

## PENGARUH TEMPERATUR *SINTERING* TERHADAP DENSITAS DAN POROSITAS KOMPOSIT LOGAM (Al-SiC) HASIL PROSES METALURGI SERBUK

Agus Pramono<sup>1</sup>, Jumiadi<sup>2</sup>

### Abstraksi

Pembuatan komposit matrik logam paduan Al-SiC telah banyak dilakukan oleh para peneliti melalui teknik metalurgi serbuk. Alasan penelitian bidang *metal matrix composite* dengan sistem metalurgi serbuk adalah karena memungkinkan tercampurnya penguat secara baik dan merata. Komposit matrik logam Al-SiC merupakan bahan paduan dari jenis material yang berbeda, sebagai matrik dalam hal ini adalah aluminium dan sebagai penguatnya adalah partikel SiC (keramik) yang dibuat dengan teknik metalurgi serbuk. Pada penelitian ini, komposit Al-SiC dengan variasi temperatur *sinter* 450°C, 500°C dan 550°C, dengan tekanan 1900 Psi dan lama penahanan 60 menit. Pengujian meliputi uji densitas dan uji porositas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa temperatur *sintering* berpengaruh terhadap densitas dan porositas dari produk komposit Al-SiC.

**Kata Kunci :** Metalurgi Serbuk, Komposit Al-SiC, Temperatur *Sintering*, Densitas, Porositas

### PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang begitu cepat memberi suatu ide baru dalam menghasilkan sebuah inovasi, melalui pengembangan material (*advanced materials*). Pemilihan material untuk suatu komponen atau struktur umumnya terdiri atas beberapa aspek seperti kekuatan, berat jenis, ketahanan korosi, dan ketahanan temperatur tinggi. Penggunaan bahan dasar logam telah lama dikembangkan untuk produk industri karena logam memiliki sifat mekanis dan elektrik yang baik. Namun di samping itu logam juga memiliki kelemahan seperti masa jenisnya yang besar. Oleh karena itu perlu dikembangkan suatu alternatif baru yang bisa digunakan untuk menunjang material logam untuk kebutuhan industri tersebut, yaitu dengan membuat material komposit. Komposit adalah perpaduan dari bahan yang dipilih berdasarkan kombinasi sifat fisik

masing-masing material penyusun untuk menghasilkan material baru dengan sifat yang unik dibandingkan sifat material dasar sebelum dicampur dan terjadi ikatan permukaan antara masing-masing material penyusun (Gibson, 1994).

Pembentukan komposit matrik logam dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satu di antaranya pembentukan dengan metode metalurgi serbuk. Metalurgi serbuk merupakan salah satu metode pembuatan komposit berbasis serbuk yang diawali proses pencampuran, kompaksi dan proses *sintering*. Keuntungan dari metalurgi serbuk adalah komponen produk yang dihasilkan langsung dapat digunakan tanpa perlu dilakukan proses permesinan dan dapat diproduksi dalam skala kecil maupun besar. Jenis komposit yang banyak dikembangkan industri otomotif adalah komposit yang bermatrik logam (*Metal Matrix Composite*),

<sup>1</sup> Dosen Jurusan Metalurgi Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon - Banten

<sup>2</sup> Dosen Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang

yaitu komposit bermatrik aluminium (*Aluminium Matrix Composite*). Saat ini AMC digunakan dalam industri otomotif seperti *piston*, *disk brake*, *gear*, dan *engine block*. Material matrik aluminium 6061 dengan penguat keramik SiC merupakan kombinasi yang sangat sesuai dalam meningkatkan performa mekanik dan ketahanan dalam kerusakan korosif. Pada pembuatan yang memiliki sifat material penyusun berbeda maka komposit antar material harus berikatan dengan kuat, sehingga perlu adanya penambahan *wetting agent* (Pramono, 2008). Salah satu *wetting agent* yaitu magnesium, penggunaan magnesium ini dilakukan untuk menjadi pengikat antara matrik aluminium dengan penguat SiC.

Kompaksi adalah proses pemadatan (*solidifikasi*) serbuk menjadi bentuk yang diinginkan untuk memperoleh dimensi yang presisi dan agar material tidak mudah hancur apabila dipindah-pindahkan, kompaksi pada cetakan dengan transmisi satu penekanan (*single compaction*), semakin tinggi kompaksi komposit semakin tinggi pula sifat mekaniknya. Pada penelitian ini dilakukan variasi temperatur *sinter* yang digunakan adalah 450°C, 500°C, dan 550°C dengan tekanan 9 ton. Aluminium seri 6061 adalah paduan Aluminium yang memiliki sifat mampu bentuk yang baik, ketahanan korosi, dan ulet. Namun aluminium seri 6061 ternyata memiliki sifat yang kurang tangguh. Untuk memperbaiki sifat dari aluminium seri 6061 ini maka dalam matrik aluminium seri

6061 ditambahkan dengan penguat SiC sehingga akan terbentuk komposit Al seri 6061/SiC. Dengan adanya penguat SiC dalam komposit yang terbentuk maka ketangguhan matrik pembentuknya akan meningkat, ketahanan temperatur tinggi, keras dan ketahanan aus ([www.azom.com](http://www.azom.com))

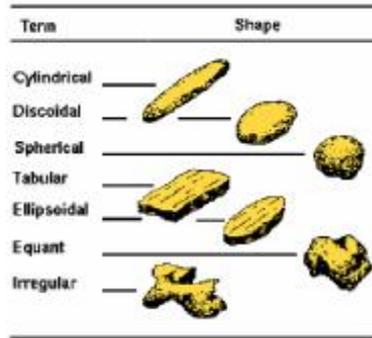
Metalurgi serbuk adalah teknik pembentukan logam dalam keadaan padat, di mana bahan logam dibuat dengan ukuran partikel yang halus. Proses pembentukan adalah bahan serbuk dimasukkan ke dalam cetakan kemudian dilakukan kompaksi. Setelah dilakukan kompaksi, serbuk membentuk *green body* yang sesuai dengan bentuk cetakan yang diinginkan. *Green body* tersebut disinter dengan tujuan agar terjadi pergerakan atom dalam bahan partikel serbuk sehingga menghasilkan rongga di dalam bahan yang akan mempengaruhi berat jenisnya.

## **KAJIAN TEORI**

### **Bentuk Serbuk**

Bentuk-bentuk serbuk ada berbagai macam tergantung dari proses pembuatannya. Bentuk bulat adalah bentuk yang paling baik karena memberikan kerapatan yang baik saat dilakukan kompaksi. Berbagai macam bentuk serbuk dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. **Jenis-jenis Partikel Serbuk**  
(Kalpakjian, 2003)



Ukuran serbuk dapat diketahui dengan melakukan pengukuran serbuk. Untuk menganalisa ukuran partikel, teknik yang digunakan adalah teknik *screening*. Partikel yang lolos dari *screen* adalah partikel yang lebih kecil dan partikel yang tertinggal adalah partikel yang lebih besar. Satuan metode ini adalah *mesh*. Tabel standar *mesh* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. **Standar Mesh** (German, 1994)

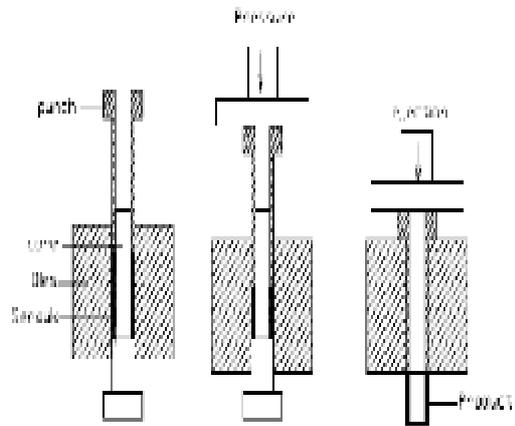
Ukuran Mesh	Bukaan (µm)	Ukuran Mesh	Bukaan (µm)
18	1000	100	150
20	850	120	125
25	710	140	106
30	600	150	90
35	500	200	75
40	425	250	63

**Proses Kompaksi**

Proses kompaksi adalah memampatkan serbuk sehingga serbuk akan saling melekat dan rongga udara antar partikel akan terdorong keluar. Semakin besar tekanan kompaksi jumlah udara (porositas) di antara partikel akan semakin sedikit, namun porositas tak mungkin mencapai nilai nol.

Kompaksi dapat dilakukan dengan satu arah sumbu atau dua arah sumbu. Kompaksi dua arah ini bisa jadi dengan arah berlawanan.

Kebanyakan proses kompaksi menggunakan penekan (*punch*) atas dan bawah. Pada gambar 1 terlihat jenis kompaksi yaitu *single punches*. Penekan bawah sekaligus berfungsi sebagai injektor untuk mengeluarkan benda yang telah dicetak. Permukaan dalam cetakan (*die*) harus halus untuk mengurangi gesekan.



Gambar 1. **Skema Proses Kompaksi**  
(Rusianto, 2009)

**Persen Fraksi Volume**

Persen fraksi volume adalah banyaknya partikel penguat yang ditambahkan dalam cetakan logam dan diukur berdasarkan persen dari logam dasarnya (*matrik*). Penambahan fraksi volume yang dimasukkan ke dalam cetakan logam, mempengaruhi terhadap perubahan viskositas. Sifat viskositas komposit pada kondisi padat mengalami perubahan akibat fraksi volume, bentuk dan ukuran partikel yang ditambahkan. Di samping itu pengaruh kondisi proses, seperti proses kompaksi, lama penahanan dan proses *sintering* dapat

merubah sifat viskositasnya. Komposit dalam kondisi padat yang mengandung partikel penguat, sifat viskositasnya dapat dinyatakan dengan perbandingan tegangan geser (*shear stress*) dan laju pergeseran (*shear rate*).

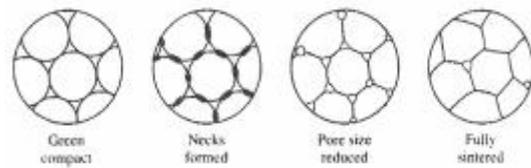
### Proses Sintering

Istilah *sintering* berasal dari bahasa Jerman, “*sinter*” dalam bahasa Inggris seasal dengan kata “*cinder*” yang berarti bara. *Sintering* merupakan metode pembuatan material dari serbuk dengan pemanasan sehingga terbentuk ikatan partikel. *Sintering* adalah pengikatan bersama antar partikel pada suhu tinggi. *Sintering* dapat terjadi dibawah suhu leleh (*melting point*). Proses *sintering* merupakan tahap lanjutan setelah pembuatan *green body* dari proses kompaksi. *Sintering* sendiri terjadi pada temperatur berkisar antara 70% sampai 90% dari temperatur leleh (Henry H., 1982 ).

Peralatan yang paling penting dalam proses *sintering* adalah dapur *sinter*. Dapur ini harus dapat mengatur temperatur, waktu pemanasan, kecepatan pemanasan dan lingkungan dalam dapur itu sendiri. Pemilihan dapur *sinter* bergantung pada penggunaannya. Secara umum pemilihannya tergantung pada daerah kerja, ukuran *green body*, atmosfer atau lingkungan yang diinginkan dan biaya produksinya.

Pemilihan temperatur *sinter* untuk terjadinya ikatan antar partikel akan sangat tergantung dari jenis material itu sendiri. Tidak ada kondisi temperatur yang tepat untuk proses *sinter* pada suatu bahan tertentu, akan tetapi ada ketentuan umum mengenai

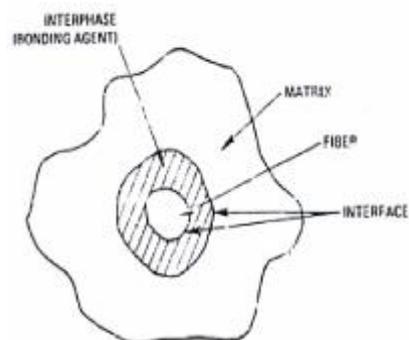
*sinter* padat yang dilakukan di bawah temperatur lebur dari bahan tersebut.



Gambar 2. Proses Sintering

### Lapisan Interface Komposit

Komposit merupakan kombinasi dua bahan yang memiliki sifat berbeda dan menghasilkan sifat yang baru dari material komposit tersebut. Setiap material Komposit memiliki lapisan *interface* yang merupakan lapisan antar muka antara matrik dan penguat. *Interface* adalah lapisan antar muka matriks dan penguat yang memberikan kekuatan pada material komposit sehingga memiliki sifat mekanis yang bagus sehingga pada aplikasinya komposit dapat digunakan untuk bahan-bahan yang bisa menerima pembebanan (Kim kyo Jang, Wing Mai). Lapisan *interface* dari material komposit dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Lapisan Interface Komposit (Pramono, 2008)

Dari gambar 3 dapat kita lihat bahwa lapisan *interface* material komposit matrik logam berada diantara partikel penguat dan matrik. Dibandingkan dengan material

monolitik, mikrostruktur dan interfasial pada komposit MMCs saling berkaitan. Interaksi dan reaksi kimia antara matrik dan penguatnya ditentukan oleh adesi interfasial, karakteristik komponen pembentuk komposit dan karakteristik mekaniknya. Terbentuknya fase pada daerah interfasial matrik dan penguat material komposit sangat ditentukan pada saat proses produksi dan karakteristik material metal komposit. Fase interfasial yang terbentuk menentukan adhesifitas dari matrik dan penguatnya. Pada prinsipnya komposit yang dibentuk dari matrik dan penguat keramik, agar terjadi adhesifitas yang baik sangat ditentukan oleh kebasahan (*wettability*) antar material-material pembentuk komposit. Konsep reaksi interfasial pada material komposit sangat penting, karena hal tersebut akan menghasilkan fase baru dan energi-energi interfasialnya dapat dirubah secara substansial sehingga kebasahan atau perekatan antara penguat dan matrik dapat terjadi dengan baik.

#### METODOLOGI PENELITIAN

Logam Matriks : Serbuk Aluminium paduan seri 6061.



Gambar 4 Serbuk Aluminium

Bahan penguat : serbuk SiC dengan ukuran partikel 320# *mesh*.



Gambar 5. Serbuk SiC

Bahan *coupling agent* : serbuk Mg.



Gambar 6. Serbuk Magnesium

#### Proses Kompaksi

Proses kompaksi merupakan proses lanjutan setelah pencampuran antara matrik Al dan penguat SiC dimana serbuk dimasukkan ke dalam cetakan logam berbentuk silinder dengan lubang diameter 15 mm, dan tinggi 60 mm kemudian ditekan dengan tekanan 1900 psi ditahan selama 30 menit bertujuan untuk memadatkan serbuk sehingga distribusi serbuk akan merata dan melekat. Semakin besar tekanan kompaksi dan semakin kecil ukuran partikel maka jumlah udara (porositas) di antara partikel akan semakin sedikit, alat yang digunakan menggunakan mesin kompaksi manual.

#### Proses Sintering

*Sintering* merupakan metode pembuatan material dari serbuk dengan pemanasan sehingga terbentuk ikatan partikel dimana *sintering* dapat terjadi dibawah titik

lebur Al 660°C. Tujuan dilakukan proses ini terbentuknya ikatan-ikatan partikel dan terjadinya homogenisasi partikel sehingga kepadatannya bertambah. Dari hasil kompaksi, dilakukan proses *sintering* pada *muffle furnace* dengan temperatur 450°C, 500°C dan 550°C dengan *holding time* 60 menit. Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam proses *sintering* diantaranya ukuran partikel, atmosfer *sintering*, suhu, waktu tahan dan kecepatan pemanasan.



Gambar 7. Hasil *Sintering*

### Pengujian Densitas dan Porositas

Densitas merupakan pengukuran massa suatu benda per unit volume dan satuan yang biasa digunakan adalah gram/cm<sup>3</sup> atau lb/inch<sup>3</sup>. Hasil yang diperoleh dalam pengujian ini adalah: berat kering ( $W_c$ ), berat basah di udara ( $W_h$ ) dan berat basah di air ( $W_a$ ), nilai porositas dihitung dengan persamaan (ASM Hand Book Vol 1, 1991).

$$P = (W_b - W_c) / (W_b - W_a)$$

Adapun nilai untuk densitas dihitung dengan persamaan (ASM Hand Book Vol 1, 1991) :

$$D = (W_c) / (W_b - W_a)$$

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Densitas

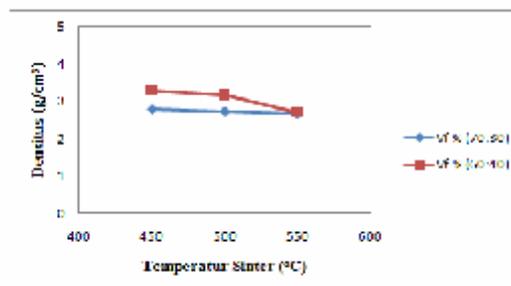
No	Fraksi Volume	Temperatur Sinter (°C)	Densitas gr/cm <sup>3</sup>
1	70% Al 30% SiC	450 <sup>0</sup> C	2,80
2		500 <sup>0</sup> C	2,72
3		550 <sup>0</sup> C	2,66
4	60% Al 40% SiC	450 <sup>0</sup> C	3,28
5		500 <sup>0</sup> C	3,10
6		550 <sup>0</sup> C	2,71

Tabel 4. Data Hasil Pengujian Porositas

No	Fraksi Volume	Temperatur Sinter (°C)	Porositas (%)
1	70% Al 30% SiC	450 <sup>0</sup> C	30,0
2		500 <sup>0</sup> C	49,0
3		550 <sup>0</sup> C	52,2
4	60% Al 40% SiC	450 <sup>0</sup> C	48,3
5		500 <sup>0</sup> C	56,0
6		550 <sup>0</sup> C	58,4

### Pengaruh temperatur *sinter* dan variasi fraksi volume terhadap densitas

Pada Gambar 8 menunjukkan hubungan temperatur *sinter* dan fraksi volume terhadap densitas.

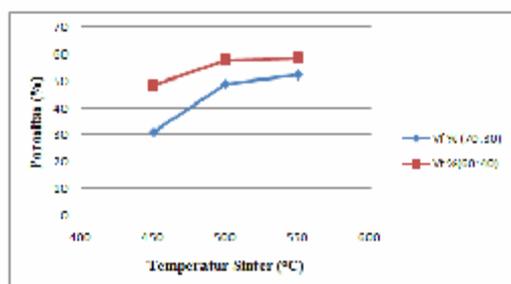


Gambar 8 Pengaruh Temperatur *Sinter* Dan Variasi Fraksi Volume Terhadap Densitas

Dari gambar 8 dapat lihat bahwa densitas dipengaruhi oleh temperatur, dimana densitas menurun dengan meningkatnya temperatur *sinter*. Pada fraksi volume 70:30% pada temperatur 550 °C nilai densitas terendah diperoleh sebesar 2,66 g/cm<sup>3</sup> dan nilai densitas yang paling tinggi terdapat

pada temperatur 450°C dengan nilai densitas sebesar 2,80 g/cm<sup>3</sup>. Pada fraksi volume 60:40% pada temperatur 550°C nilai densitas terendah diperoleh sebesar 2,71 g/cm<sup>3</sup> dan nilai densitas yang paling tinggi terdapat pada temperatur 450°C dengan nilai densitas sebesar 3,28 g/cm<sup>3</sup>. Hal ini disebabkan distribusi penguat terhadap matrik tidak merata sehingga terjadi penggumpalan partikel penguat dalam satu tempat dimana densitas turun maka porositas naik hal itu dapat dilihat pada grafik porositas.

#### Pengaruh temperatur *sinter* dan variasi fraksi volume terhadap porositas



Gambar 9. Pengaruh Temperatur *Sinter* Dan Variasi Fraksi Volume Terhadap Porositas

Pada gambar 9 menunjukkan hubungan temperatur *sinter* dan fraksi volume terhadap porositas. Salah satu penyebab kegagalan suatu material adalah keberadaan porositas. Porositas bisa diakibatkan oleh penyusutan atau oleh gas terperangkap ini di buktikan pada penelitian Widyastuti (2008). Penyusutan terjadi pada saat proses kompaksi dan *sintering*, hal ini dihasilkan dari pengurangan volume yang diikuti oleh kekerasan yang menurun.

Dari data pengujian porositas material komposit Al-SiC menunjukkan bahwa nilai

porositas mengalami peningkatan dengan bertambahnya temperatur. Pada fraksi volume 70:30% pada temperatur 450 °C nilai porositas terendah diperoleh sebesar 30% dan nilai densitas yang paling tinggi terdapat pada temperatur 550°C dengan nilai porositas sebesar 52,2%. Pada fraksi volume 60:40% pada temperatur 450°C nilai porositas terendah diperoleh sebesar 48.3% dan nilai porositas yang paling tinggi terdapat pada temperatur 550°C dengan nilai porositas sebesar 58,4%.

#### KESIMPULAN

Dari penelitian pembuatan material komposit matrik logam Al-SiC dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai densitas paling rendah dicapai pada temperatur 550°C dan fraksi volume 70:30% sebesar 2,66 g/cm<sup>3</sup> dan nilai tertinggi didapat pada temperatur 450°C dan fraksi volume 60:40% sebesar 3,28 g/cm<sup>3</sup>.
2. Nilai porositas paling rendah dicapai sebesar 30% dan nilai tertinggi sebesar 58,4%.

#### DAFTAR PUSTAKA

- ASM *Hand Book*, 1982, *Powder Metallurgy*, Vol 7
- Henry H. Hausne, Dr. M. Kumar Mal., *Hand Book of Powder Metallurgy*, Second Edition, USA.
- Gibson, Ronal F., 1994, *Introduction To Physical Metallurgy*, Second edition. McGraw-Hill. Inc. New York.
- <http://www.azom.com>, *Alloy Al seri 6061*”, diakses tanggal 17/07/2010.

- Kim Kyo Jang, Wing Mai Yiu., *Interface In Composites*, Volume 13, Australia. Department Of Mechanical Engineering.
- Pramono A., 2008. **Komposit Sebagai Trend Teknologi Masa Depan**, Untirta. Cilegon.
- Widyastuti., 2008, **Kompaktibilitas Komposit Isotropik Al-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Dengan Variabel Waktu Tahan Sinter**, Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknik Industri, ITS Surabaya.