", Journal of Optoelectronics and Advanced Materials, Vo1.5, No.2, June 2003, pp.493-502.
4. Erol. M., Genc. A., Overcoglu, M.L.; Yucelen,U., Kucukbayrak,S., dan Taptik,Y., 2000, "Characterization of Glass Ceramic Produced from Thermal Power Plant Fly-Ash", Journal of the European Ceramic Society, 20, 2209-2214.
5. Kim, J.M.dan Kim, H.S., 2004, "Processing and Properties of a glass from Coal Fly Ash a Thermal Power Plant Thought an Economic Process", Journal of The European Ceramic, Society, 24, 2825-2833.
6. E. Paul DeGarmo, 2003, "Materials And Processes In Manufacturing", Ninth Edition, John Wiley & Sons, Inc.
7. German R.M., 1994, "Powder Metallurgy Science", 2<sup>nd</sup> edition, Metal Powder Industries Federation, Princenton, New Jersey.
8. Graham Withers, 2008, "Utilizing Fly Ash Particles To Reduce Low Cost Metal Matrix Composites", Ultalite, Melbourne, Australia
9. R. Ganesh Narayanan, "Powder Metallurgy – Basic & Aplication", [http://www.iitg.ernet.in/engfac/ganu/public\\_html/Part2-09.pdf](http://www.iitg.ernet.in/engfac/ganu/public_html/Part2-09.pdf) diunduh tanggal 21-02-2010
10. ...."Aluminium murni dan paduannya", <http://www.scribd.com/doc/25300537> diunduh tanggal 15-12-2009
11. ...."density", <http://en.wikipedia.org/wiki/Density> diunduh tanggal 15-12-2009