

# PEMBUATAN MMC BERBASIS TEKNOLOGI METALURGI SERBUK DENGAN BAHAN BAKU ALUMINIUM DARI LIMBAH KALENG MINUMAN DAN ADITIF ABU SEKAM PADI

M. Akrom, P. Marwoto\*, Sugianto

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang, Semarang, Indonesia, 50229

Diterima: 9 September 2009. Disetujui: 7 Oktober 2009. Dipublikasikan: Januari 2010

## ABSTRAK

Komposit matriks logam (aluminium) yang berasal dari limbah kaleng minuman dengan penguat partikel silikon karbida dan penguat tambahan abu sekam padi telah berhasil difabrikasi dengan metode teknologi metalurgi serbuk. Tujuan dari penelitian ini adalah merekayasa material baru yang murah akan tetapi memiliki mutu dan daya saing yang sangat baik. Penelitian ini terdiri dari beberapa tahap yakni, pembuatan bahan baku, pencampuran, pencetakan sampel, sintering dan pengujian. Dari hasil pengujian fisik diperoleh bahwa komposit matrik logam dengan penambahan abu sekam padi memiliki kerapatan lebih rendah dibandingkan dengan komposit Al/SiC tanpa sekam padi, sedangkan sifat kekerasan dan kekuatannya jauh lebih besar dibandingkan Al/SiC tanpa penambahan abu sekam padi. Dari analisis XRD ditemukan bahwa terjadi penyebaran unsur utama Al, Si, senyawa SiC, serta timbul senyawa stabil  $MgAl_2O_4$ ,  $Al_2O_3$  yang bersifat konstruktif yang dapat memberikan sifat mekanis yang baik bagi komposit, dan senyawa destruktif  $Al_4C_3$  yang bersifat korosif. Analisis SEM menunjukkan ukuran butiran partikel yang cenderung lebar dan memanjang, ikatan antar partikel penyusun bahan yang terbentuk cukup baik, sehingga memberikan sifat mekanis bahan yang baik. Tidak tampaknya pori-pori bahan menunjukkan pula bahwa ikatan partikel antar bahan cukup baik.

## ABSTRACT

Metal (aluminium) matrix composite originated from beverage can waste with carbide silicon particle reinforcement and additional reinforcement of paddy chaff ash has been fabricated successfully by employing powder metallurgy technology method. The purpose of the research is to create a cheap new material, qualified and having high competitive value. This research was conducted through several stages, those were making raw material, mixing, sample moulding, sintering, and testing. The result of physical test shows that metal matrix composite added by paddy chaff ash has lower density, stronger and bigger power compared to Al/SiC composite without paddy chaff. The XRD analysis shows that there is distribution of the main element of Al, Si, SiC compound, and there are also stable constructive compounds of  $MgAl_2O_4$  and  $Al_2O_3$ , which can give good mechanical properties to the composite and destructive compound of  $Al_4C_3$ , which can give corrosive property. The SEM analysis shows that size of particle grain appears to be wide and get longer and the bond between ingredients are good enough, creating good mechanical property of the material. No pores are found showing that the bond particle between materials is good enough.

© 2010 Jurusan Fisika FMIPA UNNES Semarang

**Keywords:** Aluminium; paddy chaff ash; metal matrix composite; powder metallurgy

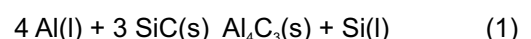
## PENDAHULUAN

Fenomena pertumbuhan produksi kendaraan bermotor di Indonesia saat ini, khususnya kendaraan bermotor roda dua, terus mengalami peningkatan dan berdampak pada tingkat permintaan komponen (suku cadang) otomotif yang juga semakin tinggi. Sampai saat ini, sebagian besar bahan baku yang digunakan untuk proses produksi komponen otomotif, seperti: besi, baja, dan aluminium masih mengimpor. Padahal, lebih dari 75% kaleng minuman diproduksi menggunakan bahan dasar logam aluminium (Hosford & Duncan, 1994). Bahan dasar kaleng minuman aluminium (aluminium beverage cans) atau lebih dikenal dengan kaleng minuman soft drinks merupakan bahan manufaktur yang terdiri dari dua jenis alloy aluminium (AA) yaitu AA 3104 dan AA 5182 (novelis.com, 2007). Komposisi kimia kaleng minuman dapat dilihat pada Tabel 1.

Bahan penguat utama yang digunakan dalam fabrikasi komposit matriks aluminium pada penelitian ini

adalah SiC (silikon karbida). SiC merupakan material abrasif yang banyak tersedia di pasaran atau dapat juga disintesa di laboratorium dengan mereaksikan  $SiO_2$  dari abu sekam padi dan sumber karbon (C) dari arang batok kelapa atau glukosa dari gula melalui pembakaran suhu tinggi di dalam tungku pada kondisi reduksi atau terisolir dari udara untuk menghindari oksidasi (Khaerudini dkk., 2007). SiC pertama kali ditemukan oleh Anderson yang berhasil membuat abrasif sintesis di dalam tanur, ketika berusaha mengeraskan lempung (Singh et al., 2002). Penggunaan SiC memiliki keunggulan dalam hal kekerasan dan resistivitas suhu tinggi.

SiC diharapkan dapat digunakan untuk menambah sifat abrasif (tahan gesek) dan tahan panas pada matriks. Dalam proses fabrikasi komposit, SiC memiliki kelemahan bila bereaksi dengan aluminium (pada saat sintering) yaitu membentuk  $Al_4C_3$  (aluminium karbida) yang bersifat korosif dengan reaksi:



Dengan adanya aditif abu sekam pa-di (rice husk ash) pada perkerayaan material komponen berbasis komposit alu-minium ini, diharapkan memberikan dampak yang menguntungkan, seperti: (i) mengurangi

\*Alamat korespondensi:  
Jl. Stonen Timur No. 35, Semarang  
Telp/Fax. +62248413554  
Email: acrom@ymail.com

**Tabel 1.** Komposisi kimia kaleng minuman aluminium (www.novelis.com, 2007)

| Bagian Kaleng  | Komposisi (%wt) |      |      |      |      |      |     |     |         |       |
|----------------|-----------------|------|------|------|------|------|-----|-----|---------|-------|
|                | Si              | Fe   | Cu   | Mn   | Mg   | Zn   | Cr  | Ti  | Lainnya | Al    |
| Body (AA3104)  | 0,6             | 0,8  | 0,15 | 1,1  | 1,00 | 0,25 | -   | 0,1 | 0,15    | 95,85 |
| Cover (AA5182) | 0,2             | 0,35 | 0,15 | 0,35 | 0,35 | 0,25 | 0,1 | 0,1 | 0,15    | 97,65 |
| Seal (AA5182)  | 0,2             | 0,35 | 0,15 | 0,35 | 0,35 | 0,25 | 0,1 | 0,1 | 0,15    | 97,65 |

biaya proses produksi; (ii) mencegah (mereduksi) munculnya  $Al_4C_3$  (aluminium karbida) yang bersifat korosif dan degradatif; dan (iii) alternatif baru sebagai bahan penguat (reinforcement) dengan reaksi insitu secara termodinamika menghasilkan senyawa yang lebih stabil, yaitu  $MgO$  dan  $MgAl_2O_4$  dengan reaksi:



Ketersediaan sekam padi di Indonesia sekitar 55 juta ton/tahun (FAO, 2002), artinya potensi sekam sekitar 11 juta ton atau abu sekam padi sekitar 1,65 juta ton. Padahal abu sekam padi memiliki kandungan silika dioksida ( $SiO_2$ ) aktif dengan kadar cukup tinggi (>92%) dalam bentuk amorf terhidrat dengan permukaan yang luas sehingga kontak antar permukaan akan lebih mudah terjadi. Adapun komposisi abu sekam padi dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Komposisi abu sekam padi (Houston, 1972)

| Komposisi | % berat kering |
|-----------|----------------|
| $SiO_2$   | 86,90 - 97,30  |
| $K_2O$    | 0,58 - 2,50    |
| $Na_2O$   | 0 - 1,75       |
| $CaO$     | 0,20 - 1,50    |
| $MgO$     | 0,12 - 1,96    |
| $Fe_2O_3$ | Trace - 0,54   |
| $P_2O_5$  | 0,20 - 2,85    |
| $SO_3$    | 0,10 - 1,13    |
| Cl        | 0 - 0,42       |

Komposit matriks logam saat ini sedang terus dikembangkan sebagai bahan teknik dengan penggunaan yang luas seperti dalam aplikasi otomotif, pesawat terbang, atau aplikasi teknik lainnya, misalnya untuk pembuatan sudu turbin khususnya turbin gas, baik pada aplikasi pembangkit tenaga maupun pada pesawat (Hartomo, 1992).

Beragam teknik manufaktur proses zat padat melalui teknologi MMC, antara lain: metalurgi serbuk, pengecoran putar, dan penyisipan. Dari ketiga jenis teknologi manufaktur tersebut yang dianggap memiliki performa terbaik adalah metalurgi serbuk. Karena metalurgi serbuk merupakan teknologi proses yang paling memungkinkan untuk aplikasi sampai dengan skala struktur nano. Selain itu, metalurgi serbuk memungkinkan untuk aplikasi proses produksi pada komponen tertentu yang mensyaratkan akurasi atau

super presisi dengan homogenitas bahan penyusun yang sangat terkendali.

## METODE

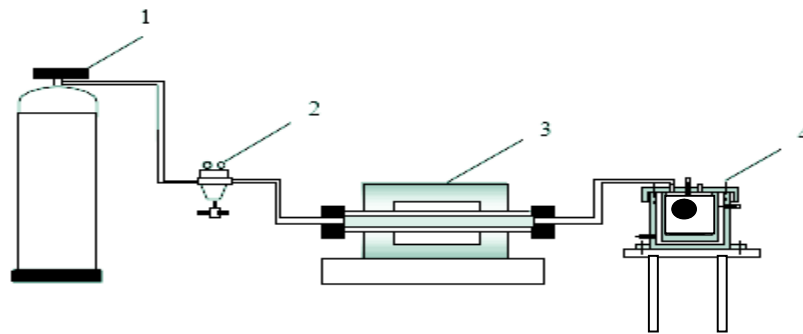
Dalam penelitian ini, sampel yang dibuat terdiri dari tiga bahan baku utama, yakni: serbuk paduan aluminium dari limbah kaleng minuman yang berfungsi sebagai matriks, serbuk keramik  $SiC$  sebagai penguat, dan abu sekam padi sebagai bahan penguat aditif.

Limbah kaleng minuman dipotong-potong hingga berukuran 5-10 mm, kemudian dihancurkan hingga berukuran serbuk dengan menggunakan Vibratory Dismilling selama 5-7 menit, selanjutnya diayak hingga lolos 200 mesh. Proses berikutnya adalah decoating paduan Al hasil ayakan untuk menghilangkan cat/polimer yang ada dalam Al alloy tersebut pada suhu sintering  $500^\circ C$  dengan waktu tahan selama 30 menit dan dialiri gas Nitrogen dengan maksud untuk mencegah oksidasi serta gas lain yang tidak diharapkan selama proses. Bahan baku serbuk paduan aluminium sudah diperoleh.

Sekam padi yang diperoleh dari tempat penggilingan padi dibakar pada suhu  $900^\circ C$  dalam kondisi atmosfer oksidasi dengan waktu tahan selama 2 jam. Serbuk abu sekam padi yang diperoleh selanjutnya diayak dengan ayakan lolos 200 mesh sehingga diperoleh bahan baku serbuk abu sekam padi yang sangat halus.

Proses selanjutnya adalah electroless coating untuk meningkatkan tingkat kebasahan partikel  $SiC$  dan abu sekam padi. Keramik  $SiC$  dicampur dengan abu sekam padi dengan komposisi 60:40%vol serta ditambahkan larutan 5% berat  $Al(NO_3)_3$ . Pencampuran dilakukan dalam media larutan ethanol (200%vol) dengan menggunakan pengaduk magnetik sampai etha-nol menguap sehingga dihasilkan campuran yang homogen. Campuran tersebut kemudian dikeringkan dalam tungku dengan kenaikan suhu bertahap, yakni  $200^\circ C$  selama 2 jam dan  $400^\circ C$  selama 2 jam pula. Untuk proses electroless coating partikel  $SiC$  yang tanpa abu sekam padi, prosedur kerjanya sama. Diperolehlah bahan baku  $SiC$  coating dan  $SiC/RHA$  coating.

Proses pencampuran dilakukan seperti halnya proses electroless coating. Baik antara komposisi partikel  $SiC$  tanpa abu sekam padi ( $SiC$  coating) atau partikel  $SiC$  dengan penambahan abu sekam padi ( $SiC/RHA$  coating). Dalam proses pencampuran ini (wet mixing), kedua komposisi ditambahkan 70% berat paduan aluminium yang telah didecoating. Setelah diperoleh endapan campuran homogen Al/ $SiC$  dan Al/ $SiC/RHA$ , maka dilanjutkan dengan pemanasan dalam oven dengan suhu  $80^\circ C$  selama 24 jam.



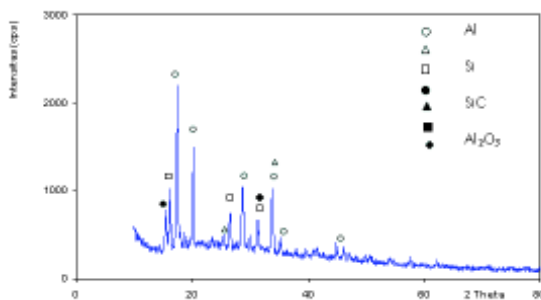
**Gambar 1.** Skema Proses Sintering: (1) Gas Argon (Ar), (2) Manometer (regulator), (3) Tungku, dan (4) Pengendali suhu

Sebanyak 10 gram serbuk campuran dengan komposisi 70:30%wt Al/SiC/RHA dimasukkan ke dalam cetakan. Sebelumnya cetakan terlebih dahulu diolesi dengan 1,2-1%wt serbuk asam stearat untuk mempermudah proses kompaksi atau pencetakan, mengurangi besar gesekan antara serbuk campuran terhadap dinding cetakan, dan menghindari spesimen Al/SiCp/RHA tertinggal menempel pada dinding cetakan. Pencetakan dilakukan dengan tekanan 500 MPa (50 kg/cm<sup>2</sup>) dengan kenaikan tekanan 10 kg/cm<sup>2</sup> tiap menit dengan waktu tahan selama 10 menit.

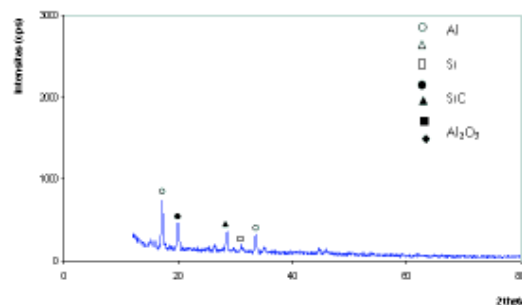
Proses sintering dilakukan setelah sampel berhasil dicetak. Tujuan dari sintering adalah agar ikatan antar partikel semakin kuat serta mengurangi porositas sampel. Sampel disintering dalam tabung sinter dalam dua tahap, yakni pada suhu 200°C selama 20 menit (presintering) kemudian dilanjutkan selama 1 jam dalam suhu 600°C. Dalam proses sintering, gas argon (Ar) dialirkan untuk menjaga sampel dari oksidasi maupun penetrasi gas lain yang tidak diharapkan dengan tekanan aliran gas 1000 kgf/cm<sup>2</sup>.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian mikrostruktur dilakukan dengan menggunakan analisis XRD (x-ray diffractogram) dan SEM (scanning electron microscopy). Analisis XRD dilakukan untuk mencari struktur kristal dari bahan komposit yang terbentuk. Analisis SEM digunakan untuk mengetahui struktur mikro berupa penampang permukaan dari bahan komposit tersebut. Pola struktur kristal bahan yang terbentuk dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.

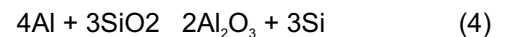


**Gambar 2.** Pola XRD Komposit Al/SiC

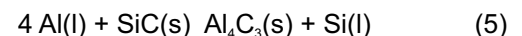


**Gambar 3.** Pola XRD komposit Al/SiC + RHA

Pada Gambar 2, pola XRD dari komposit Al/SiC menunjukkan adanya unsur utama Al, Si, senyawa SiC, dan senyawa konstruktif pada daerah interantar muka yakni Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, serta senyawa destruktif Al<sub>4</sub>C<sub>3</sub>. Terbentuknya senyawa konstruktif Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tersebut dapat dilihat pada reaksi berikut:



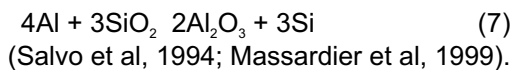
Aluminium oksida (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) terbentuk akibat reaksi antara Al yang berasal dari matriks Al alloy dengan SiO<sub>2</sub> yang merupakan salah satu bahan baku penyusun penguat SiCp, sedangkan senyawa destruktif aluminium karbida (Al<sub>4</sub>C<sub>3</sub>) merupakan senyawa yang bersifat reaktif terhadap air yang merupakan senyawa korosif. Senyawa destruktif ini terbentuk karena kelemahan SiC apabila bereaksi dengan aluminium (pada saat proses sintering) dengan reaksi:



(Laurent et al., 1987; Lloyd et al., 1989) yang mengindikasikan kemungkinan adanya karbon yang tereduksi oleh aluminium yang diakibatkan karena proses sintering yang kurang sempurna. Terbentuknya senyawa karbida dapat menurunkan kualitas ikatan permukaan antara matrik dengan penguat.

Pada Gambar 3, pola XRD dari komposit Al/SiC/RHA menunjukkan adanya unsur utama Al, senyawa SiC, dan beberapa senyawa pada daerah interfasial yang terbentuk seperti MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Senyawa konstruktif terbentuk dengan reaksi antara Mg, Al, dan SiO<sub>2</sub> melalui reaksi:

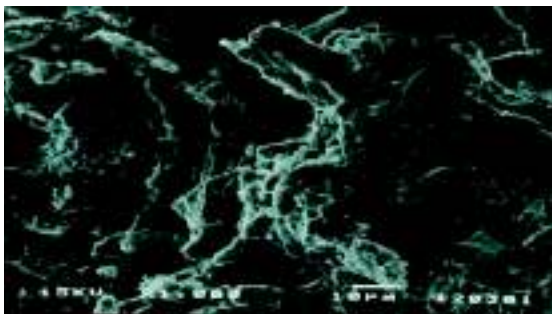




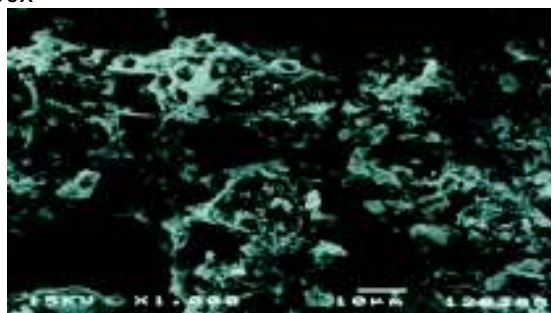
Senyawa  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$  terbentuk akibat reaksi antara Mg dan Al yang berasal dari paduan aluminium dengan  $\text{SiO}_2$  baik yang berasal dari abu sekam padi maupun dari bahan baku pembentuk penguat partikel SiC. Senyawa  $\text{Al}_2\text{O}_3$  terbentuk dari reaksi antara Al yang berasal dari paduan aluminium dengan  $\text{SiO}_2$  baik yang berasal dari abu sekam padi maupun dari bahan baku pembentuk penguat partikel SiC.

Senyawa konstruktif yang terbentuk akibat adanya  $\text{SiO}_2$  dari abu sekam padi dalam jumlah yang cukup banyak dapat mereduksi timbulnya senyawa destruktif  $\text{Al}_4\text{C}_3$  (aluminium karbida) yang bersifat korosif. Adanya senyawa karbida dapat menurunkan sifat mekanis (kekerasan, kekuatan) bahan (Tham, 2001). Dengan tereduksinya senyawa  $\text{Al}_4\text{C}_3$ , menunjukkan bahwa penambahan abu sekam padi sangat efektif untuk mencegah dan mereduksi senyawa korosif seperti  $\text{Al}_4\text{C}_3$  dengan timbulnya lapisan di atas permukaan SiC, yaitu  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$  dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (Yaghmae, 2001; Lozano et al., 2008). Dengan semakin tereduksi senyawa korosif ternyata dapat meningkatkan pula sifat mekanis bahan komposit.

Citra SEM permukaan bahan hasil metalurgi serbuk dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.



**Gambar 4.** Citra SEM Komposit Al/SiC perbesaran 1.000x



**Gambar 5.** Citra SEM Komposit Al/SiC/RHA perbesaran 1.000x

Dari citra SEM pada Gambar 4, menunjukkan adanya dominasi penyebaran matriks Al yang merata, sedangkan pada Gambar 5 menunjukkan adanya penyebaran bahan pengisi abu sekam padi dalam matrik paduan aluminium pada komposit Al/SiC/RHA selain penyebaran matriks Al itu sendiri. Penyebaran filler yang lebih merata di antara matrik sangat berpengaruh

terhadap sifat mekanik bahan komposit yang dihasilkan, karena fungsi dari bahan pengisi itu sendiri sebagai pentransmisi tegangan apabila matrik dikenai tegangan. Salah satu faktor penyebab penyebaran yang merata bahan pengisi di antara matrik paduan aluminium adalah keberhasilan proses pelapisan oksida logam  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$  pada filler SiC/RHA yang menghambat terjadinya pengelompokan (aglomerasi) (Kindl, 1996). Penyebaran bahan pengisi yang lebih merata menyebabkan kontak antar partikel lebih banyak sehingga ikatan antar partikel penyusun bahan yang terbentuk semakin tinggi. Dengan semakin tingginya ikatan antar partikel penyusun suatu bahan, maka semakin tinggi pula tingkat kekuatan dan kekerasan bahan tersebut.

Pada Gambar 5, citra SEM komposit Al/SiC/RHA tampak adanya butiran partikel yang tersebar random merata yang diduga adalah senyawa-senyawa konstruktif yang merupakan reaksi produk antara matriks alloy dengan penguat SiC dan abu sekam padi. Senyawa konstruktif yang timbul sebagaimana pola XRD Gambar 3, adalah senyawa hasil reaksi antara matriks dan penguat SiC maupun RHA. Timbulnya senyawa konstruktif sangat mempengaruhi kualitas bahan komposit seperti peningkatan kuat tekan dan kekerasan serta mereduksi timbulnya  $\text{Al}_4\text{C}_3$  yang bersifat korosif.

Dari kedua citra SEM pada Gambar 4 dan Gambar 5 tersebut, tidak terlihat adanya porositas dalam bahan, hal ini menunjukkan bahwa proses pelapisan/pencampuran antara matriks dan penguat yang berlangsung cukup baik, sehingga antar partikel penyusun bahan terjadi kontak yang tinggi yang menyebabkan ikatan antar partikel yang terbentuk cukup baik.

Pengujian sifat fisika komposit Al/SiC dan Al/SiC/RHA dilakukan dengan mengukur densitas dan porositas yang terbentuk. Untuk mengukur densitas komposit, dilakukan dengan dua metode yakni: metode dimensional dan metode Archimedes. Metode dimensional hanya dilakukan pada sampel bahan komposit yang belum disintering (prasintering), sedangkan untuk komposit yang telah disintering (pasasintering) dilakukan pengujian kerapatan dan porositas dengan menggunakan metode dimensional serta Archimedes.

Densitas bahan sebelum proses sin-tering (prasintering) diukur dengan metode dimensional. Nilai densitas untuk komposisi 70:30% berat Al/SiC adalah 2,01 g/cm<sup>3</sup>, sedangkan pada komposisi 70:30 % berat Al/SiC/RHA adalah 1,87 g/cm<sup>3</sup>. Dari data tersebut terlihat bahwa nilai densitas komposit Al/SiC/RHA lebih kecil daripada komposit Al/SiC tanpa penambahan abu sekam padi. Hal ini terjadi karena rapat massa abu sekam padi lebih kecil dibanding dengan rapat massa partikel SiC. German (1994) menjelaskan bahwa campuran antara serbuk lunak dan keras akan menurunkan densitas. Penurunan tersebut dikarenakan pada saat kompaksi, partikel lunak (matriks) mengalami deformasi plastis sedang partikel penguatnya hanya mengalami deformasi elastis.

Densitas setelah proses sinterring diukur dengan dua metode, yakni metode dimensional dan metode Archimedes. Nilai densitas secara dimensional untuk komposit 70:30% berat Al/SiC adalah 2,13 kg/cm<sup>3</sup> dan 2,03 kg/cm<sup>3</sup> untuk komposit 70:30% berat Al/SiC/RHA,

sedangkan densitas yang diperoleh melalui metode Archimedes untuk komposit 70:30% berat Al/SiC adalah 1,98 kg/cm<sup>3</sup> dengan tingkat porositas 5,36 % dan 1,84 kg/cm<sup>3</sup> untuk komposit 70:30% berat Al/SiC/RHA dengan tingkat porositasnya 7,50%. Dari hasil pengukuran tersebut, baik secara dimensional maupun metode Archimedes terlihat bahwa penambahan abu sekam padi mengakibatkan penurunan nilai densitas dan peningkatan porositas pada komposit Al/SiC. Hal ini diakibatkan karena massa jenis abu sekam padi yang lebih kecil dibanding dengan massa jenis SiC murni. Faktor lain yang menyebabkan penurunan nilai densitas adalah tidak terjadinya kontak antar serbuk RHA selama proses sintering dikarenakan titik lebur RHA lebih tinggi (1414°C) dari logam paduan aluminium (600°C), sehingga untuk terjadinya sinter (kontak) antar serbuk RHA dibutuhkan suhu sintering yang lebih tinggi lagi.

Dibanding dengan densitas prasintering, densitas pascasintering meningkat seiring dengan penambahan fraksi volume bahan pengisi yakni penambahan abu sekam padi. Akibat dari penambahan volume bahan pengisi, porositas akan semakin besar, sehingga pada saat proses sintering gas-gas dan bahan pelumas yang terjebak di antara partikel-partikel penyusun bahan komposit dapat keluar melalui porositas tersebut dengan mudah. Hal tersebut menyebabkan proses difusi antar atom meningkat, sehingga menyebabkan terjadinya transport massa antar partikel penyusun yang akan mengisi pori-pori yang terbentuk akibat keluarnya gas-gas dan bahan pelumas yang terjebak. Pengurangan porositas hasil transportasi massa antar permukaan partikel akan membentuk penghubung berfasa cair yang berfungsi sebagai pengikat antar partikel penyusun bahan komposit. Dengan begitu, densitas pascasintering akan meningkat.

Pengujian sifat mekanik komposit Al/SiC dan Al/SiC/RHA dilakukan dengan mengukur nilai kekuatan tekan dan kekerasan bahan yang terbentuk. Pengujian kekuatan tekan dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan abu sekam padi sebagai penguat tambahan terhadap kemampuan material komposit Al/SiC dalam menahan beban atau gaya luar sampai terjadinya kegagalan, sedangkan pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan abu sekam padi pada material komposit Al/SiC terhadap ketahanan bahan akibat penetrasi atau deformasi dari permukaan bahan lain.

Dari hasil penelitian diperoleh bahwa nilai kuat tekan komposit Al/SiC + abu sekam padi lebih besar dari komposit Al/SiC tanpa abu sekam padi. Nilai kuat tekan komposit 70:30% berat Al/SiC adalah 92,65 MPa, sedangkan untuk komposit 70:30% berat Al/SiC/RHA adalah 250,65 MPa. Peningkatan nilai kuat tekan disebabkan karena adanya penambahan fraksi volume bahan pengisi, yakni penambahan abu sekam padi. Akibat dari penambahan volume bahan pengisi, porositas sebelum proses sintering akan semakin besar, sehingga pada saat proses sintering gas-gas dan pelumas yang terjebak di antara partikel-partikel penyusun bahan komposit dapat keluar melalui porositas tersebut dengan mudah. Hal tersebut menyebabkan proses difusi antar atom meningkat, sehingga menyebabkan terjadinya transport massa antar partikel

penyusun yang akan mengisi pori-pori yang terbentuk akibat keluarnya gas-gas dan bahan pelumas yang terjebak. Pengurangan porositas hasil transportasi massa antar permukaan partikel akan membentuk penghubung berfasa cair yang berfungsi sebagai pengikat antar partikel penyusun bahan komposit. Dengan semakin baiknya ikatan antar partikel penyusun suatu bahan komposit, maka semakin baik pula tingkat kekuatan bahan tersebut.

Nilai kekerasan komposit 70:30% berat Al/SiC/RHA adalah 133,14 kgf/mm<sup>2</sup>, sedangkan untuk komposit 70:30% berat Al/SiC adalah 99,4 kgf/mm<sup>2</sup>. Nilai kekerasan untuk kedua komposisi sampel cenderung naik dengan penambahan abu sekam padi. Dengan penambahan abu sekam padi sebagai penguat aditif, menyebabkan penetrasi indenter terhadap spesimen lebih tertahan karena banyaknya penguat. Sifat kekerasan pada umumnya merupakan fungsi dari kekuatan ikatan logam aluminium dengan keramik SiC dan SiO<sub>2</sub> dari abu sekam padi (Oh & Cornie, 1987). Berdasarkan pola XRD pada Gambar 2 dan Gambar 3, serta citra SEM pada Gambar 4 dan Gambar 5, penambahan abu sekam padi akan meningkatkan ikatan antar partikel penyusun bahan yang ditunjukkan dengan timbulnya senyawa konstruktif seperti MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sebagai akibat reaksi antar partikel penyusun bahan yang dapat meningkatkan sifat mekanis bahan (Prekart, 1992). Dengan meningkatnya kontak antar partikel, ikatan antar muka antar partikel penyusun bahan semakin tinggi sehingga dapat meningkatkan nilai kekerasan dan kekuatan bahan komposit yang terbentuk.

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat ditarik kesimpulan bahwa MMC Al/SiCp dapat dibuat secara efektif dengan metode metalurgi serbuk yang meliputi beberapa tahap utama, yakni pencampuran matriks dan penguatnya, pencetakan sampel, dan sintering. Kemudian penambahan abu sekam padi mengakibatkan penurunan nilai densitas komposit Al/SiCp, akan tetapi meningkatkan kekuatan tekan dan kekerasannya. Karakteristik tersebut menunjukkan bahwa MMC Al/SiCp yang ditambah abu sekam padi bersifat ringan, tetapi kuat dan keras.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aluminum Sheet, consulted in: Feb/15/2009, <http://www.novelis.com.br>
- FAO Statistical Database. 2002. *Rice Husk Ash Market Study*. <http://apps.fao.org>
- German, Randall M. 1984. *Powder Metallurgy Science*. Metal Powder Industries Federation, Princeton New Jersey
- Hartomo, A.J. 1992. *Mengenal Keramik Canggih Cerdas dan Biokeramik*. Yogyakarta: Andi Offset. ISBN: 979-533-119-1
- Hosford, W.F. and Duncan, J.L. 1994. *The Aluminum Beverage Can*. Scientific American, Inc.
- Houston, D.F. 1972. *Rice Chemistry and Technology*. American Association of Cereal Chemist Inc. Minnesota

- Khaerudini, D.S., Tetuko, A.P., dan Mulyadi. 2007. Rekayasa Pembuatan Keramik SiC Serbuk dari Bahan Baku Silika Amorf Limbah Pertanian. *Prosiding Seminar Nasional Fundamental & Aplikasi Teknik Kimia, Jurusan Teknik Kimia FTI ITS*. Surabaya, 15 Nopember 2007. ISSN 1410-5667
- Kindl, Bruno, Yi Lin, Niels, Hansen. 1996. *Method for the Preparation of Metal Matrix Composite Materials*.
- Laurent, V., Chatain, D., and Eustathopoulos, N. 1987. *Wettability of SiC by Aluminum and Al-Si Alloys*. *J. Mater. Sci.* 22: 244–250
- Lloyd, D.J., Lagace, H., McLeod, A., and Morris, P.L. 1989. *Microstructural Aspects of Aluminum-Silicon Carbide Particulate Composites by A Casting Method*. *J. Mater. Sci. Eng.* AA107: 73–80
- Lozano, R. E. 2008. *Degradation of Al/SiCp Composites Produced with Rice Hull Ash and Aluminum Cans*. *Waste Management*, 28: 389-395
- Massardier, V., Santini, P., Merle, P. 1999. *Influence of Fiber-Matrix Interactions and Matrix Microstructure on The Mechanical Properties of Aluminum-based MMCs Reinforced with Altex Fibers and Processed by Medium Pressure Infiltration*. *J. Mater. Sci.* 34: 5371–5386
- Oh, S.Y., Cornie, J.A., Russel, K.C. 1989. Wetting of ceramic Particulates with Liquid Aluminium Alloys. *Metallurgical Transactions A*, vol 20A, 527-541
- Prekart, S.M. *Acta Metal Mater.* 40 (1992) 177
- Salvo, L., 'Espe´rance, G.L., Sue´ry, M., and Legoux, J.G. 1994. *Interfacial reactions and age hardening in Al-Mg-Si metal matrix composites with SiC particles*. *J. Mater. Sci. Eng.* AA177, 173–183
- Singh, S.K., et al. 2002. Synthesis of SiC from Rice Husk in a Plasma Reactor, Indian Academic of Science. *Bulletin Material Science*, 25(6): 561-563
- Tham, L.M., M. Gupta and L. Cheng. 2001. Effect of Limited Matrix-Reinforcement Interfacial Reaction on Enhancing The Mechanical Properties of Aluminium Silicon Carbides Composites. *Acta Materialia*, 49: 3243-3253
- Yaghmae, M.S., and Kaptay, G. 2001. *On the Stability Range of SiC on Ternary Liquid Al-SiC-Mg Alloy*. LIMOS R & D