

ANALISIS PENGARUH KANDUNGAN SiC, TEMPERATUR CAIRAN, KECEPATAN PUTAR DAN DURASI WAKTU PENGADUKAN PADA KEKUATAN TARIK KOMPOSIT AL-SiC

*Sadi, Viktor Malau, M. Waziz Wildan, Suyitno

Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gadjah Mada

Jl. Grafika no. 2, 5528 Yogyakarta

*E-mail: sadi.sadi1971@yahoo.co.id

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh kandungan SiC, temperatur cairan, kecepatan putar dan durasi waktu pengadukan pada kekuatan tarik komposit Al-SiC menggunakan metode Taguchi. Material komposit yang digunakan adalah aluminium paduan Al-Si sebagai matrik dan partikel SiC (*silicon carbide*) ukuran -400 mesh sebagai penguat. Spesimen komposit Al-SiC dibuat menggunakan proses *stir casting*. Kekuatan tarik spesimen komposit Al-SiC diuji menggunakan mesin uji tarik servopulser. Kandungan SiC, temperatur cairan, kecepatan putar dan durasi waktu pengadukan, masing-masing menggunakan 4 variasi. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa menaikkan kecepatan putar pengadukan sampai 300 rpm dan durasi waktu pengadukan sampai 30 menit mampu menaikkan kekuatan tarik komposit Al-SiC, tetapi menaikkan kandungan SiC di atas 5 % berat dan temperatur cairan di atas 680°C dapat menurunkan kekuatan tariknya. Kandungan SiC pengaruhnya paling besar pada kekuatan tarik komposit Al-SiC dengan kontribusi 68,86 %. Struktur mikro coran komposit Al-SiC diamati menggunakan *scanning electron microscope (SEM)*.

Kata kunci: Komposit Al-SiC, kekuatan tarik, *stir casting*, eksperimen, metode Taguchi.

1. PENDAHULUAN

Metal matrix composites (MMC) adalah material teknik yang dibentuk menggunakan dua material atau lebih untuk memperoleh material baru yang mempunyai sifat fisis dan mekanis yang lebih baik dibanding material pembentuknya. Matrik yang digunakan untuk membuat MMC biasanya menggunakan logam lunak dan ringan yaitu aluminium, magnesium, dll., sedangkan penguat MMC biasanya menggunakan partikel SiC, Al₂O₃, dll. Keunggulan MMC dibanding komposit polimer adalah kekerasannya lebih tinggi, tahan aus dan tahan pada temperatur tinggi. Aplikasi MMC pada industri otomotif adalah digunakan untuk *cylinder liners* mesin, *intake valve*, *exhaust valve*, *piston*, dan lain-lain [1, 2]. MMC dapat dibuat menggunakan proses *stir casting*. Proses *stir casting* yaitu proses pencairan dan pengadukan (*stirring*) material di dalam *furnace*, dilanjutkan proses penuangan ke dalam cetakan logam dengan memanfaatkan gaya gravitasi. Proses ini lebih murah dibanding proses pembuatan MMC lainnya dan dapat digunakan untuk membuat komponen yang bentuknya rumit [1, 3].

Hashim [4], Bhusan, dkk. [5] dan Meena, dkk. [6] meneliti komposit Al-SiC dibuat dengan proses *stir casting*. Hasil penelitian mereka menyatakan bahwa menaikkan kandungan partikel SiC pada matrik aluminium dapat menaikkan kekuatan tarik komposit Al-SiC. Kekuatan tarik komposit naik 12,74 % dengan dinaikkannya kandungan partikel SiC dari 5 sampai 10 % berat. Vanarotti, dkk. [7], menaikkan kandungan partikel SiC dari 5 sampai 10 % berat pada matrik aluminium, kekuatan tarik komposit naik 0,53 %. Tofigh, dkk. [8], menaikkan kandungan partikel SiC pada matrik aluminium dari 1 sampai 3,5 % volume, kekuatan tarik komposit dapat naik tetapi menaikkan kandungan partikel SiC pada matrik aluminium di atas 3,5 % volume dapat menurunkan kekuatan tariknya.

Permasalahan yang muncul pada pembuatan MMC Al-SiC menggunakan proses *stir casting* yaitu terjadi pengelompokan partikel SiC pada matrik. Pengelompokan partikel SiC mengurangi kuatnya ikatan antara matrik aluminium dengan partikel SiC. Pengelompokan partikel SiC menjadikan material matrik diantara partikel SiC secara individu ikatannya kurang bagus. Selain pengelompokan partikel SiC pada matrik, permasalahan yang muncul adalah terjadinya porositas [4, 5]. Menurut Aqida [9], porositas terbentuk akibat adanya gelembung udara yang terjebak di dalam cairan komposit Al-SiC pada saat pengadukan. Porositas dapat menurunkan sifat-sifat mekanis komposit Al-SiC. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh kandungan SiC, temperatur cairan, kecepatan putar dan durasi waktu pengadukan pada proses *stir casting* komposit Al-SiC terhadap kekuatan tarik menggunakan metode Taguchi.

2. PROSEDUR EKSPERIMEN

2.1. Material

Pada penelitian ini, aluminium paduan Al-Si digunakan sebagai material matrik komposit dan partikel SiC dengan ukuran butiran -400 mesh (32 µm) digunakan sebagai material penguat (*reinforcement*). Komposisi kimia aluminium paduan Al-Si diuji menggunakan spectrometer dan komposisi kimia partikel SiC diuji menggunakan *Energy*

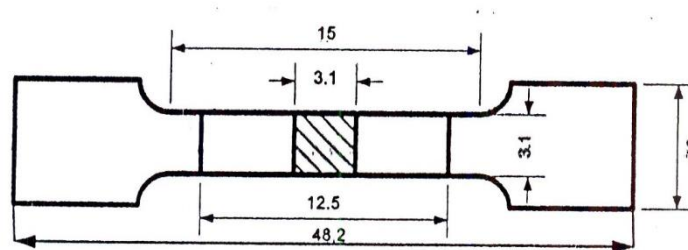
dispersive spectroscopy (EDS). Partikel SiC dipasok oleh Sigma Aldrich, Co. USA, dan aluminium paduan Al-Si dipasok oleh Pinjaya Logam, Co., Indonesia.

2.2. Proses Stir Casting Komposit Al-SiC.

Aluminium paduan Al-Si dicairkan di dalam *graphite crucibles* pada *resistance furnace* sampai di atas titik cairnya yaitu di atas temperatur 680 °C. Tujuannya supaya aluminium paduan Al-Si sudah mencair sempurna sebelum dicampur partikel SiC. Aluminium paduan Al-Si dipanaskan mula pada temperatur 500 °C selama ± 3 jam sebelum mencair. Pada saat yang sama partikel SiC juga dipanaskan mula pada temperatur 500 °C selama ± 2 jam sebelum dicampur pada cairan aluminium paduan Al-Si supaya tidak terjadi oksidasi. Aluminium paduan Al-Si yang telah mencair sempurna kemudian ditambahkan partikel SiC secara pelan-pelan dan terus-menerus ke dalam cairan aluminium dan diaduk secara manual, sambil temperaturnya diturunkan mencapai ± 580 °C supaya cairan menjadi *slurry* dan dijaga dalam kondisi tersebut. Pada kondisi *slurry*, cairan diaduk dengan motor pada kecepatan 600 rpm selama 20 menit dan dibantu secara manual karena pencampurannya sangat sulit. Setelah partikel SiC mencampur dengan baik pada cairan aluminium, kemudian temperaturnya dinaikkan kembali sampai dalam kondisi cair sempurna sesuai parameter faktor yang telah ditentukan pada desain eksperimen Taguchi seperti pada Tabel 1. Faktor yang digunakan eksperimen yaitu kandungan SiC (0, 5, 10, 15 % berat), temperatur cairan (680, 700, 720 dan 740 °C), kecepatan pengadukan (100, 200, 300 dan 400 rpm) dan durasi waktu pengadukan (10, 20, 30 dan 40 menit). Cairan komposit Al-SiC selanjutnya dituang ke dalam cetakan baja yang sebelumnya dipanaskan mula pada temperatur 200 °C selama ± 2 jam.

2.3. Uji Kekuatan Tarik Komposit Al-SiC

Pengujian kekuatan tarik (*tensile strength*) komposit Al-SiC dilakukan menggunakan mesin uji tarik jenis servopulser, merek shimadzu dengan kapasitas 30 ton untuk beban statik dan 20 ton untuk beban dinamis. Pengujian kekuatan tarik dilakukan untuk mengetahui seberapa besar beban tarik maksimum yang mampu diterima oleh material. Spesimen uji kekuatan tarik pada penelitian ini menggunakan standar JIS Z2201 no. 7 dengan ukuran seperti pada Gambar 1 [10].



Gambar 1. Dimensi benda uji tarik standar JIS Z2201.

2.4. Pengamatan Struktur Mikro Komposit Al-SiC

Pada penelitian ini, spesimen komposit Al-SiC diamati struktur mikronya untuk mengetahui distribusi partikel SiC pada matrik aluminium. Sebelum diamati struktur mikronya, spesimen komposit Al-SiC dipoles permukaannya sampai halus. Spesimen komposit Al-SiC dipoles permukaannya menggunakan kertas ampelas ukuran 400, 600, 800, 1000, 1200 dan 1500, dilanjutkan dengan kain halus dan autosol. Spesimen komposit Al-SiC yang permukaannya telah dipoles kemudian dietsa dengan cara mencelupkan ke dalam alkohol 95%. Setelah dietsa, spesimen komposit Al-SiC diamati struktur mikronya menggunakan *scanning electron microscope* (SEM).

2.5. Desain Eksperimen Taguchi

Desain eksperimen pada penelitian ini menggunakan desain eksperimen Taguchi. Faktor dan variasi yang digunakan untuk eksperimen ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Faktor eksperimen dan variasi parameternya

Faktor eksperimen	Variasi dan parameter faktor			
	1	2	3	4
Kandungan SiC (% berat)	0	5	10	15
Temperatur cairan (°C)	680	700	720	740
Kecepatan putar (rpm)	100	200	300	400
Durasi waktu pengadukan (menit)	10	20	30	40

Faktor eksperimen yang digunakan sebanyak 4 dengan masing-masing 4 variasi, maka derajat bebas total eksperimen adalah 12. Berdasarkan jumlah faktor eksperimen, jumlah variasi parameter faktor eksperimen dan jumlah

derajat bebas maka standar desain eksperimen menurut metode Taguchi adalah L_{16} orthogonal array, artinya jumlah eksperimen dengan perlakuan berbeda harus dilakukan minimal 16 kali. Tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh kekuatan tarik maksimum. Berdasarkan metode Taguchi nilai *signal to noise ratios (S/N ratio)* diperoleh menggunakan karakteristik respon *larger is better*. Untuk memperoleh *S/N ratio-larger is better*, data hasil uji kekuatan tarik pada masing-masing eksperimen dikonversi menggunakan Persamaan 1 [11].

$$S/N \text{ ratio} = -10 \log_{10} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right] \quad (1)$$

dimana $S/N \text{ ratio}$ = *signal to noise ratio*, dB (*decible*)
 n = jumlah spesimen tiap percobaan
 y_i = kekuatan tarik spesimen ke-i

Eksperimen untuk membuat spesimen uji kekuatan tarik dilakukan sebanyak 16 kali, dengan perlakuan berbeda. Setiap perlakuan dibuat spesimennya sebanyak 5 buah, selanjutnya diuji kekuatan tariknya pada mesin uji tarik dan hasilnya dirata-rata. Total spesimen uji kekuatan tarik untuk 16 eksperimen dengan perlakuan berbeda adalah 80 buah.

3. HASIL EKSPERIMEN DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Uji Komposisi Kimia aluminium paduan Al-Si dan partikel SiC

Hasil uji komposisi kimia aluminium paduan Al-Si menggunakan spectrometer dalam persen massa (*mass %*) sebagai berikut: 10,516 Si, 1,715 Cu, 0,78 Fe, 0,83 Zn, 0,239 Mg, 0,15 Mn dan *balance* Al. Hasil uji komposisi kimia partikel SiC menggunakan EDS ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi kimia partikel SiC hasil uji EDS

ZAF Method Standardless Quantitative Analysis Fitting Coefficient : 0.3431						
Element	(keV)	Mass %	Error %	Atom %	K	
C K*	0.277	21.87	4.45	39.56	1.2954	
Si K	1.739	78.13	0.52	60.44	98.7046	
Total		100.00		100.00		

3.2. Hasil Uji Kekuatan Tarik Komposit Al-SiC

Hasil uji kekuatan tarik dan *S/N ratio* tiap eksperimen ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kondisi eksperimen dan hasil uji kekuatan tarik.

Eksp.	Faktor eksperimen dan parameternya				Kekuatan tarik (MPa)	<i>S/N ratios-larger is better</i> (dB)
	Kandungan SiC (% berat)	Temperatur cairan (°C)	Kecepatan putar (rpm)	Durasi waktu pengadukan (menit)		
1	0	680	100	10	191,124	45,366
2	0	700	200	20	176,528	43,837
3	0	720	300	30	187,699	44,777
4	0	740	400	40	110,679	40,152
5	5	680	200	30	130,747	41,368
6	5	700	100	40	104,969	39,599
7	5	720	400	10	101,211	40,057
8	5	740	300	20	119,136	40,745
9	10	680	300	40	104,346	40,246
10	10	700	400	30	94,694	39,237
11	10	720	100	20	81,304	37,511
12	10	740	200	10	80,407	37,850
13	15	680	400	20	98,957	39,825
14	15	700	300	10	79,461	37,817

15	15	720	200	40	70,105	36,396
16	15	740	100	30	98,874	39,874

Data respon hasil uji kekuatan tarik diolah untuk membuat tabel respon kekuatan tarik rata-rata dari berbagai perlakuan dan tabel *S/N ratio*. Pengolahan data menggunakan bantuan software MINITAB 16 dan Excel. Hasil pengolahan data respon eksperimen ditunjukkan pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4. Respon kekuatan tarik rata-rata komposit Al-SiC

Faktor eksperimen	Variasi parameter faktor dan kekuatan tarik rata-rata (MPa)				Selisih	Peringkat
	1	2	3	4		
Kandungan SiC (% berat)	166,51	114,02	90,19	86,85	79,66	1
Temperatur cairan (°C)	131,29	113,91	110,08	102,27	29,02	3
Kecepatan putar (rpm)	119,07	114,45	122,66	101,38	21,28	4
Durasi waktu pengadukan (menit)	113,05	118,98	128,00	97,52	30,48	2

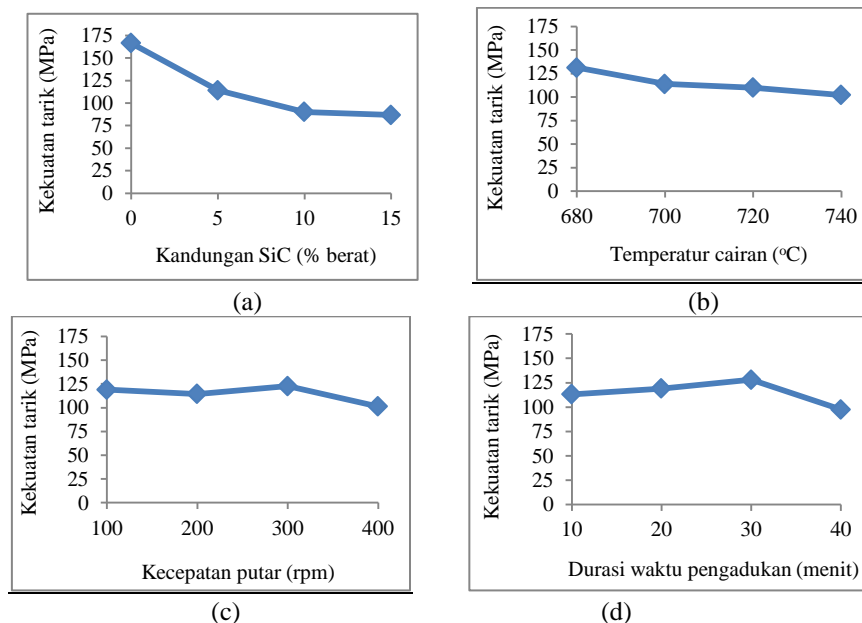
Tabel 5. Respon *S/N ratios-larger is better* komposit Al-SiC

Faktor eksperimen	Variasi parameter faktor dan <i>S/N ratios-larger is better</i> (dB)				Selisih	Peringkat
	1	2	3	4		
Kandungan SiC (% berat)	43,53	40,44	38,71	38,48	5,05	1
Temperatur cairan (°C)	41,70	40,12	39,69	39,66	2,05	3
Kecepatan putar (rpm)	40,59	39,86	40,90	39,82	1,08	4
Durasi waktu pengadukan (menit)	40,27	40,48	41,31	39,10	2,22	2

Berdasarkan Tabel 4 dan Tabel 5, urutan peringkat (*ranking*) faktor eksperimen yang mempengaruhi kekuatan tarik komposit Al-SiC adalah kandungan SiC, durasi waktu pengadukan, temperatur cairan dan kecepatan putar.

3.3. Pengaruh Faktor Eksperimen pada Kekuatan Tarik Komposit Al-SiC.

Pengaruh faktor eksperimen pada kekuatan tarik dan *S/N ratio* komposit Al-SiC ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3.

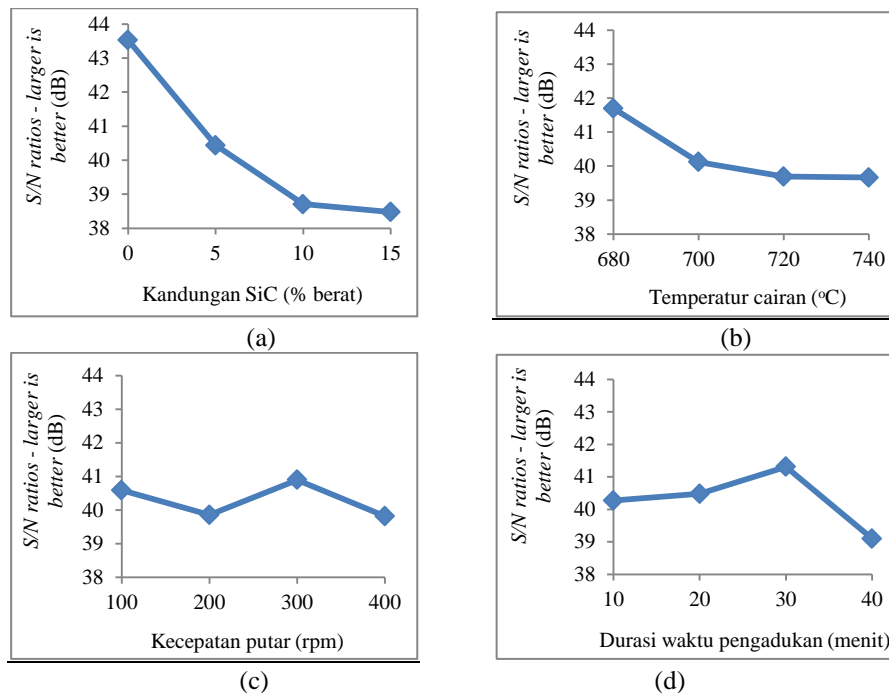


Gambar 2. Pengaruh faktor eksperimen pada kekuatan tarik rata-rata komposit Al-SiC; (a) Pengaruh kandungan SiC pada kekuatan tarik, (b) Pengaruh temperatur cairan pada kekuatan tarik, (c) Pengaruh kecepatan putar pada kekuatan tarik, (d) Pengaruh durasi waktu pengadukan pada kekuatan tarik

Berdasarkan Gambar 2 (a), ditunjukkan bahwa pengaruh menaikkan kandungan SiC dari 5 sampai 15 % berat pada spesimen komposit Al-SiC yang dibuat dengan proses *stir casting* menjadikan kekuatan tarik rata-rata komposit menurun sebesar 23,83 %. Kekuatan tarik rata-rata komposit Al-SiC menurun dari 114,02 MPa menjadi 86,85 MPa. Hasil uji kekuatan tarik ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Sahin, dkk. [12]. Hasil penelitiannya menyatakan bahwa menaikkan kandungan SiC dari 5 sampai 15 % berat pada proses *stir casting* menjadikan kekuatan

tarik komposit Al-SiC menurun. Kekuatan tarik komposit Al-SiC menurun, karena menaikkan kandungan SiC dari 5 sampai 15 % berat dapat menaikkan porositasnya. Pada Gambar 3 (a), *S/N ratio* tertinggi komposit Al-SiC terjadi pada variasi ke dua sebesar 40,44 dB dengan kandungan SiC 5 % berat, maka kandungan SiC optimum adalah 5 % berat.

Pengaruh temperatur cairan pada kekuatan tarik rata-rata komposit Al-SiC ditunjukkan pada Gambar 2 (b). Berdasarkan Gambar 2 (b) ditunjukkan bahwa menaikkan temperatur cairan dari 680 sampai 740 °C, kekuatan tarik rata-rata komposit Al-SiC menurun sebesar 22,1 %. Kekuatan tarik rata-rata komposit menurun dari 131,29 menjadi 102,27 MPa. Berdasarkan Gambar 3 (b), pengaruh temperatur cairan pada *S/N ratio* tertinggi terjadi pada variasi ke satu sebesar 41,70 dB, maka temperatur cairan optimum adalah 680°C.

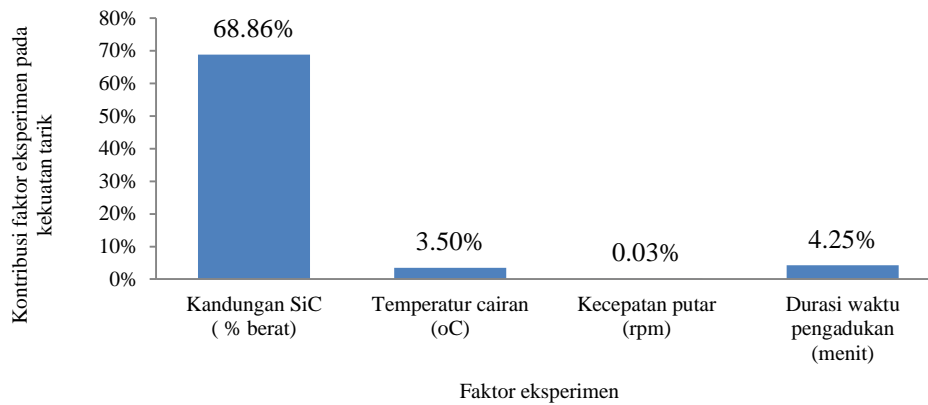


Gambar 3. Pengaruh faktor eksperimen pada *S/N ratios - larger is better*; (a) Pengaruh kandungan SiC pada *S/N ratios-larger is better*, (b) Pengaruh temperatur cairan pada *S/N ratios-larger is better*, (c) Pengaruh kecepatan putar pada *S/N ratios-larger is better*, (d) Pengaruh durasi waktu pengadukan pada *S/N ratios-larger is better*.

Pengaruh kecepatan putar pengadukan pada kekuatan tarik komposit Al-SiC juga ditunjukkan pada Gambar 2 (c). Berdasarkan Gambar 2 (c), kekuatan tarik rata-rata komposit Al-SiC menurun dari 119,07 menjadi 114,45 MPa jika kecepatan putar dinaikkan dari 100 menjadi 200 rpm, tetapi kekuatan tarik rata-ratanya naik kembali menjadi 122,66 MPa ketika kecepatan putar pengadukan 300 rpm. Pada kecepatan putar pengadukan 400 rpm kekuatan tariknya menurun kembali menjadi 101,38 MPa. Pada penelitian ini, ketika kecepatan putar pengadukan dinaikkan dari 100 menjadi 300 rpm, kekuatan tarik rata-rata komposit Al-SiC naik sebesar 3,02 %, yaitu naik dari 119,07 MPa menjadi 122,66 MPa. Berdasarkan Gambar 3 (c), ditunjukkan bahwa sinyal tertinggi terjadi pada variasi ke tiga dengan *S/N ratio* sebesar 40,90 dB, maka kecepatan putar optimum adalah 300 rpm.

Pengaruh durasi waktu pengadukan pada kekuatan tarik rata-rata komposit Al-SiC juga ditunjukkan pada Gambar 2 (d). Berdasarkan Gambar 2 (d), menambah durasi waktu pengadukan dari 10 menjadi 30 menit dapat menaikkan kekuatan tarik komposit Al-SiC sebesar 13,22 % yaitu dari 113,05 MPa menjadi 128 MPa, tetapi menambah durasi waktu pengadukan di atas 30 menit akan menurunkan kekuatan tarik rata-ratanya. Kekuatan tarik rata-rata komposit Al-SiC menurun menjadi 97,52 MPa, ketika durasi waktu pengadukan ditambah menjadi 40 menit. Berdasarkan Gambar 3 (d), *S/N ratio* tertinggi terjadi pada variasi ke tiga yaitu durasi waktu pengadukan 30 menit dengan *S/N ratio* sebesar 41,31 dB, maka durasi waktu pengadukan optimum adalah 30 menit.

Kontribusi masing-masing faktor eksperimen pada kekuatan tarik komposit Al-SiC ditunjukkan pada Gambar 4.

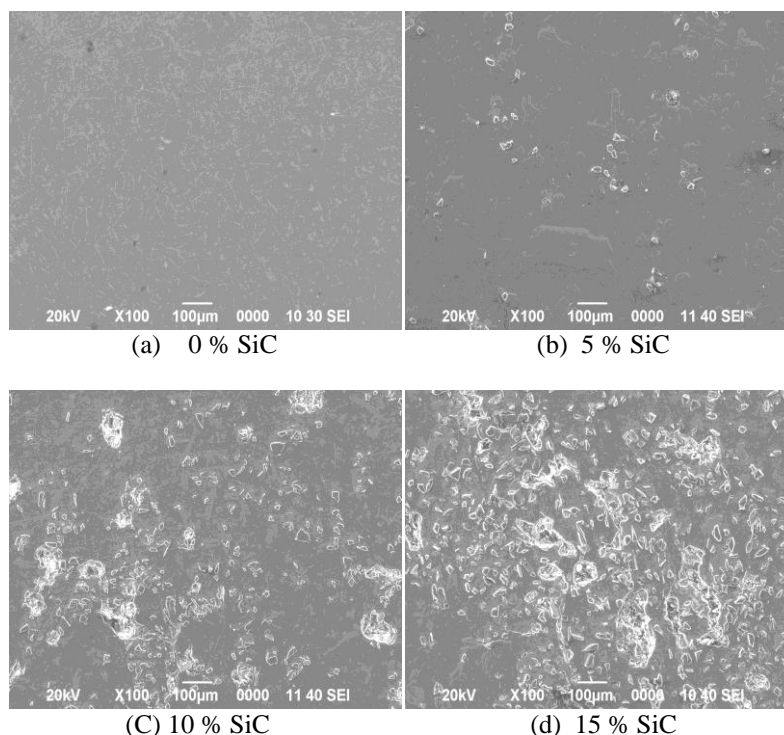


Gambar 4. Kontribusi faktor eksperimen pada kekuatan tarik.

Berdasarkan Gambar 4, faktor eksperimen yang memiliki kontribusi paling besar pada kekuatan tarik komposit Al-SiC adalah kandungan SiC sebesar 68,86 %, dilanjutkan durasi waktu pengadukan 4,25 %, temperatur cairan 3,5 % dan kecepatan putar 0,03 %. Berdasarkan hasil pembahasan pengaruh faktor eksperimen pada kekuatan tarik komposit Al-SiC di atas, maka parameter faktor optimum pada proses *stir casting* terhadap kekuatan tarik komposit Al-SiC adalah kandungan SiC 5 % berat, temperatur cairan 680 °C, kecepatan putar 300 rpm dan durasi waktu pengadukan 30 menit.

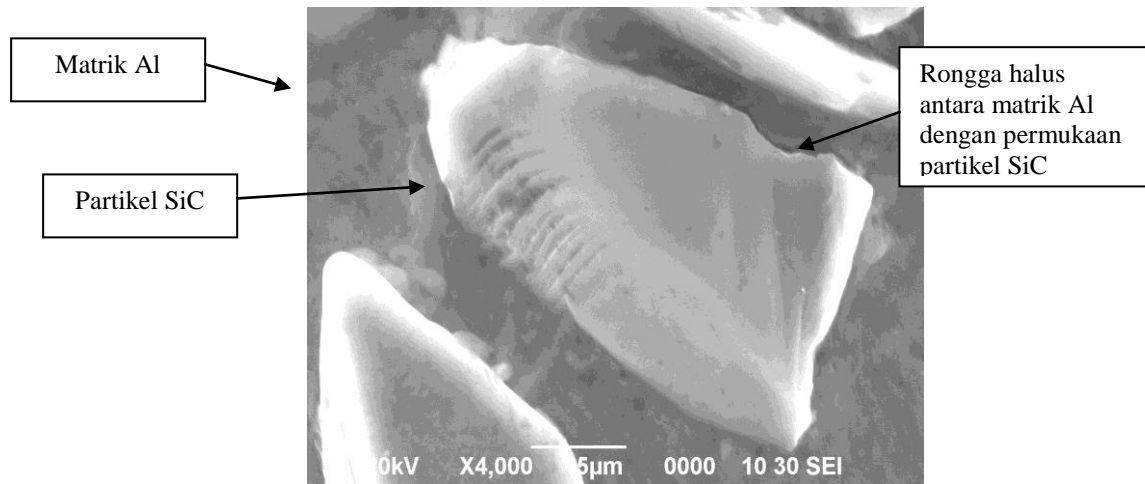
3.3 Struktur Mikro Komposit Al-SiC

Hasil pengamatan struktur mikro distribusi partikel SiC pada matrik komposit Al-SiC menggunakan SEM ditunjukkan pada Gambar 5. Hasil pengamatan distribusi partikel SiC pada spesimen komposit Al-SiC dengan kandungan SiC yang berbeda yaitu 0, 5, 10 dan 15 % berat terlihat jelas pengaruhnya pada struktur mikronya. Menaikkan kandungan SiC dapat menambah jumlah partikel SiC yang menyebar pada matrik komposit. Semakin besar kandungan SiC semakin banyak jumlah partikel SiC yang terlihat pada struktur mikronya.



Gambar 5. Struktur mikro distribusi partikel SiC pada matrik aluminium

Distribusi partikel SiC pada matrik komposit terlihat kurang merata dan mengelompok. Pengelompokan ini menjadikan pembasahan matrik aluminium pada partikel SiC tidak sempurna dan menyebabkan porositas berupa rongga halus pada permukaan partikel SiC seperti ditunjukkan pada Gambar 6. Porositas berupa rongga halus ini menjadikan ikatan antara permukaan partikel SiC dengan matrik aluminium menjadi berkurang dan menjadikan kekuatan tarik komposit menurun.



Gambar 6. Hasil pengamatan permukaan partikel SiC menggunakan SEM

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis hasil eksperimen dan pembahasan, maka dapat disimpulkan pengaruh faktor pada proses *stir casting* terhadap kekuatan tarik komposit Al-SiC sebagai berikut:

- Menaikkan kecepatan putar pengadukan dari 100 rpm menjadi 300 rpm dan durasi waktu pengadukan dari 10 menit menjadi 30 menit dapat menaikkan kekuatan tarik komposit Al-SiC, tetapi menaikkan kandungan SiC di atas 5 % dan temperatur cairan di atas 680 °C dapat menurunkan kekuatan tariknya.
- Kandungan SiC pengaruhnya paling besar pada kekuatan tarik komposit Al-SiC dengan kontribusi 68,86 %.
- Struktur mikro coran komposit Al-SiC yang dibuat dengan proses *stir casting* hasilnya kurang merata karena partikel SiC punya kecenderungan mengelompok.
- Parameter faktor optimum pada proses *stir casting* terhadap kekuatan tarik adalah kandungan SiC 5 % berat, temperatur cairan 680 °C, kecepatan putar pengadukan 300 rpm dan lamanya waktu pengadukan 30 menit.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kainer, K. U., 2006, "Metal Matrix Composites", Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KgaA, Weinheim, Chap. 1.
- [2] Surappa, M. K., 2003, "Aluminium matrix composites: Challenges and opportunities", Sadhana, vol. 28, pp. 319-334.
- [3] Chawla, N. dan Chawla, K. K., 2006, "Metal Matrix Composites", Springer, USA, Chap. 4.
- [4] Hashim, J., 2001, "The Production of Cast Metal Matrix Composite by A Modified Stir Casting Method", Jurnal Teknologi, Universiti Teknologi Malaysia, vol. 35, pp. 9-20.
- [5] Bhushan, R. K. dan Kumar, S., 2011, "Influence of SiC Particles Distribution and Their Weight Percentage on 7075 Al Alloy", Journal of Materials Engineering and Performance, vol. 20, pp. 317-323.
- [6] Meena, K. L., Manna, A., Banwait, S. S. dan Jaswanti, 2013, "An Analysis of Mechanical Properties of the Developed Al/SiC-MMC's", American Journal of Mechanical Engineering, vol. 1, pp. 14-19.
- [7] Vanarotti, M., Kori, S. A., Sridhar, B. R. dan Padasalgi, S. B., 2012, "Synthesis and Characterization of Aluminium Alloy A356 and Silicon Carbide Metal Matrix Composite", 2nd International Conference on Industrial Technology and Management, IPCIT Singapore, vol. 49, pp. 11-15.
- [8] Tofigh, A. A. dan Shabani, M. O., 2013, "Applying Various Training Algorithms, in Data Analysis of Nano Composites", Acta Metallurgica Slovaca, vol. 19, pp. 94-104.
- [9] Aqida, S. N., Ghazali, M. I. dan Hashim, J., 2004, "Effects of Porosity on Mechanical Properties of Metal Matrix Composite: An Overview", Jurnal Teknologi, Universiti Teknologi Malaysia, vol. 40, pp. 17-32.
- [10] JIS, 1973, "Japanese International Standards", Non Ferrous Metal, Standard JIS Z2201 no. 7 Test piece.
- [11] Belavendram, N., 1995, "Quality by Design: Taguchi Techniques for Industrial Experimentation", Prentice Hall, London.
- [12] Sahin, I. dan Eker, A. A., 2011, "Analysis of Microstructures and Mechanical Properties of Particle Reinforced AlSi7Mg2 Matrix Composite Materials", Journal of Materials Engineering and Performance, vol. 20, pp. 1090-1096.