

## SIFAT MEKANIK KOMPOSIT ALUMINIUM ADC12-SiC-Mg MENGGUNAKAN SEMI SOLID STIR CASTING DENGAN VARIASI PENAMBAHAN SiC DAN Mg

Eri Widianto<sup>a\*</sup>, Agung Hadi<sup>b</sup>, Kardiman<sup>c</sup>, Rizal Hanifi<sup>d</sup>

<sup>(a,b,c,d)</sup> Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang  
Jln. H.S. Ronggowaluyo Telukjambe Timur Karawang, Jawa Barat, Indonesia

\*E-mail: eri.widianto@ft.unsika.ac.id

### Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang pengaruh penambahan SiC dan Mg terhadap sifat mekanik komposit Aluminium ADC12. Komposit ADC12-SiC-Mg dibuat menggunakan metode *semi solid stir casting* dengan memanfaatkan matrik aluminium ADC12 bekas sepatu rem. Karakterisasi sifat mekanik komposit Aluminium ADC12-SiC-Mg berupa kekerasan, kekuatan tarik dan *elongation* (%EL), serta kekuatan impact dengan 3 variasi sampel A0, A1 dan A2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan SiC dan Mg meningkatkan kekerasan komposit ADC12-SiC-Mg dari 86,1 HRB, 95,8 HRB sampai 105,6 HRB. Kekuatan tarik rata-rata diperoleh nilai tertinggi pada penambahan SiC 10 wt% dan Mg 5 wt% sebesar 120,7 MPa, dan *elongation* (%EL) maksimum sebesar 2,03. Kekuatan impact juga meningkat seiring dengan penambahan persentase SiC dan Mg. Kekuatan impact rata-rata diperoleh harga tertinggi sebesar 1,26 Nm. Komposit Aluminium ADC12-SiC-Mg dari limbah aluminium sepatu rem ini diharapkan dapat diaplikasikan diberbagai bidang khususnya dibidang otomotif.

**Kata kunci:** Aluminium ADC12, Silikon karbida (SiC), Magnesium (Mg), komposit, *stir casting*

### 1. PENDAHULUAN

Jumlah produksi kendaraan bermotor yang terus meningkat menghasilkan limbah yang cukup banyak. Hal itu dikarenakan adanya pergantian *sparepart* yang bersifat rutin, dimana *sparepart* tersebut berbahan dasar aluminium (Al). Salah satunya adalah limbah aluminium dari sepatu rem. Limbah aluminium tersebut dapat didaur ulang menjadi barang yang bernilai jual tinggi. Proses pemanfaatan daur ulang aluminium atau *remelting* memerlukan media peleburan. Pengecoran adalah suatu proses manufaktur yang menggunakan logam cair dan cetakan untuk menghasilkan *parts* dengan bentuk yang mendekati geometri akhir produk jadi. Logam dicairkan dalam tungku peleburan kemudian dituangkan ke dalam rongga cetakan yang serupa dengan bentuk asli dari produk cor yang akan dibuat [1].

Pemanfaatan aluminium bekas dengan cara daur ulang akan berpengaruh pada sifat fisik dan sifat mekanik aluminium tersebut. Pengaruh *remelting* terhadap sifat fisik dan mekanik aluminium dapat menurunkan kekerasan. Hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan penurunan kekuatan tarik (*remelting* I=149,0 MPa; II=136 MPa dan III= 134,8 MPa) dan penurunan ketangguhan impact (*remelting* I= 1,70 Joule; II=1,33 Joule dan III=1,20 Joule) [2]. Untuk meningkatkan sifat mekanik aluminium salah satunya dengan penambahan *Silicon Carbide* (SiC) [3]. SiC dihasilkan dari pengolahan pasir kwarsa (SiO<sub>2</sub>) dan batubara antrasit atau kokas minyak bumi (C) pada suhu 1800 °C – 2000 °C. Serbuk SiC ada yang berwarna hitam atau hijau tergantung dari bahan bakunya. Karena kekerasan yang tinggi serta konduktivitas termalnya yang baik, SiC biasaya dimanfaatkan untuk bahan abrasif, refraktori, komponen otomotif, penerbangan, dan bidang pertahanan [4]. Selain itu, untuk meningkatkan *wettability* campuran Al dan SiC perlu ditambahkan Magnesium (Mg). *Wettability* didefinisikan sebagai kemampuan cairan untuk menyebar membasahi permukaan material padat. Mg merupakan logam alkali tanah dan elemen kedua yang terletak di baris kedua dari tabel periodik dan unsur kedelapan yang paling berlimpah. Salah satu keunggulan Mg dalam paduan logam yaitu kuat dan ringan. Mg

sering dipadukan dengan logam lain seperti aluminium, seng, mangan, silikon, dan tembaga sebagai suku cadang kendaraan bermotor, komponen pesawat dan rudal [5].

Beberapa penelitian yang telah dilakukan menunjukkan adanya perubahan sifat fisik dan mekanik pada campuran AlSiC dan AlSiC-Mg. Ozben, dkk melakukan penelitian tentang pengaruh partikel SiC dengan matriks AlSi<sub>7</sub>Mg<sub>2</sub> terhadap sifat mekanik bahan. Prosentase SiC yang digunakan adalah 5 %, 10% dan 15%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan persentase SiC dapat meningkatkan sifat mekanik seperti kekerasan dan ketangguhan. Kekuatan tarik meningkat pada penambahan SiC sampai 10%, dan kemudian menurun pada 15% SiC [6]. Penelitian tentang pengaruh penambahan Mg pernah dilakukan oleh Lin, dkk terhadap komposit Al-SiC. Penambahan Mg divariasikan 2,5 %, 4,2 % dan 6,8% berat. Sementara SiC sebagai partikel penguat dipakai 10%. Disimpulkan bahwa distribusi SiC dengan *wettability* yang baik bisa dicapai dengan penambahan unsur Mg. *Wettability* terus meningkat seiring dengan peningkatan persentase Mg. Sementara itu kekuatan tarik juga meningkat seiring peningkatan persentase Mg. Kekuatan tarik tertinggi dicapai pada penambahan 6,8% Mg sebesar 344 MPa [7].

Ada beberapa teknik yang digunakan dalam pembuatan komposit matriks aluminium. *Semi solid stir casting* adalah salah satu cara terbaik yang bisa dipakai dan cukup sederhana dibanding proses lainnya. Salah satu penelitian tentang *stir casting* dilakukan oleh Viswanatha, dkk. Matriks A356 divariasikan dengan SiC 9% kekerasan naik dari 127 VHN menjadi 144 VHN [8]. Pada penelitian ini dilakukan pembuatan komposit Aluminium ADC12-SiC-Mg dengan menggunakan matriks aluminium bekas sepatu rem. Fokus penelitian ini yaitu pengaruh penambahan SiC dan Mg terhadap sifat mekanik aluminium ADC12 yang diproduksi menggunakan metode *semi solid stir casting*. Komposisi SiC yang ditambahkan sebesar 5 wt% dan 10 wt%, sedangkan Mg yang ditambahkan hanya 1 wt% dan 2 wt%. Karakterisasi sifat mekanik komposit ADC12-SiC-Mg berupa kekerasan, kekuatan tarik dan *elongation* (%EL) serta kekuatan impak. Komposit aluminium ADC12-SiC-Mg dari penelitian ini diharapkan mampu diaplikasikan diberbagai bidang khususnya pada *sparepart* bidang otomotif.

## 2. MATERIAL DAN METODE PENELITIAN

Material yang digunakan yaitu Aluminium ADC12 bekas sepatu rem dari PT. XXX dengan komposisi sebagai berikut:

**Tabel 1.** Kandungan Kimia Aluminium ADC12

Unsur	Al	Si	Fe	Mn	Mg	Ni	Zn	Cu
%	87,8	8,5	0,85	0,3	0,25	0,3	1	1

Pada penelitian ini dilakukan penambahan *Silicon Carbide* (SiC) dan Magnesium (Mg) dengan variasi komposisi massa seperti pada **Tabel 2.** berikut:

**Tabel 2.** Variasi penambahan SiC dan Mg

Sampel	Komposisi	ADC 12 (gr)	SiC (gr)	Mg (gr)
A0	ADC12	1000	0	0
A1	ADC12+SiC+Mg	940	50	10
A2	ADC12+SiC+Mg	880	100	20

Material ADC12 dipotong-potong berukuran sekitar 3 cm. Selanjutnya dimasukkan ke dalam tungku peleburan casting dan dipanaskan hingga suhu 800 °C untuk mencapai kondisi cair sempurna. Sementara itu, SiC juga dipanaskan hingga suhu 250 °C selama 20 menit, serta cetakan logam dipanaskan sampai suhu 300 °C dengan kompor gas. SiC yang sudah dipanaskan kemudian dimasukkan ke dalam tungku sedikit demi sedikit untuk dicampur dengan matriks cair dan Mg. Setelah itu, suhu diturunkan hingga suhu 590 °C untuk mencapai kondisi *semi solid*. Pengadukan dengan *stirrer* dengan kecepatan 500 rpm dilakukan selama 180 menit agar terjadi dispersi yang homogen dan permukaan SiC terbasahi sempurna oleh matriks. Selanjutnya, suhu dinaikkan sampai suhu penuangan mencapai 750 °C dan penuangan pada cetakan yang sudah dipanaskan terlebih dahulu hingga 300 °C. Pendinginan dilakukan pada suhu ruang. Setelah hasil pengecoran mencapai suhu ruang dan memadat, kemudian dilepaskan dari cetakan dan dibentuk sesuai spesimen pengujian.

Karakterisasi sifat mekanik berupa kekerasan, kekuatan tarik dan *elongation*, serta kekuatan impak. Uji kekerasan Rockwell (HRB) dengan standart ASTM E18-11 berukuran (2x2x2) cm. Pengujian tarik dengan standart ASTM E 8M sedangkan pengujian impak dilakukan dengan standar ASTM A370 dengan jenis pengujian yang dilakukan adalah uji charpy.

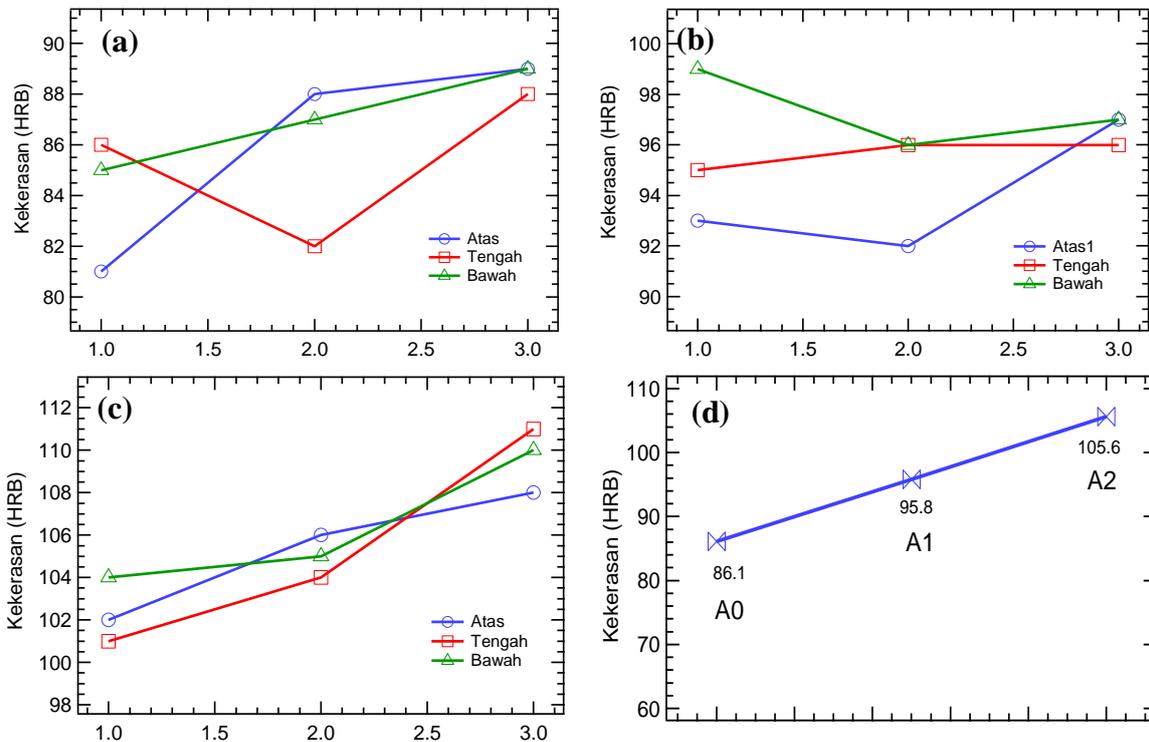
## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Telah dilakukan penelitian tentang pengaruh penambahan SiC dan Mg terhadap sifat mekanik komposit Aluminium ADC12-SiC-Mg bekas sepatu rem menggunakan teknik *semi solid stir casting*. Karakterisasi sifat

mekanik komposit ADC12-SiC-Mg berupa uji kekerasan, uji tarik dan uji impak. Sampel yang diuji yaitu sampel **A0** (ADC12), **A1** (ADC12+SiC 5%+Mg 1%) dan **A2** (ADC12+SiC 10%+Mg 2%).

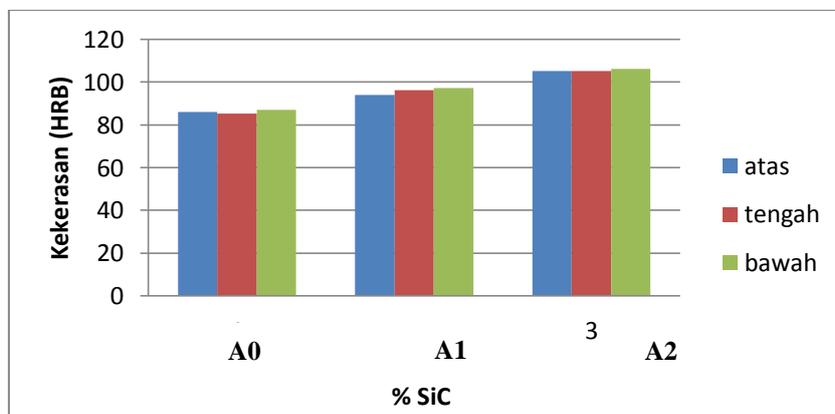
3.1 Hasil pengujian kekerasan

Uji kekerasan dilakukan menggunakan alat uji Rockwell (HRB) berdasarkan standart ASTM E18-11 dengan beban total 100 kgf. **Gambar 1.(a)** menunjukkan nilai kekerasan material ADC12 tanpa penambahan SiC (sampel A0), dengan 9 kali penekanan bernilai antara 81 HRB – 89 HRB. **Gambar 1.(b)** menunjukkan nilai kekerasan material ADC12 dengan penambahan SiC 5% dan Mg 1% (sampel A1), dengan 9 kali penekanan bernilai antara 92 HRB – 99 HRB. Sedangkan **Gambar 1.(c)** menunjukkan nilai kekerasan material ADC12 dengan penambahan SiC 10% dan Mg 2%, dengan 9 kali penekanan bernilai antara 101 HRB – 111 HRB.



**Gambar 1.** Nilai kekerasan komposit ADC12-SiC-Mg: (a) Sampel A0, (b) Sampel A1, (c) Sampel A2, dan (d) Nilai kekerasan rata-rata

Penambahan SiC dan Mg pada Aluminium ADC12 dapat meningkatkan nilai kekerasan rata-rata material seperti pada **Gambar 1.(d)**. Dari gambar di atas dapat diambil kesimpulan bahwa penambahan persen SiC dan Mg dapat meningkatkan nilai kekerasan spesimen dari 86,1 HRB; 95,8 HRB sampai 105,6 HRB. Hal itu dikarenakan sifat SiC yang berfungsi untuk menambahkan kekerasan campuran. Hasil pengujian tersebut sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan Meena, dkk tentang kekerasan komposit A1-SiC dengan matriks A1 6063 dengan penambahan partikel SiC sebanyak 5%, 10%, 15% dan 20%, kekerasan yang diperoleh meningkat masing-masing sebesar 65 HRB, 69 HRB, 72 HRB, dan 78 HRB [9].



**Gambar 2.** Distribusi kekerasan specimen komposit ADC12-SiC-Mg

### 3.2 Hasil pengujian tarik

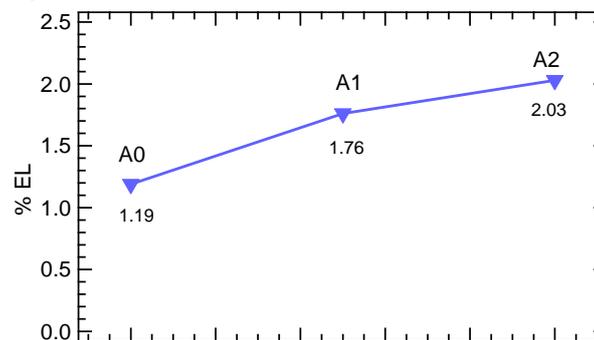
Uji tarik bertujuan untuk mendapatkan gambaran tentang sifat-sifat dan keadaan suatu logam. Pengujian tarik dilakukan di Laboratorium Balai Besar Bahan dan Barang Teknik (B4T) Bandung, dengan menggunakan mesin uji tarik 50 ton. Pengujian tarik menggunakan standard ASTM E-8 dengan dimensi ( $l \times t$ ) = 12,4 mm dan  $A = 62,5 \text{ mm}^2$ . Spesimen yang disiapkan untuk masing-masing variasi sebanyak 3 spesimen. Hasil pengujian tarik material komposit ADC12-SiC-Mg disajikan pada **Tabel 3**, berikut:

**Tabel 3.** Hasil pengujian tarik komposit ADC12-SiC-Mg

Sampel	Spesimen	Max load (kgf)	$\sigma$ (MPa)	$\sigma_{rata-rata}$ (MPa)
A0	I	500	78,4	78,1
	II	480	75,5	
	III	510	80,4	
A1	I	700	109,8	110,1
	II	720	112,7	
	III	690	107,8	
A2	I	765	119,9	120,7
	II	790	123,8	
	III	780	118,3	

Dari **Tabel 3**, dapat dilihat bahwa nilai kekuatan tarik meningkat dengan penambahan SiC dan Mg dari 78,1 MPa; 110,1 MPa sampau 120,7 MPa. Semakin banyak persentase SiC dan penambahan Mg dapat meningkatkan kekuatan tarik komposit ADC12-SiC-Mg. Hal ini disebabkan karena ikatan campuran lebih merata sehingga porositas semakin sedikit. Hasil pengujian tarik ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan Lin G, dkk. dimana penambahan Mg divariasikan 2,5%, 4,2% dan 6,8% dan SiC sebagai partikel penguat dipakai 10%. Disimpulkan bahwa distribusi SiC dengan *wettability* yang baik dicapai dengan penambahan unsur Mg. *Wettability* terus meningkat seiring dengan peningkatan persentase Mg. Selain itu, kekuatan tarik juga meningkat seiring dengan peningkatan persentase Mg. Kekuatan tarik tertinggi dicapai pada penambahan 6,8% Mg sebesar 344 MPa [7].

Nilai keuletan (%EL) juga dapat diketahui melalui pengujian tarik. *Elongation* (%EL) komposit ADC12-SiC-Mg pada penelitian ini meningkat seiring dengan penambahan SiC dan Mg yaitu A0 = 1,19, A1 = 1,76 dan A2 = 2,03 seperti terlihat pada **Gambar 3**.



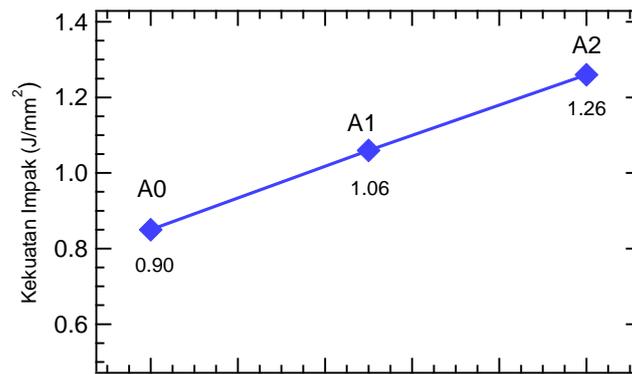
**Gambar 3.** Nilai keuletan rata-rata (%EL) ADC12-SiC-Mg

**Gambar 3.** menunjukkan bahwa % EL mengalami kenaikan dengan rata – rata selisih 0,66 tiap campuran seiring dengan penambahan SiC dan Mg. Hasil pengujian ini sesuai dengan penelitian Martinez, dkk yang melakukan penelitian tentang pengaruh unsur Mg dalam AMC 3% dan 6% Mg digunakan sebagai unsur penambah dalam matriks. Disimpulkan bahwa pencampuran SiC dalam matriks yang dipengaruhi penambahan unsur Mg.

### 3.3 Hasil pengujian impact

Pengujian impact adalah pengujian dengan memberikan beban yang sangat cepat dan bertujuan untuk mengetahui kekuatan material terhadap beban kejut. Pengujian dilakukan di Laboratorium Balai Besar Bahan dan Barang Teknik (B4T) Bandung, menggunakan standart ASTM A370.

Harga impact rata-rata komposit ADC12-SiC-Mg pada penelitian ini meningkat seiring dengan penambahan SiC dan Mg yaitu A0 = 0,90 Nm, A1 = 1,06 Nm dan A2 = 1,26 Nm, seperti terlihat pada **Gambar 4**. Hal itu dikarenakan sifat SiC yang berfungsi untuk menambahkan kekerasan campuran dan Mg meningkatkan *wettability* campuran. Hasil penelitian diatas sesuai dengan penelitian yang dilakukan Ozben, dkk 2010 dimana dengan penambahan partikel SiC 5%, 10% dan 15% masing-masing menghasilkan ketangguhan impact 0,38 J; 0,42 J dan 0,58 J pada matriks AlSiMg [10].



**Gambar 4.** Harga impact rata-rata komposit ADC12-SiC-Mg

Pengujian masing-masing sampel sebanyak 3 spesimen, seperti ditunjukkan pada **Tabel 4**.

**Tabel 4.** Hasil pengujian impact komposit ADC12-SiC-Mg

Sampel	Spesimen	Energi (Joule)	Harga Impact (Nm)
A0	I	450	0,90
	II	450	0,85
	III	450	0,96
A1	I	450	1,05
	II	450	1,10
	III	450	1,02
A2	I	450	1,25
	II	450	1,30
	III	450	1,23

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa penambahan SiC dan Mg pada aluminium ADC12 bekas sepatu rem dapat meningkatkan sifat mekanik komposit ADC12-SiC-Mg. Terlihat pada nilai kekerasan, kekuatan tarik, keuletan (*elongation*) dan harga impact meningkat seiring dengan penambahan komposisi SiC dan Mg.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah memberi dukungan dalam penelitian, khususnya dosen Prodi Teknik Mesin Universitas Singaperbangsa Karawang.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. A. Alberty, F. Daniels, and N. M. Surdia, "Teknik pengecoran logam," 1996.
- [2] Budiyan, "Pengaruh Remelting Terhadap Ketangguhan Alumunium," *MEDIA Tek.*, vol. 3, no. XXVI, pp. 51–56, 2004.
- [3] N. Sharma and P. Sharma, "Production of AMC by stir casting – An Overview," no. September, 2014.
- [4] Hexoloy, "Silicon Carbide Technical Data, Saint Gobain Ceramic," 2012.
- [5] ASM International, *ASM Handbook Vol 21 Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials*. 2001.
- [6] T. Ozben, E. Kilickap, and C. Orhan, "Investigation of mechanical and machinability properties of SiC particle reinforced Al-MMC," vol. 8, pp. 220–225, 2007.
- [7] G. Lin, Z. Hong-wei, and L. I. Hao-ze, "Effects of Mg content on microstructure and mechanical properties of SiC p / Al-Mg composites fabricated by semi-solid stirring technique," *Trans. Nonferrous Met. Soc. China*, vol. 20, no. 10, pp. 1851–1855, 2010.
- [8] B. M. Viswanatha, M. P. Kumar, P. G. Studies, and S. Basavarajappa, "Mechanical property evaluation of A356 / SiCP / GR metal matrix composites," no. December, 2013.
- [9] K. L. Meena, A. Manna, and S. S. Banwait, "An Analysis of Mechanical Properties of the Developed Al / SiC- MMC ' s," vol. 1, no. 1, pp. 14–19, 2013.
- [10] D. Zhang, K. Sugio, K. Sakai, H. Fukushima, and O. Yanagisawa, "Effect of Volume Fraction on the Flow Behavior of Al-SiC Composites Considering the Spatial Distribution of Delaminated Particles Effect of Volume Fraction on the Flow Behavior of Al-SiC Composites Considering the Spatial Distribution of Delaminated Particles," no. March 2008, 2014.