

Analisa pengaruh fraksi massa penguat SiO_2 terhadap kekuatan impak dan struktur mikro pada komposit matrik aluminium menggunakan metode *stir casting*

Grahardian Adi Kusumo¹, Purwadi Joko Widodo², Wahyu Purwo Raharjo²

¹Program Sarjana Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami 36A Surakarta tlp. 0271632163

²Staff Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami 36A Surakarta tlp. 0271632163
Email korespondensi: bat.run99@gmail.com

Abstrak

AMC (Aluminium Matrix Composite) dengan metode *stir casting* merupakan salah satu cara terbaik untuk menghasilkan material yang superior. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh fraksi massa penguat SiO_2 terhadap kekuatan benturan dan struktur mikro pada komposit matriks aluminium. Pada penelitian ini, fraksi massa tulangan bervariasi antara 3%, 6% dan 9%. Pembuatan metode pengadukan menggunakan komposit. Uji spesimen menggunakan optik *microscope* dan *impact charpy testing machine*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan SiO_2 dapat meningkatkan kekuatan benturan. Kekuatan benturan tertinggi terjadi pada spesimen 9% fraksi massa SiO_2 ($0,363 \text{ J/mm}^2$). Pengamatan struktur mikro menunjukkan ikatan yang baik antara penguatan dan matriks pada komposit.

Kata kunci: komposit, aluminium, SiO_2 , *stir casting*, struktur mikro.

Abstract

AMC (Aluminium Matrix Composite) using *stir casting* method is one of the best way to get superior material. This research is to find out the mass fraction influence of reinforcement SiO_2 to impact strength and micro structure on aluminium matrix composite. On this research, mass fraction of reinforcement varied between 3%, 6% and 9%. The making of composite use *stir casting* method. Specimen test is using optics *microscope* and *impact charpy testing machine*. The result of research show that increasing SiO_2 can increase the impact strength. The highest impact strength happened at specimen 9% mass fraction of SiO_2 ($0,363 \text{ J/mm}^2$). Observation of micro structure show good bonding between reinforcement and matrix on composite.

Keywords: composite, aluminium, SiO_2 , *stir casting*, micro structure.

1. Pendahuluan

Pada masa sekarang ini perkembangan teknologi membutuhkan kemajuan material rekayasa untuk berbagai macam aplikasi. *Metal matrix composite* adalah salah satu cara untuk mendapatkan material yang unggul untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Salah satu jenis yang banyak dikembangkan industri otomotif dewasa ini yaitu komposit bermatrik aluminium. Aluminium lebih banyak digunakan karena sifatnya yang tahan korosi, massa jenis yang ringan, konduktivitas panas dan elektrik yang tinggi [1]

Secara prinsip, penguat yang kontinu memberikan sifat kekuatan spesifik lebih baik. *High strength fibre* dan metode pembuatannya lebih mahal dibanding jenis komposit lainnya. Oleh karena keterbatasan dari *continuous reinforce* tersebut, maka sekarang banyak dikembangkan jenis lain yaitu komposit dengan *discontinuous reinforcement*. Kelebihan dari komposit

ini adalah memberikan sifat isotropik dimana terjadi sifat yang sama dalam segala arah. [2]

Silika atau silikon dioksida (SiO_2) merupakan senyawa yang banyak ditemui dalam bahan galian yang disebut pasir kuarsa [3] Permukaan yang keras dari SiO_2 dapat meningkatkan ketangguhan dari komposit. SiO_2 juga dapat memberikan hambatan terhadap korosi dan stabilitas kimiawi yang baik [4].

Berbagai teknik pabrikasi komposit kini dikenal dan dipraktekkan seperti metalurgi serbuk dan metalurgi cair (*stir casting*). Meskipun metalurgi serbuk menghasilkan sifat mekanik yang lebih baik pada MMCs, namun *stir casting* memiliki beberapa keuntungan yang penting, antara lain : proses sederhana, relatif murah dan pemilihan material yang lebih luas. [5]

Proses *stir casting* cocok untuk produksi massal dan komponen dengan bentuk yang rumit. [6] Proses *stir casting* mampu menggabungkan partikel penguatan dan

logam cair karena gaya pengadukan yang menyebabkan partikel terperangkap ke dalam logam cair. Hal ini menghasilkan komposit dengan sifat yang lebih baik. Sifat tersebut antara lain kekuatan tinggi yang sesuai untuk industri penerbangan, antariksa serta dunia otomotif. [7].

Pada dunia otomotif terdapat berbagai macam komponen yang sangat penting, salah satunya adalah piston. Pada saat proses pembakaran di dalam silinder, tenaga yang dihasilkan sangatlah tinggi. Jika piston tidak mampu menahan daya ledak dari proses pembakaran tersebut, dapat dipastikan piston akan pecah. Piston tentunya harus memenuhi persyaratan yang ada dengan melakukan berbagai pengujian antara lain uji impact dan metalografi. Dari pengujian tersebut dapat diketahui ketangguhan impact dan struktur mikro dari material.

Penambahan fraksi massa penguat dapat meningkatkan kekuatan pada komposit [8]. Penelitian ini membuat komposit aluminium-SiO₂ menggunakan metode *stir casting* dengan tujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh fraksi massa penguat terhadap ketangguhan impact dan struktur mikro komposit matrik aluminium.

Sebuah riset terhadap sifat mekanik komposit paduan aluminium A356/Al₂O₃. Komposit ini dipabrikasi menggunakan *stir* dan *compo-casting*. Masalah yang biasa terjadi saat proses pencampuran adalah penguat yang tidak dapat dibasahi oleh *liquid* matrik. Kemudian, penguat yang tenggelam atau terapung karena densitas yang berbeda dengan matrik [5].

Penelitian pada komposit Al6061- *Fly Ash* -SiC dengan metode *stir casting*. Dari pengamatan menunjukkan penyebaran SiC dan *Fly ash* yang homogen pada matrik aluminium. Saat solidifikasi komposit AA6061- *Fly ash* dan SiCp, terjadi penolakan pada arah penghalusan butiran a-Al. Penghalusan ini disebabkan *Fly ash* dan SiCp yang berperan sebagai nukleus saat pematatan butiran a-aluminium. *Fly ash* dan SiCp menghambat fase a-Al yang mengembang saat proses solidifikasi [6].

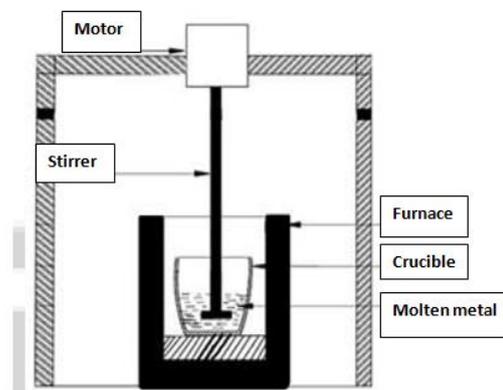
Penelitian komposit matrik aluminium dengan SiC dan Al₂O₃ sebagai penguat. Penelitian menggunakan metode *stir casting* karena proses ini paling ekonomis. Penyebaran dari material yang seragam didapat dengan sudut sirip pengaduk sebesar 60° atau 45° dan banyaknya sirip sebanyak 4 buah. Kita harus menjaga agar temperatur tetap *semisolid* sebesar 630° C untuk Al6061 saat beroperasi supaya terjadi *wettability* yang baik dan mengurangi pengendapan di bagian bawah tungku. Pemanasan awal dari cetakan dapat mengurangi menghilangkan gas yang terjebak pada campuran sehingga dapat mengurangi porositas dan meningkatkan sifat mekanik. Penuangan partikel penguat harus seragam agar tidak terjadi *clustering* (pengendapan) yang dapat menyebabkan terjadinya porositas pada komposit [2]

Penelitian terhadap komposit matrik aluminium dengan paduan Al-11,8%Si sebagai matrik dan SiO₂ sebagai penguat. Hal ini disebabkan oleh kecenderungan penguat untuk patah dan *spall* sebagai hasil dari impact yang berulang pada butiran. Matrik Al-Si dapat menyerap kerusakan substansial dalam bentuk deformasi plastis. Akan tetapi, fraksi massa SiO₂ yang tinggi dapat membatasi jumlah deformasi plastis yang diserap matrik. Hal ini mengarahkan kepada fenomena terjadinya *fracture* secara cepat pada penguat, pelepasan (*delamination*) matrik - partikel SiO₂ dan *spalling* partikel penguat. Sebagai konsekuensinya, terjadi peningkatan kekuatan impact seiring dengan penambahan partikel penguat SiO₂ [4].

Proses Stir Casting

Proses *stir casting* merupakan salah satu proses pembuatan komposit dalam kondisi cair yang paling sederhana. Prinsip dari proses *stir casting* adalah penyatuan partikel penguat ke dalam logam cair dengan pengadukan secara mekanik diatas garis *liquidus*, lalu dituangkan ke dalam cetakan. Skema dari proses *stir casting* dilihat pada Gambar 1..

Keuntungan dari proses ini adalah mampu menggabungkan partikel penguat yang tidak dibasahi oleh logam cair. Bahan yang tidak dibasahi tersebut terdistribusi oleh adanya gaya pengadukan secara mekanik yang menyebabkan partikel penguat terperangkap dalam logam cair.



Gambar 1. Proses Stir Casting

Metode pembuatan ini merupakan metode yang paling sederhana, relatif lebih murah dan tidak memerlukan peralatan tambahan. Namun proses *stir casting* ini kadangkala mengalami beberapa kendala diantaranya adalah distribusi partikel yang kurang homogen dan *wettability* aluminium terhadap beberapa jenis keramik yang kurang baik. Ketidak homogenan mikrostruktur disebabkan oleh penggumpalan partikel penguat (*clustering*) dan pengendapan selama pembekuan berlangsung akibat perbedaan densitas matrik dan penguat, terutama pada fraksi volume partikel tinggi. Secara umum fraksi volume penguat hingga 30% dan ukuran partikel 5 –

100 µm dapat disatukan kedalam logam cair dengan metode *stir casting*. Parameter yang dapat mempengaruhi dalam proses *stir casting* yaitu : kecepatan pengadukan, temperature pengadukan, perlakuan panas terhadap penguatnya, waktu pengadukan dan kecepatan penuangan serbuk. [8]

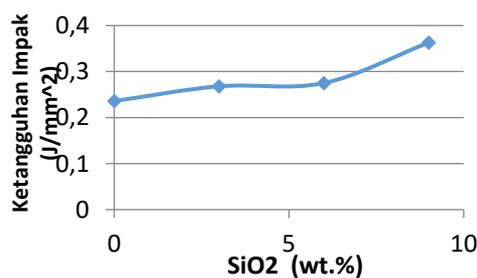
2. Metode

Menimbang SiO₂ untuk fraksi massa 3%, 6% dan 9%, mempersiapkan leburan aluminium pada suhu 750° C, mempersiapkan cetakan dengan pola untuk pengujian impak *charpy*, memasukkan serbuk SiO₂ ke dalam lelehan aluminium, mengaduk lelehan aluminium yang telah diberi serbuk SiO₂ dengan kecepatan 800 rpm selama 5 menit pada suhu 650° C, menuangkan lelehan Al/SiO₂ pada suhu 725° C ke dalam cetakan, setelah mengeras lepaskan komposit Al/SiO₂ dari cetakan. Spesimen yang telah jadi akan diuji impak dan metalografi.

3. Hasil dan Pembahasan

Pengaruh Fraksi Massa Penguat SiO₂ terhadap Kekuatan Impak

Data hasil pengujian impak komposit dengan Al-Si sebagai matrik dan serbuk SiO₂ (mesh 270) sebagai penguat dengan variasi fraksi massa 3%, 6% dan 9% menggunakan metode *stir casting*, diperlihatkan pada Gambar 2.. Gambar 2. memaparkan hubungan ketangguhan impak dengan fraksi massa penguat. Gambar 2. menunjukkan bahwa Harga Impak komposit meningkat seiring dengan penambahan fraksi massa SiO₂. Hal ini dapat dilihat dari hasil uji impak komposit dengan penambahan SiO₂ masing-masing sebesar 0,236 J/mm², 0,268 J/mm², 0,275 J/mm² dan 0,363 J/mm². Peningkatan kekuatan impak pada komposit menunjukkan bahwa sifat komposit yang semakin tangguh.



Gambar 2.. Pengaruh Penambahan SiO₂ terhadap Ketangguhan Impak

Peningkatan kekuatan impak pada komposit disebabkan oleh kecenderungan penguat untuk patah dan *spall* sebagai hasil dari impak yang berulang pada butiran. Matrik Al-Si dapat menyerap kerusakan substansial dalam bentuk deformasi plastis. Akan tetapi, fraksi massa SiO₂ yang tinggi dapat membatasi jumlah deformasi plastis yang diserap matrik. Hal ini mengarahkan kepada fenomena terjadinya *fracture*

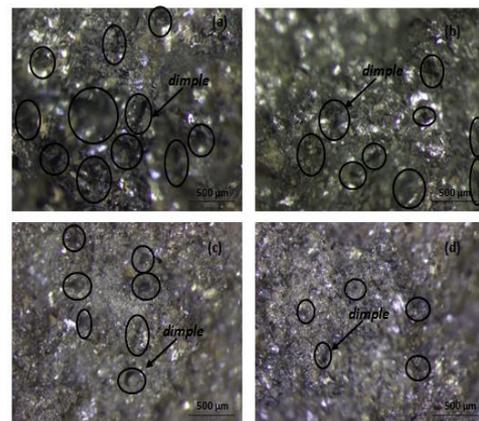
secara cepat pada penguat, pelepasan (*delamination*) matrik - partikel SiO₂ dan *spalling* partikel penguat. Sebagai konsekuensinya, Terjadi peningkatan kekuatan impak seiring dengan penambahan partikel penguat SiO₂. [4]

Pengamatan Makro terhadap Penampang Patahan pada Komposit

Komposit dengan fraksi massa penguat SiO₂ 0% memiliki sifat patah campuran yakni antara patahan liat dan patahan getas. *Dimple* pada permukaan yang menunjukkan ciri perpatahan ulet dan pada bagian lain terjadi perpatahan *kristalin* yang memantulkan cahaya tinggi. Spesimen tanpa penguat ini mengalami patah di bagian yang dikenakan beban impak. Hal ini ditunjukkan oleh Gambar 3..

Gambar 3..a menunjukkan penampang patahan Al-Si tanpa penguat SiO₂. Gambar tersebut menunjukkan *dimple* yang berukuran besar. Hal ini menunjukkan terjadinya aliran plastis yang cukup besar sebelum perpatahan. Jika dibandingkan antar variasi komposit seperti pada Gambar 3., maka akan terlihat seiring penambahan fraksi massa SiO₂ terjadi perpatahan campuran di mana *dimple* semakin kecil dan terdapat perpatahan *kristalin*. SiO₂ memperhalus ukuran butiran matrik dan mengurangi keuletan sehingga menghasilkan *dimple* yang lebih kecil. [6].

Hal ini membuktikan bahwa penguat SiO₂ membatasi terjadinya deformasi plastis yang diserap oleh matrik. Pembatasan deformasi plastis ini disebabkan kehadiran permukaan yang keras dari penguat SiO₂. [7]



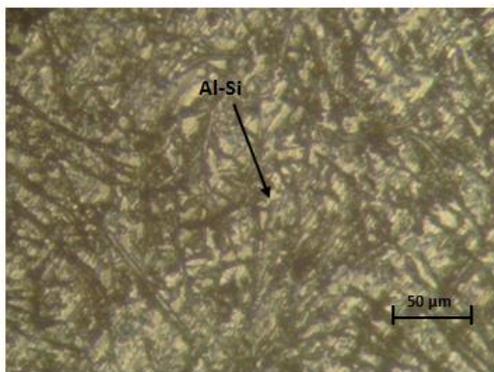
Gambar 3.. Penampang patahan komposit : (a) 0% SiO₂, (b) 3% SiO₂, (c) 6% SiO₂, (d) 9% SiO₂

Pengamatan Struktur Mikro Komposit Matrik Aluminium

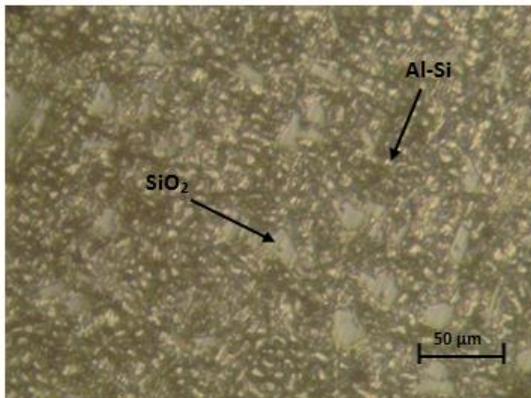
Pengamatan struktur mikro dilakukan menggunakan mikroskop dengan perbesaran 200x. Pengamatan struktur mikro pada komposit dilakukan untuk mengetahui distribusi penyebaran partikel. Hasil

pengamatan memperlihatkan penyebaran partikel penguat yang seragam pada matrik Al-Si. Hal ini disebabkan perbedaan densitas yang tidak terlalu jauh antara penguat SiO_2 dengan matrik. [7].

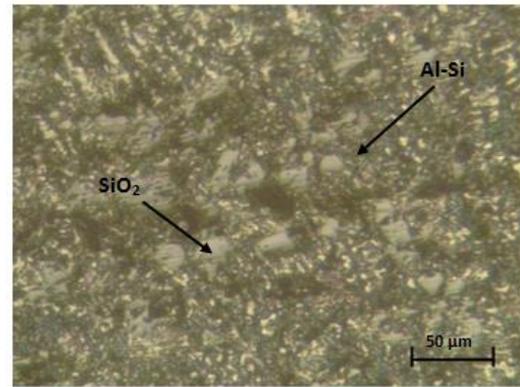
Gambar 3 (3% SiO_2) dan (6% SiO_2) memperlihatkan distribusi partikel penguat yang hampir merata. Hal ini menunjukkan bahwa proses *stir casting* mampu menggabungkan partikel penguat yang tidak dibasahi oleh logam cair. Penguat yang tidak dibasahi tersebut terdistribusi oleh gaya pengadukan secara mekanik yang menyebabkan partikel penguat terperangkap dalam logam cair. Proses yang dilakukan dalam keadaan *semisolid* dapat meningkatkan *wettability* dari penguat SiO_2 sehingga meningkatkan penggabungan antara penguat dan matrik. [2]



Gambar 4.. Struktur mikro fraksi massa SiO_2 0%

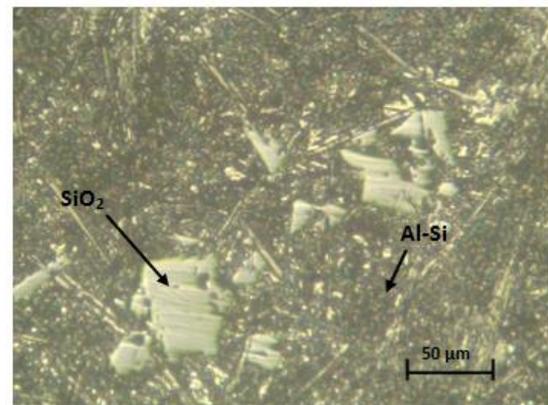


Gambar 5.. Struktur mikro fraksi massa SiO_2 3%



Gambar 6. Struktur mikro fraksi massa SiO_2 6%

Pada Gambar 4. terlihat penyebaran penguat SiO_2 yang kurang merata. Hal ini terjadi karena terjadi pengapungan akibat densitas yang berbeda dari matrik dan penguat [5]. Tidak meratanya penyebaran penguat SiO_2 pada komposit menyebabkan terjadinya pengendapan (*clustering*) pada bagian tertentu [2]. Meski begitu, tetap terjadi peningkatan kekuatan impak karena penguat SiO_2 masih mampu menahan deformasi plastis saat dikenakan beban kejut.



Gambar 7. Struktur mikro fraksi massa SiO_2 9%

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Kekuatan impak dari komposit semakin meningkat seiring dengan pertambahan fraksi massa dari SiO_2 .
2. Pengamatan makro dari penampang patah hasil uji impak menunjukkan hampir keseluruhan spesimen mengalami patah campuran di bagian yang dikenakan beban impak.
3. Pengamatan struktur mikro menunjukkan unsur partikel penguat yang tersebar merata pada komposit matrik aluminium.

Daftar Pustaka

- [1] K. Hemalatha, V.S.K. Venkatachalapathy., N. Alagumurthy. 2013, Processing and Metal Matrix Composite by Stir Casting Process, Journal of Engineering Research and Applications, Vol. 3, pp. 1390 - 1394.
- [2] R.G. Bhandare, P.M. Sonarwane. 2013, Preparation of Aluminium Matrix Composite by Using Stir Casting Method, International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT), Vol. 3, pp. 61-65
- [3] J. Heri, Yuningtyastuti, A. Syukur. 2012, Studi Arus Bocor Permukaan Bahan Isolasi Resin Epoksi Silane dengan Variasi Pengisi Pasir Silika (dengan Polutan Pantai). Jurnal UNDIP Transmisi, Vol. 14, No. 1, Hal. 20-37, Universitas Diponegoro Semarang.
- [4] M. Sayuti, S. Sulaiman, T.R. Vijayaram, B.T.H.T Baharudin, M.K.A Arifin. 2012, Manufacturing and Properties of Quartz (SiO_2) Particulate Reinforced Al-11,8%Si Matrix Composites, InTech, pp. 411-436
- [5] S.A. Sajjadi, H.R. Ezatpour, Parizi, M. Torabi. 2011, Comparison of Microstructure and Mechanical Properties of A356 Aluminum Alloy/ Al_2O_3 Composites Fabricated by Stir and Compo-Casting Processes, Elsevier, Material and Design, pp 106-111
- [6] Selvam, David Raja, Smart, I. Robinson, D.S. Dinaharan. 2013, Synthesis and Characterization of Al6061-Fly Ash-SiC Composites by Stir Casting and Compocasting Methods, Elsevier, Energy Procedia, pp. 637-646
- [7] K. Kalaiselvan, N. Murugan, Parameswaran, Siva. 2011, Production and Characterization of AA6061- B_4C Stir Cast Composite, Elsevier, Material and Design 32, pp. 4004-4009
- [8] H. L. Rizkalla, A. Abdulwahed. 1996, Some Mechanical Properties of Metal- Nonmetal Al- SiO_2 Particulate Composites. Journal of Materials Processing Technology, 56(1-4), pp. 398-403