

## PENGARUH PERSENTASE BERAT SERBUK SiC TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN KETANGGUHAN IMPAK PADA KOMPOSIT AlSiMgTiB-SiC PRODUK HPDC

\*Syamsul Sigit Adisetiaji<sup>1</sup>, Sulardjaka<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

\*E-mail: Syamsulsigit@gmail.com

### Abstrak

*Metal Matrix Composites (MMC)* banyak digunakan dalam beberapa aplikasi pesawat terbang dan industri otomotif dan memungkinkan insinyur untuk mengatasi kendala ketika menggunakan bahan individual. Bahan penyusun komposit mempertahankan identitas mereka dalam komposit dan tidak larut atau bergabung sepenuhnya satu sama lain. Dalam studi ini, AlSiMgTiB-SiC adalah komposit dengan paduan aluminium seri A356 sebagai matriks dan SiC (silikon karbida) yang merupakan bahan keramik sebagai *reinforcement*. Aluminium memiliki beberapa sifat yaitu ringan, tahan korosi, dan mudah dibentuk. Namun, aluminium memiliki kekuatan mekanik dan kekerasan yang kurang baik, SiC merupakan bahan keramik yang menguntungkan dimana mudah berikatan dengan aluminium dan tidak menyebabkan oksidasi. Komposit AlSiMgTiB-SiC ditambahkan TiB 1,5% yang bertujuan untuk penghalusan butir dan menambahkan 1% Mg untuk meningkatkan *wettability*. Pembuatan komposit menggunakan proses *stirr casting* dan dibentuk dengan menggunakan cetakan HPDC (*high pressure die casting*) dengan penambahan SiC yang berbeda yaitu (0%, 5%, 7,5%, 10%). Uji tarik dan uji impak digunakan untuk mengetahui kekuatan tarik dan ketangguhan impak komposit AlSiMgTiB-SiC. Meningkatnya persentase berat serbuk SiC menyebabkan peningkatan kekuatan tarik komposit. Nilai kekuatan tarik tertinggi terdapat pada AlSiMgTiB dengan persentase berat SiC 10% yang mempunyai nilai 186,77 MPa. Hasil lain menunjukkan bahwa peningkatan atau penambahan persentase berat serbuk SiC menyebabkan ketangguhan impak semakin kecil karena material semakin getas. Nilai ketangguhan impak tertinggi adalah 9.67 J/cm<sup>2</sup> yang terdapat pada AlSiMgTiB-SiC dengan 0% SiC

**Kata kunci:** Aluminium; *high pressure die casting*; Komposit; SiC; *stirr casting*

### Abstract

*Metal Matrix Composites (MMC)* have been used in several application in aerospace and automotive industries and have allowed engineers to overcome obstacles when using the materials individually. The constituent materials retain their identities in the composites and do not dissolve or otherwise merge completely into each other. In this study, AlSiMgTiB-SiC is a composite with an aluminium alloy A356 series as matrix and SiC (silicon carbide) which is a ceramic material as the reinforcement. Aluminium have some properties there are light-weight, good corrosion resistant, and easy to formed. However, aluminium have low strength and hardness and SiC is a ceramic material have advantageous that is easy to bond with aluminium and not cause oxidation to it. AlSiMgTiB-SiC composite was added TiB 1.5% weight fraction for grain refinement and added 1% Mg to improve *wettability*. Composite manufacture using stir casting process and molded by HPDC (*high pressure die casting*) with different weight percent of reinforcement (0%, 5%, 7.5%, 10%). Tensile test and impact test is used to determine tensile strength and impact toughness composites AlSiMgTiB-SiC. Increasing of weight percentage SiC particles led to the improvement tensile strength of composite. The highest tensile strength values have been obtained at AlSiMgTiB with 10% weight percentage of SiC that is 186.77 MPa. The other result showed that the increasing weight percentage addition of SiC particles impact toughness is getting smaller because the material more brittle. The highest impact toughness value is 9.67 J/cm<sup>2</sup> in AlSiMgTiB-SiC with 0% SiC.

**Keywords:** Aluminium; Composites; *high pressure die casting*; SiC; *stirr casting*

### 1. Pendahuluan

Aluminium telah menjadi logam yang luas penggunaannya setelah baja. Perkembangan ini didasarkan pada sifat-sifatnya yang ringan, tahan korosi, kekuatan dan keuletan yang cukup baik, mudah diproduksi dan cukup ekonomis. Aluminium paling sering digunakan dalam bidang industri transportasi sebesar 25% dan sebagai bahan pembuat

pesawat terbang, yang memanfaatkan sifat ringan dan kuatnya. Pemakaian aluminium dalam dunia industri yang semakin tinggi, menyebabkan pengembangan sifat dan karakteristik aluminium terus menerus ditingkatkan. Aluminium dalam bentuk murni memiliki kekuatan yang rendah dan tidak cukup baik digunakan untuk aplikasi yang membutuhkan ketahanan deformasi dan patahan, maka dari itu perlu ditambahkan unsur lain untuk meningkatkan kekuatannya. Aluminium dalam bentuk paduan yang sering dikenal dengan istilah aluminium alloy merupakan jenis aluminium yang digunakan cukup besar saat ini. Jenis paduan aluminium saat ini sangat banyak dan tidak menutup kemungkinan ditemukannya lagi jenis paduan aluminium baru. Salah satu material baru yang terus dikembangkan adalah komposit dengan matrik logam Aluminium atau AMC (Aluminum Matrix Composites). AMC banyak digunakan pada aplikasi yang membutuhkan performa tinggi, seperti aplikasi dalam permesinan pesawat terbang, juga aplikasi dalam industri otomotif [1].

Komposit MMC diperkuat partikel keramik tersebut dapat diproduksi dengan beberapa cara, diantaranya adalah proses cair atau proses pada fasa cair, proses setengah padat atau semisolid, dan metalurgi serbuk atau proses pada fase padat.

Komposit AlSiMgTiB-SiC ini dibuat dengan menggunakan metode stir casting dan di cetak dengan metode HPDC. stir casting merupakan suatu proses penting dari produk komposit dimana material bahan penguat digabungkan dalam cairan logam dengan cara pengadukan. Tujuan dari proses ini adalah agar bahan penguat tersebut tersebar secara merata di logam tersebut sehingga campuran logam cair tersebut menjadi homogen. Hasil dari pengecoran komposit tersebut nantinya akan dilakukan beberapa pengujian sifat mekanis seperti uji Tarik dan uji impak. Dari pengujian sifat mekanik yang dilakukan, diharapkan dapat mengetahui pengaruh perbedaan persentase berat penguat SiC terhadap matrik AlSiMgTiB yang persentase matriknya dibuat tetap.

## 2. Bahan dan Metode Penelitian

### 2.1 Alat dan Bahan Pengujian

Pada pembahasan kali ini bahan utama komposit yang digunakan adalah aluminium sebagai bahan utama atau matrik dari komposit yang diteliti, aluminium yang digunakan yaitu aluminium jenis A356 yang diproduksi oleh PT.PINJAYA LOGAM, Mojokerto, Jawa timur. Bahan tersebut digunakan sebagai bahan dasar utama pembuatan matriks komposit AlSiMgTiB, dengan persentase Mg yang digunakan sebesar 1 % dan persentase TiB 1,5 % dari komposisi matriksnya. Serta sebagai penguat komposit dilakukan penambahan SiC sebesar 5%, 7,5% dan 10 %. Sehingga terbentuk material komposit dengan matriks AlSiMgTiB yang diperkuat dengan serbuk SiC. Aluminium yang digunakan yaitu aluminium jenis A356 dengan komposisi dan karakteristik seperti berikut :

**Tabel 1.** Komposisi material A356 produksi PT PINJAYA LOGAM

unsur	persentase (%)	Unsur	persentase (%)	unsur	persentase (%)
Si	7,255	Pb	<0,001	Mg	0.07
Fe	0,1475	Sn	<0,002	Zn	0,0015
Cu	0,02	Ti	0,1	Ni	0,004
Mn	0,0075	Be	<0,001	Cr	0,004
Na	<0,001	Ca	0,0005	Sb	0,092
Al	92,393	Sr	0,001		

**Tabel 2.** komposisi material A356 standard ASTM B26/B26M-03

unsur	persentase (%)	unsur	persentase (%)
Si	6,5-7,5	Pb	-
Fe	0,6	Sn	-
Cu	0,25	Ti	0,25
Mn	0,35	Be	-
Mg	0,2-0,45	Ca	-
Zn	0,35	Na	-
Ni	-	Sb	-
Cr	-	Sr	-
Al	balance		

Dalam hasil uji komposisi menunjukkan bahwa kedua material A356 tersebut mempunyai paduan unsur yang relatif sama yaitu Al sebagai paduan unsur utama dan memiliki paduan unsur Si yang paling banyak yaitu 6,5-7,5 % . Adapun hasil lengkap dari pengujian komposisi dari material A356 produksi PT PINJAYA LOGAM tercantum pada

Tabel 1. Dan komposisi material A356 menurut standard ASTM sebagaimana tercantum pada Tabel 2. adapun sifat mekanik dari A356 yang tercantum pada Tabel 3 dan Tabel 4 seperti berikut.

**Tabel 3.** Sifat Mekanik material A356 standard ASTM B26/B26M-03

AA number	356.0
Tensile strength, min ksi(1000 psi)	19
Yield strength, min ksi (1000psi)	9,5
Elongation in 2 in or 4x diameter,min,%	2,0
Typical brinell hardness	55

**Tabel 4.** Sifat Fisik material A356 standard ASTM B26/B26M-03

ANSI Alloy	A356
Berat jenis	2,68
Densitas lb/in	0,097 (2,685 g/cm3 )
Konduktivitas elektris of A.I.C.S	39
Konduktivitas termal CGS	0,36
Koefisien muai (68-573oF)	11,9

HPDC digunakan untuk menekan coran sehingga terbentuk hasil coran sesuai dengan cetakan yang dikehendaki, Digunakan untuk mengepres Aluminium paduan masuk ke dalam cetakan. HPDC ini mampu melakukan penekanan hingga 7 MPa. Mesin HPDC seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 adalah milik Laboratorium Metalurgi Fisik Teknik Mesin UNDIP.



**Gambar 1.** Mesin HPDC

Alat uji tarik, Alat ini digunakan untuk melakukan pengujian spesimen uji sesuai dengan standar ASTM E8. Alat uji tarik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 adalah milik Laboratorium Metalurgi Fisik Teknik Mesin UNDIP.



**Gambar 2.** Alat uji tarik

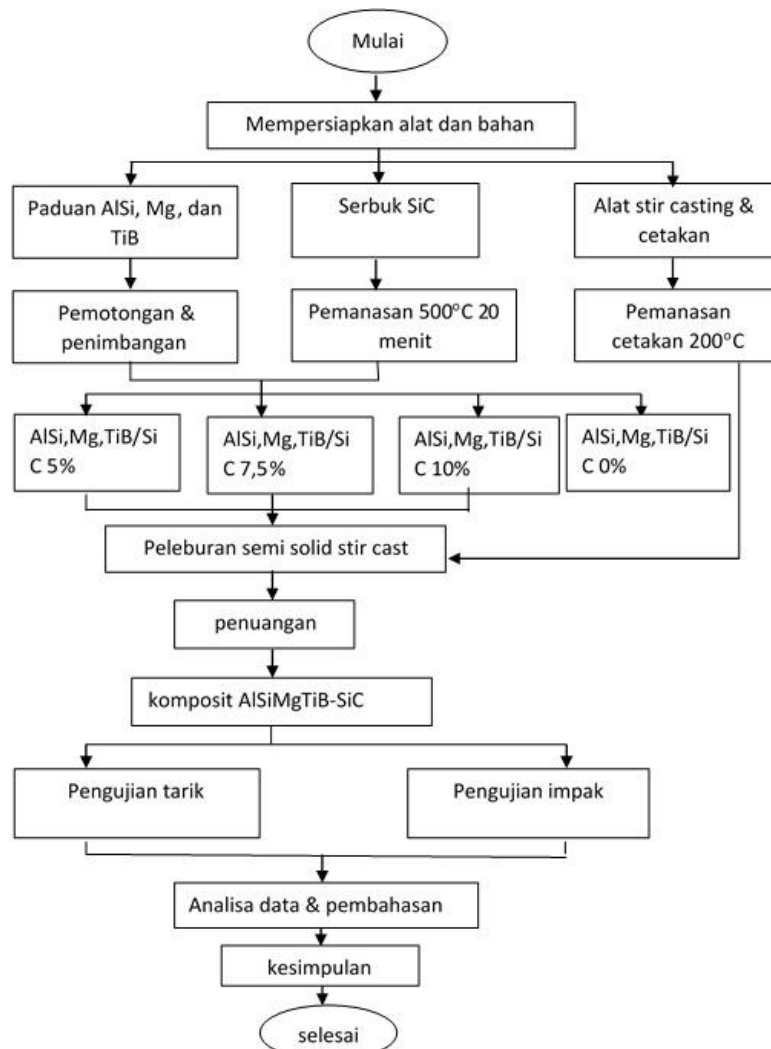
Alat uji impak, Alat ini digunakan untuk melakukan pengujian impak. Alat uji impak seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 adalah milik Laboratorium bahan teknik Teknik Mesin dan industri UGM.



Gambar 3. Alat uji impact

## 2.2 Metode Pengujian

Pada penelitian ini langkah-langkah pengujian mengacu pada diagram alir berikut :



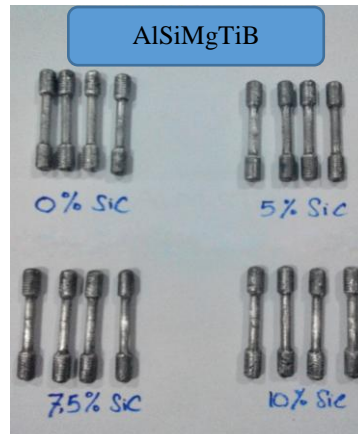
Gambar 4. Diagram alir pengujian

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Pengujian yang Dilakukan

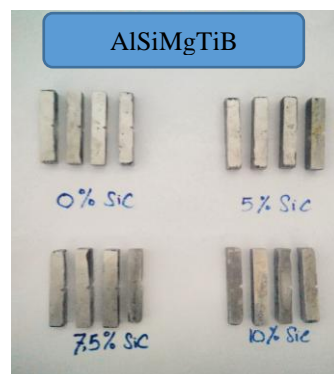
Dalam pembahasan kali ini terdapat dua jenis pengujian yang dilakukan yaitu pengujian tarik untuk mengetahui nilai tegangan tarik dan perpanjangannya serta pengujian dampak untuk mengetahui nilai ketangguhan dampak pada material komposit AlSi+1%Mg+1,5%TiB dengan penambahan SiC sebesar 0%, 5%, 7,5% dan 10% sebagai penguat.

Spesimen sebelum dilakukan pengujian tarik, mempunyai ukuran yang sama dan sesuai standar ASTM E8 yaitu panjang 30 mm, diameter 6 mm, radius fillet 6 mm, dan bidang tereduksi 36 mm. Spesimen sebelum dilakukan pengujian tarik dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Spesimen uji tarik

Pengujian berikutnya adalah uji dampak dimana pengujian dampak kali ini dilakukan di universitas gajah mada dengan menggunakan metode charpy, berikut merupakan spesimen uji dampak sebelum pengujian dengan dilengkapi takikan berbentuk v seperti terlihat pada Gambar 6.



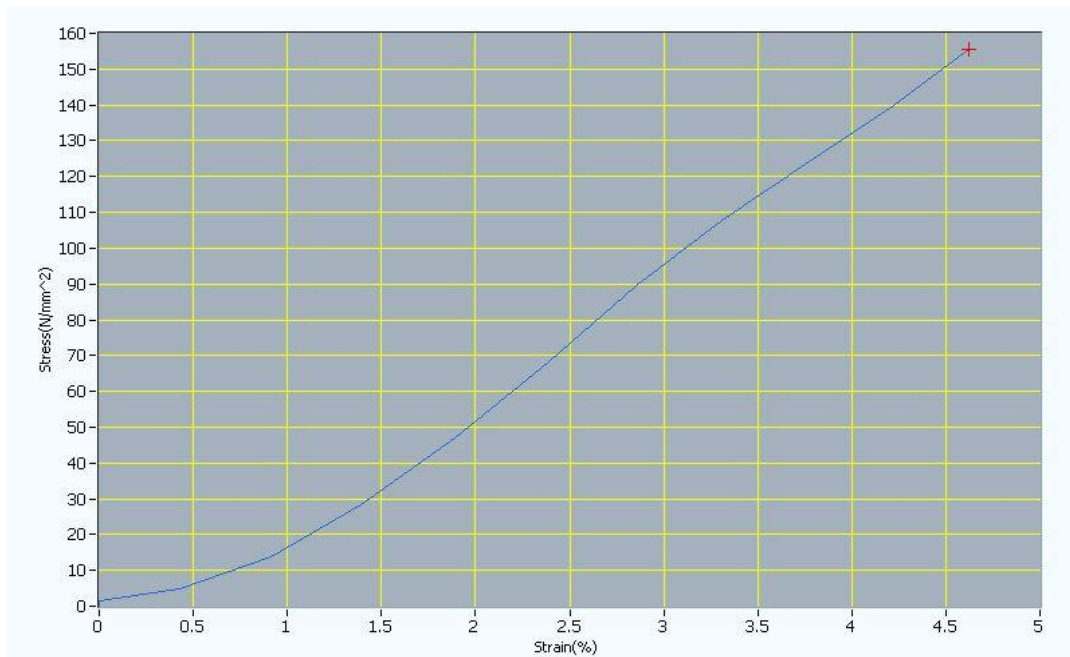
Gambar 6. Spesimen uji dampak

#### 3.2 Analisa Hasil Pengujian

Berikut ini merupakan hasil dan pembahasan dari pengujian yang dilakukan pada material komposit AlSiMgTiB-SiC meliputi uji tarik dan dampak untuk mengetahui kekuatan mekanis material yang dikehendaki, serta uji SEM untuk melihat detail patahan dari uji tarik dan dampak.

##### 3.2.1 Uji tarik

Pengujian tarik dilakukan di Laboratorium Metalurgi Fisik Jurusan Teknik Mesin Universitas Diponegoro menggunakan mesin uji tarik dengan model kontrol dan pencatatan data secara otomatis dengan program komputer [2]. Pelaksanaan uji tarik berdasarkan standar ASTM E-8. Spesimen yang disiapkan untuk masing-masing variasi unsur silikon karbida adalah 3 spesimen. Nilai tegangan maksimum dan regangan hasil uji tarik dapat dilihat langsung pada grafik yang datanya telah tersimpan pada komputer kontrol mesin uji tarik. Adapun contoh grafik uji tarik yang dihasilkan bisa dilihat pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Grafik tegangan-regangan uji tarik

Kekuatan tarik yang harganya sama dengan nilai tegangan tarik didapatkan dengan perhitungan beban maksimal dibagi dengan luas penampang spesimen uji tarik. Perhitungan tersebut menggunakan persamaan 1.

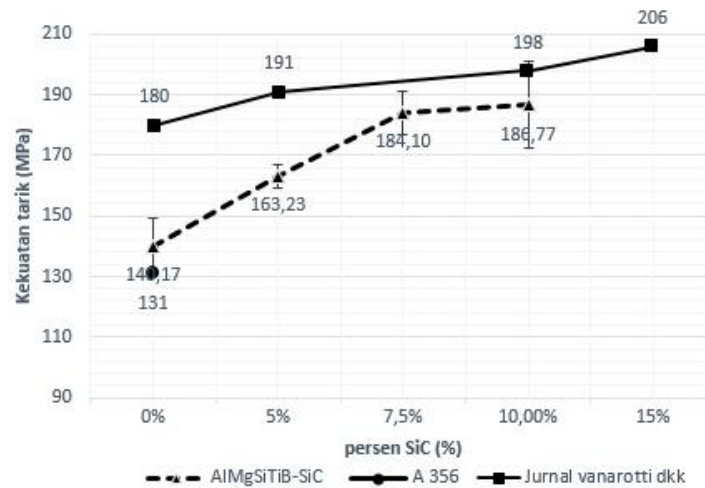
$$UTS = \frac{F_{maks}}{A_o} \quad (1)$$

Untuk nilai kekuatan tarik rata – rata komposit AlSiMgTiB dengan variasi SiC dari hasil HPDC dapat dilihat pada Tabel 5 dan Gambar 8.

**Tabel 5.** Tabel Kekuatan Tarik

Komposisi SiC	Kekuatan Tarik Material (Mpa)	Kekuatan Tarik rata-rata
0%	128,1	140,17
	142,2	
	150,2	
5%	166,3	163,23
	165,5	
	157,9	
7,50%	174,5	184,10
	192	
	185,8	
10%	182,3	186,77
	171,7	
	206,3	

Dari nilai pengujian pada Tabel 5 dan Gambar 8 terlihat bahwa seiring dengan meningkatnya kandungan silikon karbida pada komposit AlSiMgTiB maka akan semakin meningkat pula kekuatannya, hal ini disebabkan karena ikatan Mg<sub>2</sub>Si pada campuran matriks komposit tersebut meningkatkan kekuatan material, sedangkan penambahan TiB dan Mg juga dapat meningkatkan kekuatan tarik material dari ASTM nya yang mula mula bernilai 131 MPa menjadi memiliki rata rata nilai kekuatan tarik 140,17 MPa. Hal tersebut dikarenakan Mg merupakan material yang memiliki wetability sangat bagus yang diperlukan pada saat proses pengecoran sedangkan TiB sebagai grain refinement yang bertindak sebagai memperhalus butir dan unsur TiB dapat menjadi inti dari paduan aluminium sehingga dapat menghambat laju dislokasi pada saat terjadi perambatan retak ketika uji tarik. Jika dibandingkan dengan jurnal vanarotti dkk [3] sebagai pembanding hasil pengujian tren yang terjadi yaitu sama, semakin banyak penguat SiC yang digunakan semakin besar pula nilai tariknya, namun ketidak seragaman nilai yang terjadi pada penelitian membuat nilai tarik hasil penelitian lebih kecil daripada junal jika di ambil nilai rata-rata nya.

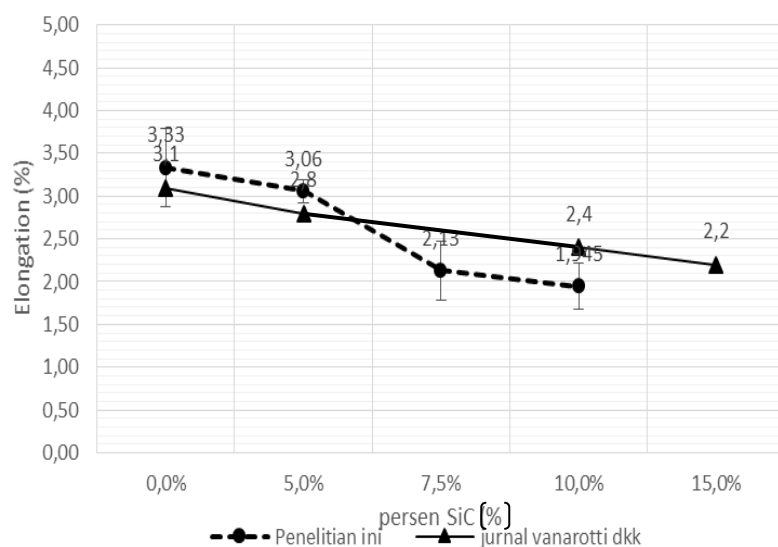


**Gambar 8.** Grafik kekuatan tarik

Pada pengujian tarik terdapat juga nilai keuletan yang diperoleh dari mesin uji tarik yaitu %EL dimana semakin tinggi nilai elongation atau perpanjangan tersebut maka akan semakin ulet material tersebut, nilai perpanjangan pada pengujian kali ini dapat kita lihat pada Tabel 6 dan Gambar 9.

**Tabel 6.** Tabel Perpanjangan Material

komposisi material	Perpanjangan Material (%EL)	rata-rata Perpanjangan Material
0%	3,33	3,33
	2,78	
	3,89	
5%	3,33	3,06
	3,06	
	2,78	
7,50%	2,50	2,13
	1,67	
	2,22	
10%	1,67	1,94
	2,22	
	1,94	



**Gambar 9.** Grafik perpanjangan material (%EL)

Dari nilai pengujian pada Tabel 6 dan Gambar 9 terlihat bahwa seiring dengan meningkatnya kandungan silikon karbida pada komposit AlSiMgTiB maka akan semakin berkurang nilai perpanjangan material tersebut, hal ini disebabkan karena semakin besar kandungan silikon karbida pada komposit AlSiMgTiB maka campuran komposit tersebut akan semakin getas yang dinyatakan dengan keuletan yang berkurang. Begitu juga dengan nilai elongation pada jurnal vanarotti dkk [3] seiring dengan meningkatnya kandungan silikon karbida maka nilai perpanjangannya akan berkurang seperti terlihat pada Gambar 9.

### 3.2.2 Uji impact

Pengujian impact dilakukan di laboratorium bahan teknik ugm menggunakan metode charpy, uji impact bertujuan untuk mengetahui ketangguhan dari masing-masing spesimen uji. Takik (notch) dalam benda uji standar ditujukan sebagai suatu konsentrasi tegangan sehingga perpatahan diharapkan akan terjadi di bagian tersebut. Pada pengujian kali ini menggunakan takikan jenis V agar gaya terpusat pada ujung takik. Mekanisme uji Charpy yaitu spesimen diletakkan horizontal pada batang penumpu dan diberi beban secara tiba-tiba di belakang sisi takik oleh pendulum berat berayun [4]. Besar nilai impact suatu material dapat di dapat dengan menggunakan persamaan dibawah ini :

$$I = \frac{E}{A} \quad (2)$$

dimana:

I = Nilai Ketangguhan Impact (Joule/cm<sup>2</sup>)

E = Energi Yang Diserap (Joule)

A = Luas Penampang Dibawah Takikan (mm<sup>2</sup>)

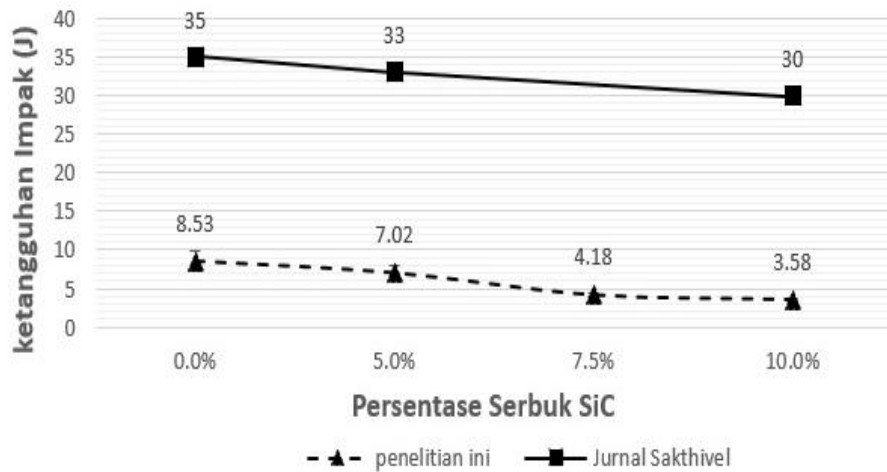
Pada pengujian impact kali ini nilai impact langsung di dapat pada alat uji impact, Nilai pengujian yang dilakukan dapat kita lihat pada Tabel 7.

**Tabel 7.** Hasil Pengujian Impact

Spesimen	Dimensi Awal Takikan		Hasil Pengujian				
	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Sudut Beta (deg)	Harga Impact (J/cm <sup>2</sup> )	Rata-rata Harga Impact (J/cm <sup>2</sup> )	Energi yang diserap (Joule)	
0,0%	1	11,7	7,3	146	8	9,67	8,53
	2	11,3	7,9	141	11		
	3	11,3	7,9	142	10		
5,0%	4	10,1	9,3	143	8,5	7,67	7,02
	5	11,5	8	144	8		
	6	11	8	147	6,5		
7,5%	7	11,3	7,3	149	5,5	4,67	4,18
	8	11,5	7,8	150	4,5		
	9	11,5	8,6	150	4		
10,0%	10	10,3	9,8	151	3,5	4,00	3,58
	11	11	7,7	150	4		
	12	11,2	7,6	149	4,5		

Dari Tabel 7 dapat terlihat bahwa semakin bertambahnya volume SiC pada paduan komposit tersebut nilai impact akan turun karena semakin bertambahnya SiC pada paduan AlSiMgTiB membuat material tersebut semakin getas sehingga kemampuan bahan untuk menyerap energi semakin kecil, hal yang sama juga terjadi pada jurnal sakhthivel dkk [5] yang menunjukkan tren penurunan nilai ketangguhan impact saat penambahan SiC, tren dari penambahan volume SiC pada paduan dapat kita lihat pada Gambar 10.

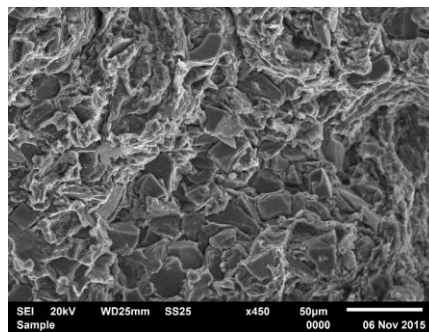




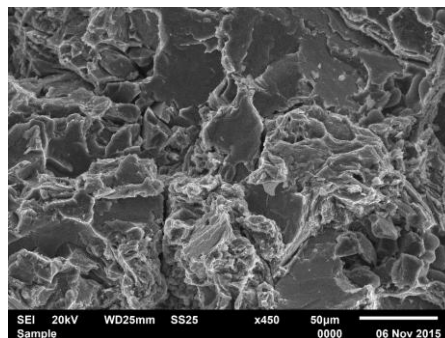
Gambar 10. Hasil pengujian impak

### 3.2.3 Uji SEM

Pengujian SEM kali ini dilakukan untuk melihat patah getas yang terjadi pada komposit AlSiMgTiB dengan penguat serbuk SiC, pengujian dilakukan di UPT Laboratorium Terpadu UNDIP, pengujian dilakukan pada patahan spesimen uji impak dan uji tarik setelah pengujian tersebut dilakukan. Hasil pengujian SEM dapat kita lihat pada Gambar 11 dan 12.



Gambar 11. Hasil SEM Spesimen uji tarik



Gambar 12. Hasil SEM Spesimen uji impak

Dari Gambar 11 dan 12 terlihat bahwa keduanya merupakan jenis patah getas dengan hasil foto SEM menunjukkan bahwa pada bidang patah nampak terdapat cleavage pada permukaan patahan yang mengidentifikasi bahwa material tersebut getas dan tidak adanya dimple yang mana merupakan ciri-ciri patah ulet. Pada foto SEM juga menunjukkan adanya striasi yang mana merupakan ciri patah getas. Patah getas yang terjadi berdasarkan foto SEM adalah transgranular fracture yaitu perpatahan yang memotong butirnya karena bagian butir merupakan daerah yang paling lemah, terlihat pula porositas yang mempengaruhi nilai mekanik dimana ditunjukkan dengan adanya lubang pada foto SEM pada Gambar 11 dan 12.

#### 4. Kesimpulan

Hasil dari pengujian tarik diketahui bahwa semakin bertambahnya variasi SiC kekuatan tariknya semakin meningkat. Hasil dari variasi SiC 0% kekuatan tariknya sebesar 140,17 MPa, variasi 5 % kekuatan tariknya sebesar 163,23 MPa, variasi SiC 7,5 % sebesar 184,10 MPa dan variasi SiC 10 % sebesar 186,77 MPa. Sedangkan hasil dari pengujian impak dihasilkan bahwa semakin bertambahnya variasi SiC ketangguhan impak yang dihasilkan semakin kecil karena material semakin getas, sehingga daya serap material semakin kecil. Ditunjukkan dengan nilai ketangguhan impak variasi SiC 0% 9,67 J/cm<sup>2</sup>, variasi 5 % 7,67 J/cm<sup>2</sup> variasi 7,5 % 4,67 J/cm<sup>2</sup>, dan variasi 10 % memiliki nilai ketangguhan impak sebesar 4,00 J/cm<sup>2</sup>. Dengan adanya SEM dapat kita lihat bahwa jenis patahan dari kedua pengujian tersebut adalah patah getas dengan adanya *cleavage*.

#### 5. Daftar Pustaka

- [1] Askeland, Donald, and Wendelin Wright. *Science and Engineering of Materials*. Cengage Learning, 2015.
- [2] Laboratorium Metalurgi Fisik Teknik Mesin UNDIP, 2014, Jobsheet Praktikum Metalurgi Fisik 2014, Semarang.
- [3] Vanarotti, Mohan, et al. "Study Of Mechanical Properties & Residual Stresses on Post Wear Samples of A356-SiC Metal Matrix Composite." *Procedia Materials Science* 5 (2014): 873-882.
- [4] Laboratorium Bahan Teknik Universitas Gajah Mada, 2015, Jobsheet Praktikum Metalurgi Fisik 2015, Yogyakarta.
- [5] Sakthivel, A., et al. "production and mechanical properties of SiCp particle reinforced 2618 aluminum alloy composites." *Journal of materials science* 43.22 (2008): 7047-7056