

# **PENGARUH PENAMBAHAN SILIKON KARBIDA PADA ALUMINIUM SCRAP TERHADAP KETANGGUHAN IMPAK DAN STRUKTUR MIKRO DENGAN METODE *SINTERING***

**Ahmad Humaidi**

Jurusan Teknik mesin, Fakultas Teknik  
Universitas Mataram

## **ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan silikon karbida (SiC) pada aluminium secrap (*Alscrap*) terhadap ketangguhan impak dan setruktur mikro dengan metode metalugi serbuk (*sintering*). Salah satu cara untuk meningkatkan nilai kekerasan logam yaitu dengan dilakukan penguatan pada logam tersebut. Senyawa SiC merupakan jenis keramik yang paling keras dan tidak menyebabkan oksidasi pada logam Aluminium dibandingkan dengan  $Al_2O_3$ , SiC, TiC, dan  $ZrO_2$ .

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah aluminium *scrap* dan silikon karbida. Aluminium *scrap* dan silikon karbida yang sudah diayak dengan ukuran 200 mesh dicampur dengan perbandingan berat. Ada 3 variasi campuran yang digunakan yaitu campuran pertama dengan penambahn 0% SiC, campuran kedua 10% SiC dan campuran ketiga 20% SiC. Masing-masing variasi campuran diaduk sampai merata lalu dimasukkan kedalam cetakan masing-masing. Dibuat 3 buah cetakan berbentuk persegi dengan luas penampang cetakan 3,249 mm<sup>2</sup>. Cetakan ditekan dengan alat tekan (*Universal testing*) dengan berat beban 150 kN untuk masing-masing variasi. Pemanasan dilakukan didalam open dengan waktu tahan selama 3 jam dan suhu 500 C°. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian impak dan pengamatan struktur mikro.

Untuk setiap variasi campuran pada pengujian impak dilakukan dengan 3 kali pengulangan. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa variasi dari penambahan SiC 20% menghasilkan ketangguhan impak yang paling tinggi sebesar 0.013077638 J/mm<sup>2</sup> dan untuk variasi tanpa penambahan SiC 0.011977229 J/mm<sup>2</sup>. Dari hasil pengamatan struktur mikro masih terlihat adanya aluminium yang masih membeku hal ini disebabkan karena kurangnya komvaksi dan temperatur pada peroses *sintering*.

**Kata Kunci :** Komposisi SiC, aluminium *scrap*, *sintering*, pengujian impak, pengamatan struktur mikro

## **ABSTRACT**

*This study aimed to determine effect of the addition of silicon carbide (SiC) on aluminum scrap (Al scrap) to the toughness and microstructure. The addition of SiC was done in sintering method. One of the ways to increase metal hardness value is reinforcing the metal. SiC compounds are the hardest type of ceramics and do not cause oxidation in Aluminum metals, instead of  $Al_2O_3$ , TiC, and  $ZrO_2$ .*

*The materials used in this research are scraping aluminum and silicon carbide. These materials were sieved on 200 mesh and mixed with weight ratio. There are 3 mixed variations used i.e: (1) Aluminum with 0% SiC, (2) Aluminum with 10% SiC and (3) Aluminum with 20% SiC. Each mixture is stirred to evenly distributed, then inserted*

into each mold. There were 3 pieces of square-shaped mold with a cross-sectional area of 3,259 mm<sup>2</sup>. The mold is pressed by a universal testing tool weighing 150 kN for each variation. Warming is done inside open with holding time for 3 hours and temperature of 500°C. The tests conducted are impact test and micro structure observation.

The impact test was performed in 3 repetitions in each mixed variation. The results show that the addition of 20% SiC resulted in the highest impact toughness of 0.013077638 J / mm<sup>2</sup>, while the specimen without addition of SiC was given the lowest impact toughness (0.011977229 J/mm<sup>2</sup>). Based on the observation of micro structure, it is still seen the aluminum frozen. This is caused by lack of pressure and temperature when sintering process was performed.

**Keywords:** SiC, Scraping Aluminum, Sintering, Impact test, micro structure.

## A. LATAR BELAKANG

Ilmu dan teknologi bahan merupakan penerapan teknologi mengenai hubungan antara komposisi dan pemrosesan logam, dengan sifat-sifat dan pemakaian yang sesuai dengan kebutuhan dan tuntutan yang ada. Semakin banyaknya industri, khususnya industri otomotif maka persaingan semakin ketat untuk memperoleh pangsa pasar yang ada. Untuk memenangkan pangsa pasar dan persaingan ini, maka para produsen berlomba-lomba untuk menemukan bahan yang relatif murah, kuat, ringan, dan tahan lama. (Surdia.T., Saito, S., 1995).

Aluminium (Al) adalah salah satu logam *non ferro* yang memiliki beberapa keunggulan, diantaranya adalah memiliki berat jenis yang ringan, ketahanan terhadap korosi, dan hantaran listrik yang baik. Adapun sifat dasar dari aluminium (Al) murni adalah memiliki sifat mampu cor yang baik dan sifat mekanik yang jelek (Surdia.T., Saito, S., 1995).

Salah satu cara untuk meningkatkan nilai kekerasan logam, maka perlu dilakukan penguatan pada logam tersebut, yaitu dengan cara ditambahkan dengan material yang keras, misalnya bahan keramik. Jenis-jenis bahan keramik yang biasa digunakan antara lain: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiC, TiC,

dan ZrO<sub>2</sub>. Diantara jenis keramik tersebut yang paling keras adalah SiC. (Jamaliah, 2003).

Senyawa SiC mudah berikatan dan tidak menyebabkan oksidasi pada logam Al. Sedangkan material keramik jenis oksida, seperti: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, dan ZrO<sub>2</sub> juga relatif keras dan kuat, tetapi kelemahannya sulit berikatan dengan logam Al. Disamping itu dengan adanya gugus oksigen (oksida) berpotensi terjadi oksidasi pada komposit logam Al. (Zhongliang, 2001).

Indonesia memiliki potensi mineral *bauxite* (sumber aluminium) yang cukup besar. Sedangkan keramik SiC memang tidak tersedia secara langsung di alam. Bahan SiC dapat dibuat dari proses pencampuran secara *carbothermal* antara abu sekam padi atau pasir silika sebagai sumber Si dan sumber karbon (C) dari arang batok kelapa atau arang serbuk kayu pohon jati, melalui proses *sintering* dan *milling* sehingga dapat dihasilkan *nano particle* SiC. (Khairil, 2005).

Di dalam mendesain komposit ini salah satu metode yang banyak digunakan adalah metode metalurgi serbuk. Pada metode ini, bahan-bahan penyusun paduan dicampur, dikompaksi, lalu dipanaskan di bawah titik leburnya (R.M. German, 1984). Keuntungan dari metode metalurgi

serbuk ini adalah pengontrolan material penyusun menjadi lebih mudah untuk mendapatkan sifat mekanik dan sifat fisis sesuai dengan variasi yang diinginkan (*Material Handbook*, Vol.7, 1984).

Penelitian yang akan dilakukan yaitu memperbaiki ketangguhan impak dan pengamatan bentuk setruktur mikro dari material aluminium *scrap*. Dalam hal ini peneliti mencoba menambahkan serbuk SiC pada aluminium *scrap* yang diperoleh dari limbah bengkel produksi pembuatan etalase. Adapun proses penambahan ini dilakukan dengan metode *sintering* (metalugi serbuk) karena kedua material cukup rumit jika dilakukan dengan proses pengecoran.

#### D. METODE PENELITIAN

Dalam melakukan penelitian, seorang peneliti harus memiliki panduan atau prosedur yang terstruktur yang akan diikuti. Dengan adanya panduan ini, maka proses penelitian akan lebih terarah. Oleh karena itu, dalam penelitian ini, ada beberapa langkah-langkah dan prosedur yang diikuti, antara lain:

1. Pembuatan cetakan dengan dimensi yang sudah ditentukan.

Untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat pada bahan uji, dibuat satu cetakan untuk satu variasi campuran dan kesamaan perlakuan. Pada penelitian ini digunakan tiga cetakan berbentuk persegi dengan ukuran yang sama yaitu dengan dimensi 57mm x 55mm x100mm. Bahan untuk cetakan menggunakan besi plat dengan ketebalan 8 mm untuk bagian penekan dan dinding cetakan dengan ketebalan 3 mm. Untuk memper jelas bentuk cetakan dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 cetakan

2. Penyiapan bahan

Bahan campuran pada penelitian ini berupa aluminium *scrap* dengan silikon karbida yang sudah diayak terlebih dahulu dengan ukuran partikel sebesar 200 *mesh*. Perbandingan campuran yang dipakai berdasarkan perbandingan massa.

3. Proses *mixing*.

Pencampuran partikel penguat dengan matrik dilakukan secara sederhana yaitu memasukan kedua bahan kedalam wadah yang sudah disiapkan berupa botol lalu dilakukan pemutaran sampai kedua bahan tercampur merata.

4. Proses penekanan bahan (*konvaksi*).

Penekanan bahan dilakukan dengan mesin *Hung Ta Instrument* dengan besar tekanan yang digunakan yaitu sebesar 150 kN.

5. Proses pemanasan.

Pada peruses pemanasan peneliti menggunakan *open* dengan temperatur 500 C° dengan waktu tahan selama 3 jam didalam *open*. Bahan yang sudah lakukan penekanan dimasukan bersama cetakan kedalam *open* pemanas dengan temperatur *start* 30 C°. Adapun waktu *start* dari temperatur 30 C° - 500 C° dibutuhkan waktu +- 30 menit, sehingga total waktu pemanasan 3,5 jam. Setelah waktu pemanasan selesai cetakan dikeluarkan dari

*open* dan didinginkan dengan media udara sampai temperature sesuai dengan temperature ruangan.

6. Proses melepas specimen dari cetakan.

Pada bagian ini karena dinding cetakan yang kembang akibat tekan, mempersulit dalam pengeluaran secara normal sehingga untuk mengeluarkan specimen harus dilakukan dengan cara membelah cetakan.

7. Proses pembentukan specimen sesuai dengan standar pengujian.

Pada bagian ini peneliti melakukan pemotongan dari bahan yang sudah dibuat disesuaikan dengan masing-masing setandar pengujian.

8. Pengujian specimen.

Pengujian specimen dilakukan dengan penyesuaian dari masing-masing alat uji yang digunakan.

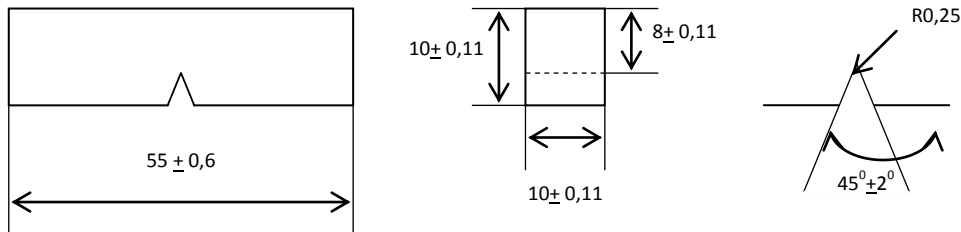
9. Pengambilan data dan pembahasan.

Data yang didapat dari hasil pengujian dibahas dan disesuaikan dengan landasan teori sehingga didapatkan kesimpulan.

## E. PENGUJIAN

### 1. Uji Impak

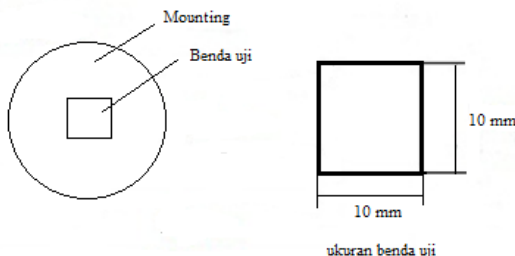
Pengujian impact dilakukan dengan alat uji impact *charpy* dengan setandar specimen ASTM E23. Metode *charpy* menggunakan sampel dengan ukuran panjang 55 mm lebar 10 mm dan tinggi 10 mm dengan takik sedalam 2 mm yang bersudut 45°. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.2 Bentuk dan ukuran spesien uji impact

### 2. Struktur Mikro

Bentuk dan ukuran batang Pengujian setruktur mikro dalam satuan *mm* dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.3 Bentuk dan ukuran spesimen struktur mikro

Pada pengamatan ini peneliti menggunakan potongan bekas

pengujian impact yang dipotong dan dipasangin *mounting* dari bahan resin. Besar *mounting* disesuaikan dengan kebutuhan untuk memudahkan dalam proses *polishing*. Setelah pemasangan *mounting* selesai, specimen dipoles dengan amplas 400, 800, 1200, 2000 dan diakhiri dengan 5000. Untuk lebih memper halus permukaan yang akan diuji, permukaan digosok dengan kain dari bahan beludru dengan tambahan autosol secukupnya.

### 3. Analisis data

Untuk bisa melihat pengaruh dari pemberian variasi SiC terhadap kekuatan Aluminium, maka dalam

penelitian ini, data yang sudah diolah sedemikian hingga akan dianalisa menggunakan ANOVA satu arah.

Sebelum masuk keanalisa, terlebih dahulu ditentukan hipotesis dari penelitian. Hipotesis ini nantinya akan menjadi acuan dalam menentukan kesimpulan hasil analisa. Hipotesis yang dimaksud adalah:

H0 :  $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$  ; tidak ada pengaruh penambahan SiC terhadap penambahan kekuatan Aluminium.

H1 :  $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$  ; Ada pengaruh penambahan SiC terhadap penambahan kekuatan Aluminium.

Langkah selanjutnya adalah menentukan nilai F hitung dan F tabel. Dimana setelah tabel diketahui, maka selanjutnya F hitung dan F tabel dibandingkan. Jika F hitung > F tabel, maka ditarik kesimpulan bahwa terdapat rata-rata nilai yang berbeda antar masing-masing variasi. Atau dengan kata lain, terdapat pengaruh terdapat pengaruh variasi perlakuan terhadap nilai yang dihasilkan dari sebuah percobaan. Sebaliknya, jika F hitung < F Tabel, maka tidak ada pengaruh variasi perlakuan terhadap nilai yang dihasilkan.

## F. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Data Hasil Pengujian

Dibawah ini adalah hasil dari pengujian impak yang sudah dilakukan dengan standar spesimen ASTM E23 dan takikan bentuk V.

Table 4.1. Data hasil pengujian impak

No	Campuran (%)	W (mm)	T (mm)	H (mm)	$\alpha$	$\beta$
1	0	10.05	10.1	8.1	15	13.5
2		10.1	10.05	8.05		13.5
3		10	9.95	7.95		13.7
1	10	10.1	10.1	8.05	15	13.4
2		10	10.05	8.1		13.5
3		9.95	9.95	7.9		13.6
1	20	10	10.05	8.1	15	13.4
2		10.1	10.1	8		13.4
3		9.9	10.05	8.05		13.5

### 2. Pengolahan dan Perhitungan Data

Energi yang diserap oleh material diperoleh dengan menggunakan rumus dibawah ini :

$$E = m.g.L (\cos \beta - \cos \alpha)$$

Dimana :E = Energi yang diserap (joule)

m = massa pendulum (Kg)

g = percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

L = panjang lengan (m)

$\alpha$  = sudut awal lengan

$\beta$  = sudut akhir lengan

Untuk massa pendulum (m) = 20 Kg, panjang lengan (L) = 0,8 m diperoleh dari mesin uji impak yang dipakai dan gravitasi bumi (g) = 9,8m/s<sup>2</sup>. Dengan mengetahui

jumlah energi yang diserap, dan luas takikan maka dapat diketahui harga impact dari bahan tersebut. Persamaan yang digunakan untuk menghitung harga impact tersebut yaitu:

$$HI = \frac{E}{A}$$

Dimana :  
 Harga Impact (J/mm<sup>2</sup>)

E =  
 energi yang diserap (joule)

A = Luas  
 penampang yang ditakik (mm<sup>2</sup>)

$$E = m \cdot g \cdot L (\cos \beta - \cos \alpha)$$

$$= 20 \times 9,8 \times 0,8 (\cos 13,5 - \cos 15)$$

$$= 1,010 \text{ joule}$$

$$A = L \times H$$

$$= 10,05 \times 8,1$$

$$= 81,41 \text{ mm}^2$$

$$HI = \frac{E}{A}$$

$$= \frac{1,010}{81,41} =$$

$$0,012413 \text{ J/mm}^2$$

1. Pengujian tanpa penambahan SiC

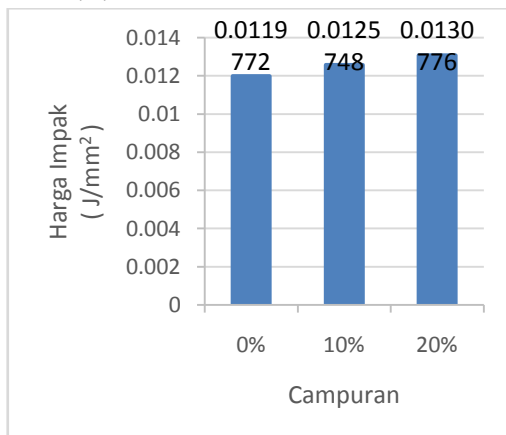
- Spesimen 1

Selanjutnya dengan cara pengolahan data yang sama, hasil perhitungan ditampilkan pada table 4.2.

Tabel 4.2. Harga impact rata-rata.

No	Campuran (%)	Luas (mm <sup>2</sup> )	Energi (J)	HI (J/mm <sup>2</sup> )	HI rata-rata (J/mm <sup>2</sup> )
1	0	81.41	1.010	0.012413	0.011977229
2		81.31	1.010	0.012428	
3		79.50	0.882	0.011091	
1	10	81.31	1.074	0.013211	0.01257486
2		81.00	1.010	0.012475	
3		78.61	0.946	0.012039	
1	20	81.00	1.074	0.013261	0.013077638
2		80.80	1.074	0.013293	
3		79.70	1.010	0.012679	

Harga rata-rata impact pada table 4.2 jika dibuat dalam sebuah grafik dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik hasil pengujian impact

Gambar 4.1 hubungan antara persentasi campuran dengan harga impact dari pengujian yang telah dilakukan. Dari grafik dapat dilihat untuk harga impact terendah pada 0% penambahan SiC sebesar 0.011977229 J/mm<sup>2</sup> dan yang tertinggi pada penambahan SiC 20% sebesar 0.013077638 J/mm<sup>2</sup>. Dapat disimpulkan bahwa penambahan SiC 20% memberkan peningkatan harga impact sebesar 9,24%. harga impact dari material ini tergolong rendah hal ini disebabkan proses konpaksi dan

temperatur *sintering* yang kurang maksimal.

Bentuk patahan uji impak :

1. Spesimen 0% SiC



Gambar 4.2 Patahan spesimen 0% SiC

2. Specimen 10% SiC



Gambar 4.3 Patahan spesimen 10% SiC

3. Specimen 20% SiC



Gambar 4.4 Patahan spesimen 20% SiC

Dari pengamatan bentuk patahan dari masing-masing variasi campuran yaitu pada gambar 4.2, gambar 4.3, dan gambar 4.4 terlihat bentuk patahan semakin ulet.

### 3. Analisis Menggunakan ANOVA

Dalam penelitian ini, Hipotesis yang digunakan adalah:

$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$  ; Tidak ada pengaruh penambahan SiC terhadap penambahan kekuatan Aluminium.

$H_0 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$  ; Ada pengaruh penambahan SiC terhadap penambahan kekuatan Aluminium.

Tabel. 4.3. Variasi penambahan SiC pada Aluminium

Pengulangan	X1	X2	X3	Total
1	0.012413	0.013211	0.013261	
2	0.012428	0.012475	0.013293	
3	0.011091	0.012039	0.012679	
<b>Jumlah</b>	<b>0.035932</b>	<b>0.037725</b>	<b>0.039233</b>	<b>0.112889</b>

Ket: X1 : 0% SiC, X2 : 10% SiC, X3 : 20% SiC

Pengulangan	X1 <sup>2</sup>	X2 <sup>2</sup>	X3 <sup>2</sup>	Total
1	0.0001540	0.000175	0.000176	
2	0.0001544	0.000156	0.000177	
3	0.0001230	0.000145	0.000161	
<b>Jumlah</b>	<b>0.00043154</b>	<b>0.000475</b>	<b>0.000513</b>	<b>0.00142</b>

$$N=9 \quad k=3$$

# Jumlah Kuadrat Total (JKT)

$$JKT = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n X_{ij}^2 - \frac{T^2}{N}$$

$$= 0,00142 - \frac{0,112889}{9} = 0,0000039$$

# Jumlah Kuadrat Kolom (JKK)

$$JKK = \sum_{i=1}^k \frac{T_k^2}{N_k} - \frac{T^2}{N}$$

$$= 0,001418 - \frac{0,112889}{9} = 0,0000018$$

# Jumlah Kuadrat Galat (JKG)

$$JKG = JKT - JKK$$

$$= 0,0000039 - 0,0000018 = 0,0000021$$

#Kuadrat Tengah Kolom (KTK)

$$KTK = \frac{JKK}{k-1} = \frac{0,0000018}{3-1} = 0,0000009$$

#Kuadrat Tengah Galat (KTG)

$$KTG = \frac{JKG}{N-k} = \frac{0,0000021}{9-3} = 0,0000004$$

#F Hitung

$$F_{hitung} = \frac{KTK}{KTG} = \frac{0,0000009}{0,0000004} = 2,58$$

#F Tabel

$$df_1 = k - 1 = 3 - 1 = 2$$

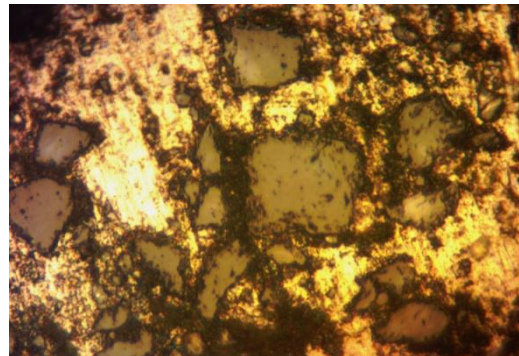
$$df_2 = N - k = 9 - 3 = 6$$

Dengan menggunakan derajat kepercayaan  $\alpha=0,05$ , maka  $F_{tabel}$  yang dihasilkan adalah= 5,14.

Karena F hitung < dari F tabel, maka H0 di terima, yang berarti tidak ada pengaruh yang signifikan antara masing-masing variasi percobaan.

#### 4. Struktur mikro

Pengamatan pada struktur mikro pada bahan uji menggunakan *metallurgical microscope* dengan 1000x pembesaran dan didapat hasil gambar 4.5, gambar 4.6 dan gambar 4.7.

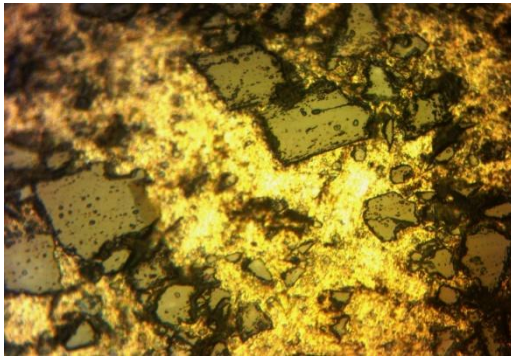


Gambar 4.5 0% SiC dengan 1000X pembesaran

Dari gambar 4.5 terlihat bahwa persentasi penambahan SiC didapat hasil, serbuk aluminium masih banyak belum terkristalisasi dengan baik. Hal ini disebabkan karena pada 0% SiC terlihat butiran serbuk

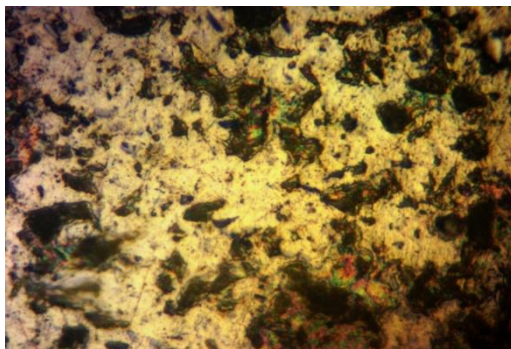


*Alscrap* masih utuh yang mengakibatkan ikatan serbuk pada spesimen belum sempurna.



Gambar 4.6 10% SiC dengan 1000X pembesaran

Dari gambar 4.6 terlihat bahwa butiran serbuk *Alscrap* mulai berkurang karena pada spesimen ini dilakukan penambahan 10% SiC. Dengan berkurangnya butiran serbuk *Alscrap* ini ikatan dari serbuk mulai terbentuk yang memberikan peningkatan terhadap harga impact.



Gambar 4.7 20% SiC dengan 1000X pembesaran

Pada gambar 4.7 dapat dikatakan bahwa ikatan antara partikel-partikel serbuk mulai terbentuk dengan dengan baik .pada spesimen ini terdapat kandungan 20% SiC.

Hasil pengamatan struktur mikro dapat dilihat pesentasi penambahan SiC membantu proses terjadinya pengikatan dari partikel-partikel serbuk yang berdekatan. Hal ini disebabkan karena material dari SiC merupakan material yang memiliki sifat termal yang baik.

## G. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Penambahan silikon karbida (SiC) pada aluminium *scrap* (Al *scrap*) dapat mempengaruhi ketangguhan impact. Nilai tertinggi terdapat pada variasi penambahan silikon karbida (SiC) 20% dengan nilai ketangguhan impact sebesar 0.013077638 J/mm<sup>2</sup>.
2. Dari hasil pengamatan setruktur mikro masih ada partikel serbuk Al *scrap* yang belum terkeristalisasi.

## H. SARAN

Untuk memperoleh data hasil pengujian yang telah dilakukan agar lebih teliti dan valid perlu diperhatikan sebagai berikut :

1. Untuk mempermudah dalam penyusunan skripsi, sebaiknya mempertimbangkan pemilihan bahan dan metode yang tepat.
2. Dalam penelitian dengan metode *sintering* untuk mempersingkat proses sebaiknya menggunakan bahan serbuk yang sudah jadi.
3. Dalam pembuatan cetakan sebaiknya menggunakan bahan yang lebih kuat untuk menghindari perubahan dimensi cetakan.
4. Untuk mendapatkan pengaruh penambahan yang lebih maksimal sebaiknya peneliti memperhatikan tekanan yang digunakan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arino Anzip dan Suhariyanto. 2006. *Peningkatan Sifat Mekanik Paduan Alumunium A356.2 dengan Penambahan Mangan (Mn) dan Perlakuan Panas T6*.
- Aqida, S. N.. 2004. *Effects of Porosity on Mechanical Properties of Metal Matrix Composites: An Overview*. Jurnal Teknologi Universiti Teknologi Malaysia (UTM)
- Dieter, George.1988. *Mechanical Metallurgy*. Mc.Grow Hill Book Co.
- Downson, G.. 1990. *Powder Metallurgy The Processing and its Product*.Reddiffe Way. Bristol BS1 6NX. England.
- Dynacer . 2009. *Silicon Carbide*. (Diakses 28Januari 2009).
- Henriono, Halley dan Zainuri, M.. *Karakterisasi Bentuk Partikel Sic Yang Dilapisi Dengan Mgal2o4 Berdasarkan Variable Konsentrasi Ion Logam*. FMIPA. Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Surabaya.
- German, R.M. 1984. ***Powder Metallurgy Science***. Metal Powder Industries Federation. New Jersey
- Hartomo, A.J., 1992. *Memahami Polimer dan Perekat*. Edisi Pertama. Andi Offset. Yogyakarta.
- Jamaliah, Idris. 2003. *Kajian Sifat Kehausan dan Kekerasan Komposit MatriksAlumunium*. Universiti Teknologi Malaysia. Malaysia.
- Khairrel Rafezi Ahmad. 2005. *The Influence of Alumina Particle Size on SinteredDensity and Hardness of Discontinous Reinforced Aluminum MetalMatrix Composites*. Universiti TeknologiMalaysia.
- Lee, J.A.. 2003. *Cast Aluminum Alloy for High Temperature Applications*, *TheMinerals, Metals & Material Society*
- Lutfi&Sukron. 2010. *Pengaruh Magnesium Terhadap Proses Elektroless Coating pada partikel penguat SiC*. Departement Teknik Metalurgi dan Material Universitas Indonesia.
- Scwartz, Mel, M. 1984. *Composite Material Handbook*. McGraw Hill, Inc. New York, USA. P 1.23-1.32
- Olivier, B.. 2002. *Metal Matrix Composites (MMC's)*, *Empa, Swiss FederalLaboratories for Material Research and Testing*. Dept Material andTechnology. Swiss
- Peter, T. B.. 1990. *Engineering Properties of Carbides, Engineered Material HandBook*, vol 4, *Ceramics and Glasess*, Heather, L. F. and Nikki, W. D., ed..The Material Information Society.
- Randall. M. German. 1991. *Fundamental of Sintering, Ceramic and Glasses,Engineered Materials Handbook, Volume 4*. ASM International. USA.
- Rukino (2012) *Analisis Pengaruh Heat Treatment Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik Paduan Alumunium Al - Si - Cu*.Skripsi thesis, Universitas Muhammadiyah Surakrta.
- Saranavanan., R.A.. 1998. *Dry Sliding Wear Behavior of A356-15 Pct SiCp Compositesunder Controlled Atmospheric Conditions*, *Metallurgical and MaterialsTransactions*.
- Sciti, D., and Bellosi, A.. 2002. *Microstructure and Properties of Alumina-SiCnanocomposites Prepared*

- from Ultrafine Powders*. Kluwer Academic Publishers.
- Surdia, T., Saito, S., 1995, *Pengetahuan Bahan Teknik*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Zhan., 2010. *Pengujian Kekerasan*. Tersedia di <http://fariiedkurosaki.blogspot.co.id/2010/01/pengujiankekerasan>. Akses 2015.
- Zheng Ren and Sammy Lap Ip Chan. 2000. *Mechanical Properties of Nanometric Particulate Reinforced Aluminium Composites*. School of Materials Science and Engineering. UNSW
- Zhongliang, Shi. 2001. *The Oxidation of SiC Particle and Its Interfacial Characteristics in Al-Matrix Composites*. Kluwer Academic Publisher.