PENGARUH VARIASI FRAKSI VOLUME ABU TERBANG (FLY ASH) SEBAGAI PENGUAT Al 6061 MATRIX COMPOSITE TERHADAP SIFAT MAKANIK DAN FISIK METAL MATRIX COMPOSITE Al 6061-FLY ASH

Qomarul Hadi[1], Gunawan[1]
[1]Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya
Jl.Raya Palembang – Prabumulih Km. 32 Kec. Indralaya 30662 Ogan Ilir

ABSTRAK

Metal matrik Komposite Al6061-Fly ash yang telah dihasilkan melalui metode strir casting dan diamati dalam penelitian saya. Pemilihan produksi MMC_s melalui proses stirr casting. Pada penelitian ini dipilih jenis Al 6061 sebagai matrik sedangkan pada partikel penguat dipilih serbuk Fly ash dengan variasi fraksi volume 5%, 10%, 15%, dan 20%, sedangkan untuk pembasahannya digunakan Mg sebanyak 10%. Putaran Pengadukan 700 Rpm, dengan waktu pengadukan 60 menit yang dilakukan dengan dua tahap yaitu 30 menit setelah holding time 15 menit dan 30 menit setelah holding time 20 menit setelah pengadukan tahap pertama. Kekerasan Brinell, Kekuatan tarik, Ketahanan impak, dan densitas komposit diuji serta pengamatan struktur mikro.Dari hasil pengujian yang didapat menunjukkan bahwa penambahan fraksi volume abu terbang dengan metode stirr casting menunjukkan bahwa sifat mekanik meningkat seiring dengan peningkatan fraksi volume abu terbang. Kekerasan Brinell, Kekuatan tarik, Ketahanan impak berturut-turut 66,17 BHN, 127,5 Mpa, 11,08 Joule. Dan sifat fisik densitas menurun seiring peningkatan fraksi volume abu terbang mencapai 2,55 g/cm^3 secara experimental sedangkan 2,49 g/cm^3 secara teoritis.

Kata kunci: Stirr casting pengujian sifat mekanik dan sifat fisik

1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

perkembangan teknologi yang sangat pesat harus ditunjang oleh material-material yang mempunyai sifat-sifat yang unggul. Sifat-sifat tersebut antara lain seperti ringan, kuat, tahan panas, tahan korosi dan lain-lain. Di lain pihak juga harus memiliki keunggulan lain seperti murah harganya dan mudah untuk diproduksi. Setiap material mempunyai keunggulan masing-masing serta memiliki kelemahan tersendiri pula. Oleh karena itu, dilakukan suatu penggabungan atau pencampuran secara macroskopis dari dua atau lebih material untuk mendapatkan material baru yang memiliki keunggulan yang diambil dari sifat-sifat material penyusunnya. Material hasil penggabungan inilah yang dinamakan "material komposit". Pada umumnya komposit terdiri dari dua unsur utama yaitu penguat (*reinforcement*) dan bahan pengikat yang disebut *matrix*. Penguat adalah bahan utama yang menentukan karakteristik dari komposit seperti kekakuan, kekuatan, dan ketahanan terhadap aus. Sedang *matrix* bertugas melindungi dan mengikat serat atau serbuk agar berkerja dengan baik.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Komposit

2.1.1 Umum

Komposit adalah material hasil kombinasi makrokopis dari dua atau lebih komponen yang berbeda dengan tujuan untuk mendapatkan material baru yang sifat fisik dan mekanik tertentu yang lebih baik dari pada sifat masing-masing komponen penyusunnya.

Komponen penyusun berfungsi sebagai penguat (*reinforcement*) dan pengikat (*matrix*). Bentuk penyusun utama daripada material komposit terdiri atas beberapa bentuk, antara lain :

1. *Fiber Composite*, *Particle Composite* (Komposit berbentuk partikel), .
2. *Laminae / Layers Composite* (Komposit berlapis),.
3. *Flake Composite* (Komposit serpihan),.
4. *Filler Composite* (Komposit dengan pengisi).

Pada prinsipnya komposit dapat dibentuk dari berbagai kombinasi dari dua atau lebih material, baik logam maupun *non* logam berdasarkan matriksnya komposit dibagi menjadi tiga jenis yaitu:

A. Komposit bermatriks polimer atau *Polymer Matriks Composite* (PMCs)
B. Komposit bermatriks logam atau *Metal Matrix Composite* (MMCs)
C. Komposit bermatriks keramik atau *Ceramic Matriks Composite* (CMCs)

2..I..2 *Metal Matrix Composite* (MMCs)

Metal Matrix Composite adalah penggabungan dari beberapa komponen, sedikitnya dua komponen / unsur yang mana komponen pertama merupakan *Metal Matrix* dan komponen kedua merupakan penguatnya, umumnya campuran intermetalik, seperti *Oxide, Carbide, Nitrid* dan lain-lain. Material *Metal Matrix Composite* (MMCs) pada mulanya yang diteliti adalah *Continious Filamen* yang digunakan dalam aplikasi *aerospace.* Bila ditinjau dari segi sifat mekanis dan sifat struktur materialnya maka *Metal Matrix Composite* (MMCs) memiliki sifat sebagai berikut :

- Memiliki kekuatan yang tinggi.
- Memiliki kekerasan yang tinggi.
- Modulus elastisitas tinggi.
- Memiliki ketahanan impak tinggi.
- Tahan terhadap perubahan perubahan suhu secara mendadak.
- Ketahanan permukaan yang tinggi.
- Tahan terhadap korosi.
- Tahan terhadap lingkungan hampa udara.
- Tahan terhadap perubahan struktur.

2.2 Material komposit

2.2.1 Aluminium

Alumunium merupakan logam ringan yang mempunyai ketahanan korosi yang baik dan hantaran listrik yang baik dan dapat digunakan secara bersama-sama dengan logam lain (paduan) seperti Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Ni dan sebagainya untuk mendapatkan sifat mekanik yang lebih kuat, ketahanan aus dan koefesien pemuaian rendah.

2.2.1.1 Klasifikasi Paduan Aluminium

Paduan aluminium diklasifikasikan dalam berbagai standar oleh berbagai Negara di dunia. Saat ini klasifikasi yang sangat terkenal dan sempurna adalah standar *Alumunium Association* di Amerika (AA) yang didasarkan atas standar terdahulu dari Alcoa (Aluminium Company of Amerika). Paduan tempaan dinyatakan dengan satu atau dua angka "S", sedangkan paduan coran dinyatakan dengan 3 angka. Standar AA (*Aluminium Association*) menggunakan penandaan dengan 4 angka sebagai berikut : Angka pertama menyatakan sistem paduan dengan unsur-unsur yang ditambahkan, yaitu : 1:Al murni, 2:Al-Cu, 3:Al-Mn, 4:Al-Si, 5:Al-Mg, 6:Al-Mg-Si dan 7:Al-Zn. Contoh paduan Al-Cu dinyatakan dengan angka 2000 dimodifikasi dan Al murni sedangkan angka ketiga dan keenpat diartikan untik tanda Alcoa terdahulu.

2.2.1.2 Alumunium 6061

Standar mutu dari paduan aluminium sangat ditentukan oleh komposisi kimia paduannya (seperti: Cu, Si, Mg, Zn, Mn, Ni) yang terkandung dalam Aluminium tersebut. Paduan Al-Si adalah bahan yang digunakan hampir 85– 90%.

Paduan Aluminium dengan kandungan Silikon 7 – 9 % dan Magnesium antara 0,3 -1,7 % yang dikeraskan memiliki sifat mekanis yang baik Paduan Alumunium 6061 merupakan paduan Al dengan Mg_2Si dengan penuaan alamiah penuh setelah perlakuan pelarutan. Paduan ini mempunyai kekuatan yang rendah sebagai bahan tempaan dibandingkan dengan paduan lainnya tetapi sangat liat, sangat mampu bentuk untuk ekstrusi dan tahan korosi.

2.2.2 Fly Ash

Fly Ash adalah limbah padat yang dihasilkan dari pembakaran batubara, yang merupakan material yang memiliki ukuran butiran yang halus, berwarna keabu-abuan dan diperoleh dari hasil pembakaran batubara. Pada intinya *fly ash* mengandung unsur kimia antara lain silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), fero oksida (Fe_2O_3) dan kalsium oksida (CaO), juga mengandung unsur tambahan lain yaitu magnesium oksida (MgO), titanium oksida (TiO_2), alkalin (Na_2O dan K_2O), sulfur trioksida (SO_3), pospor oksida (P_2O_5) dan carbon.

Faktor-faktor yang mempengaruhi sifat fisik, kimia dan teknis dari *fly ash* adalah tipe batubara, kemurnian batubara, tingkat penghancuran, tipe pemanasan dan operasi, metoda penyimpanan dan penimbunan.

2.3 Proses Pengecoran

2.3.1 Devinisi Secara Umum

Coran dibuat dari logam ataupun material yang dicairkan, yang kemudian dituang ke dalam cetakan, lalu dibiarkan mendingin dan membeku

2..3.2 Reviewer Penelitian *Stirr Casting*

Riset di berbagai belahan dunia diarahkan pada metal matrix composite (MMCs) selama beberapa dekade terakhir meliputi cakupan yang luas berkaitan dengan produksi MMCs. Pada setiap metode apapun, keboleh-basahan dan distribusi material penguat di dalam paduan matriks merupakan masalah utama. Banyak metode yang telah diusulkan untuk mengatasi hal ini. Bagaimanapun juga, ide-ide yang cocok untuk satu macam persiapan material dan penggunannya mungkin saja tidak sesuai bagi pendekatan yang lain.

2.3.3 Definisi Stirr Casting

Stirr Casting (Tuangan Kacau) meliputi pengadukan leburan dengan partikel keramik padat kemudian diikuti pemadatan. Hal ini dilakukan menggunakan peralatan konvensional pada basis berkelanjutan maupun semi-berkelanjutan. Yang perlu diperhatikan adalah terjaminnya "*wetting*" partikel-partikel secara baik. Kesulitan bisa terjadi akibat meningkatnya viskositas karena penambahan partikel atau, khususnya, serat yang melebur. Peningkatan dimaksud hanya sekitar 2% atau 20% dari volume partikulasi, yang memungkinkan terjadinya penyebaran partikel dengan baik.

2.3.4 Proses Stirr Casting

Penelitian di berbagai belahan dunia telah dikhususkan pada *metal matrix composite* (MMCs)

selama beberapa dekade terakhir yang melibatkan area yang luas berkaitan dengan produksi MMCs. Pada setiap metode apapun, keboleh-basahan (*wettability*) dan distribusi material penguat di dalam paduan matriks merupakan masalah utama. Banyak metode yang telah diusulkan untuk mengatasi hal ini. Bagaimanapun juga, ide-ide yang cocok untuk satu macam persiapan material dan penggunannya mungkin saja tidak sesuai bagi pendekatan yang lain dan berbeda.

Umumnya *stirr casting* (tuang kacau) MMCs meliputi produksi suatu leburan material matriks terpilih diikuti dengan penambahan bahan penguat kedalam leburan dan penyebaran bahan tersebut dengan cara pengadukan. Pengadukan *(stirring)* dilakukan dengan keras dan cepat untuk membentuk vortex di mana partikel penguat akan ditambahkan melalui celah vortex. Susunan vortex tidak hanya menghambat partikel penguat yang masuk kedalam leburan, tetapi semua bahan pengotor yang terbentuk pada permukaan leburan. Vortex akan menjebak udara kedalam adukan, yang ternyata sulit sekali dihilangkan disebabkan meningkatnya viskositas adonan.

2.3.5 Parameter Proses *Stirr Casting*

Ada tiga faktor yang harus dipertimbangkan dalam proses pembuatan komposit yang diperkuat partikel antara lain:

1. Penambahan partikel kedalam logam cair.
2. Adanya perbedaan berat jenis partikel dan logam cair.
3. Kereaktifan partikel dan logam cair.

Dari keterangan diatas, masalah yang dihadapi dalam proses *stirr casting* ini, maka perlu dipelajari peranan parameter proses pembuatannya antara lain :

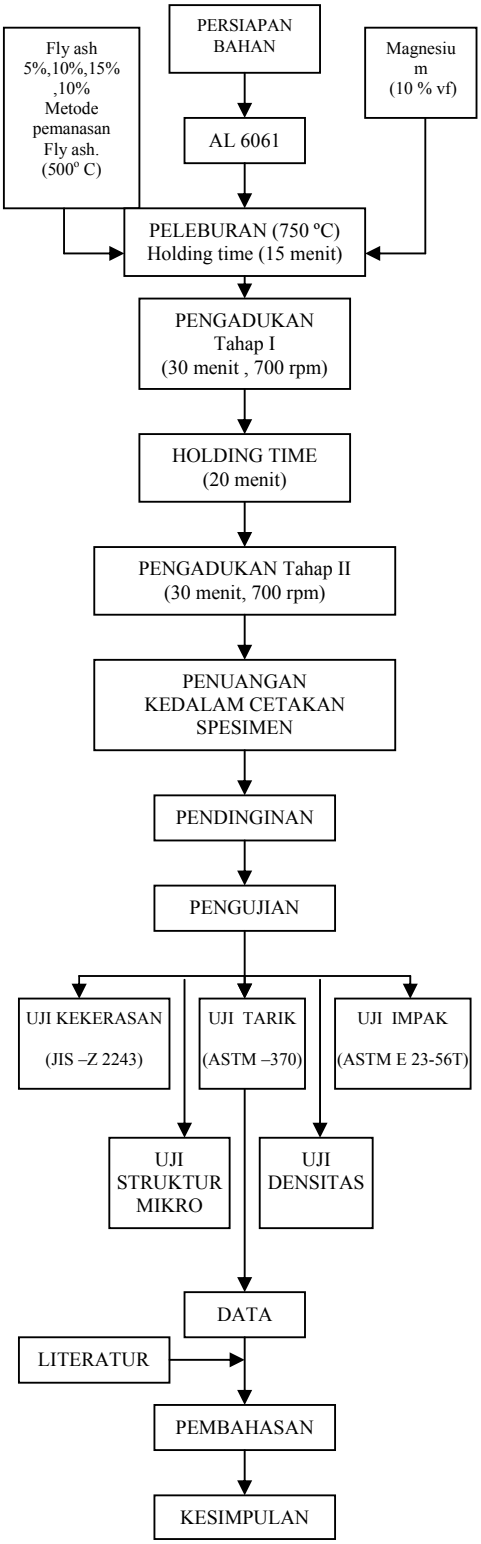
1. Kecepatan pengadukan
2. Waktu pengadukan
3. Persen volume fraksi

2.4.1 Faktor Yang Mempengaruhi Pengendapan Partikel

Pengendapan partikel dalam kondisi leburan pada metoda *stirr casting* dipengaruhi beberapa factor antara lain adalah :

1. Temperatur leburan
2. Temperatur dan waktu pemanasan partikel
3. Ukuran dan bentuk partikel
4. Komposisi kimia matrik
5. Prosentase dispersoid

1. PROSEDUR PENELITIAN



Gambar 3,.1 Diagram Alir Penelitian

3.1 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian komposit Al 6061 - *Fly ash* dengan cara *stir casting* terdiri dari tiga tahapan, yaitu :

1. Tahap persiapan
2. Tahap percobaan
3. Tahap pengujian.

3.1. Tahap Persiapan

Tahap persiapan adalah mempersiapkan segala sesuatu yang berhubungan dengan percobaan diantaranya adalah:

1. Persiapan bahan baku
2. Persiapan peralatan
3. Penandaan sample

3.1.1 Persiapan Bahan Baku

1. Aluminium 6061 sebagai *matrix*
   - Bentuk Alumunium yang digunakan adalah batangan (balok)
   - Berat jenis : 2,70 g/cm³

2. Serbuk Fly ash sebagai penguat (*reinforcement)* dengan komposisi :
   - Bentuk partikel : *angular hasil produk pembakaran*
   - Ukuran partikel : kurang dari 40 µm
   - Berat jenis : 2,14 g/cm³

3. Serbuk magnesium *(Mg 98%)* sebagai pembasah dengan berat jenis 1,74 g/cm³.

3.1.2 Persiapan Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam percobaan ini adalah peralatan yang tersedia di Laboratorium Universitas Sriwijaya.

Selain itu beberapa peralatan lainnya yang digunakan dalam percobaan ini adalah sebagai berikut (peralatan tersedia di Lab. Unsri) :

1. Furnace pemanas
2. Crucible (Dapur Peleburan)
3. Timbangan analitik dengan ketelitian 0,01 gram dan 0,0001 gram
4. Thermocople K-type
5. Amplas dengan no. 100, 400, 600, 800, 1500
6. Alat pengaduk (mixer) disertai bor listrik
7. Cetakan spesimen
8. Jangka sorong dengan ketelitian 0,01 mm
9. Alat uji kekerasan
10. Alat uji tarik
11. Alat uji impak
12. Gelas ukur millimeter

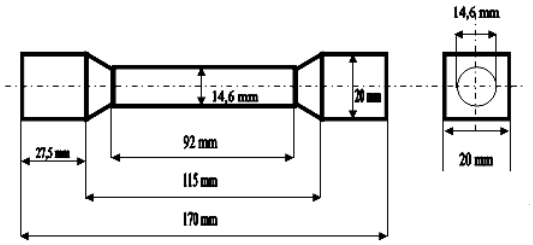
3.2Langkah Pengecoran

Pengecoran yang dilakukan dengan menggunakan sistem *stircasting*

3.3 Langkah Kerja Pengujian Spesimen

3.3.1. Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui beberapa sifat mekanik dari material komposit polyester berpenguat serat buah Enceng Gondok, diantaranya kekuatan tarik, elastisitas stiffness (kekakuan), thoughness (ketangguhan), maupun keuletan dari komposit tersebut. Pada pengujian tarik, spesimen uji tarik diberikan beban gaya tarik sesumbu yang bertambah besar secara kontinyu, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai pertambahan panjang yang dialami benda uji tarik tersebut. Bentuk dan ukuran spesimen uji tarik ini dibuat sesuai dengan standar ASTM D 638 – 90. Berikut ini adalah gambar dari spesimen uji tarik :

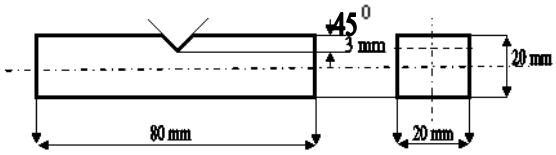


Gambar 3.2 pesimen uji tarik

3.3.2. Pengujian Impak

Untuk mengetahui ketahanan terhadap beban kejut dapat digunakan pengujian impak (*impak tersting*). Energi impak adalahukuran dari jumlah energi potensial dari hammer atau pemukul yang diserap specimen pada saat proses pematahan specimen berdasarkan suhu dengan satuan Joule.

Pengujian impak menggunakan *Charpy Impact Testing Machine* dengan standar ASTM E 23-88 di uji pada temperature 29,5 ^{0}C dengan sudut angkat palu $\alpha = 90^0$.



Gambar.3.3specimen uji impak

4. HASIL PENELITIAN

4.1 Pengujian Kekerasan

Pada pengujian kekerasan dengan menggnakan metode Brinell, data diambil dari setiap spesimen dengan 4 titik berbeda pada setiap spesimennya. Bertujuan agar diperoleh hasil pengujian yang merata dari setiap spesimen/sampel. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.1.

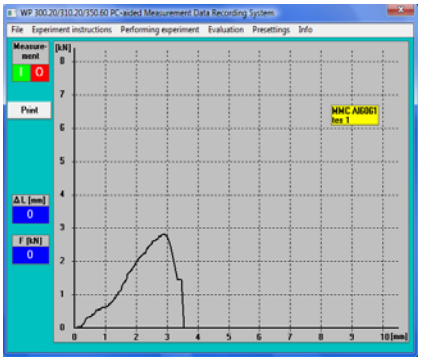
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Kekerasan Brinell

No	Sampel	Titik	D (mm)	d (mm)	P (Kgf)
1	MMCs1	1	10	4	500
		2	10	4	500
		3	10	3,8	500
		4	10	3,9	500
2	MMCs2	1	10	3,6	500

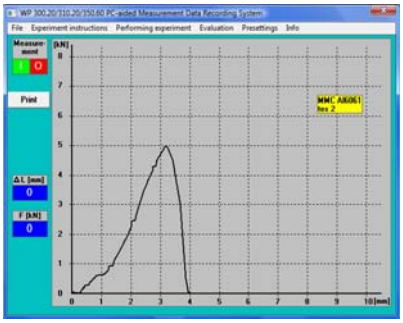
		2	10	3,7	500
		3	10	3,7	500
		4	10	3,6	500
3	MMCs3	1	10	3,2	500
		2	10	3,2	500
		3	10	3,1	500
		4	10	3,1	500
4	MMCs4	1	10	3,1	500
		2	10	3	500
		3	10	3	500
		4	10	3,1	500

4.2 Pengujian Tarik

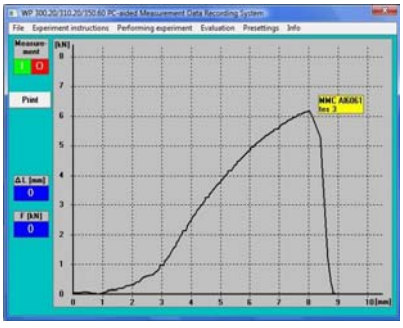
Pada pengujian tarik, digunakan 4 buah sampel untuk setiap variasi fraksi volume yang berbeda, pengujian dilakukan secara experimental. Dengan hasilsebagi berikut



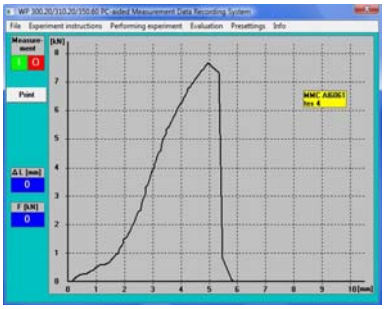
Gambar 4.1 Diagram Beban vs Pertambahan Panjang Sampel MMCs1



Gambar 4.2 Diagram Beban vs Pertambahan Panjang Sampel MMCs2



Gambar 4.3 Diagram Beban vs Pertambahan Panjang Sampel MMCs3



Gambar 4.4 Diagram Beban vs Pertambahan Panjang Sampel MMCs4

4.3 Pengujian Impak

Pada pengujian impak dengan menggunakan metode charpy sampel sebanyak empat buah dengan temperature sekitar 27^{o} C. dapat kita lihat pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Impak.

No	**Spesimen**	**P (N)**	**D (m)**
1	MMCs1	251,920	0,6490
2	MMCs2	251,920	0,6490
3	MMCs3	251,920	0,6490
4	MMCs4	251,920	0,6490

Sudut (°)		**Energi (Joule)**
α	**Φ**	
146,5	145	2,4
146,5	144,5	3,22
146,5	142	7,48
146,5	140	11,08

4.4 Pengujian Densitas

Pada pengujian densitas, digunakan 1 buah sampel untuk setiap fraksi volume yang berbeda, pengujian dilakukan secara experimental dan secara teoritis. Dapat diloihat pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Densitas Al 6061-Fly ash secara experimental

No	Sampel	Massa (gram)	Volume (ml = cm^3)	Densitas (g/cm^3)
1	MMCs1	10,8476	4	2,7119
2	MMCs2	10,7625	4	2,6906
3	MMCs3	10,3579	4	2,5894

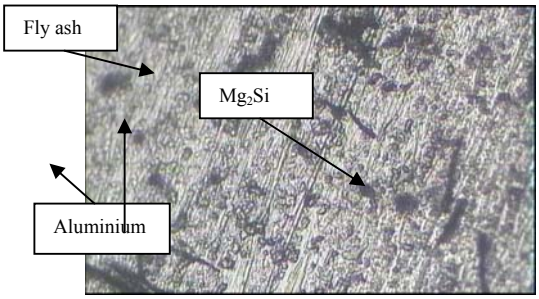
4	MMCs4	10,2129	4	2,5532

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Densitas Al 606 -Fly ash secara teoritis

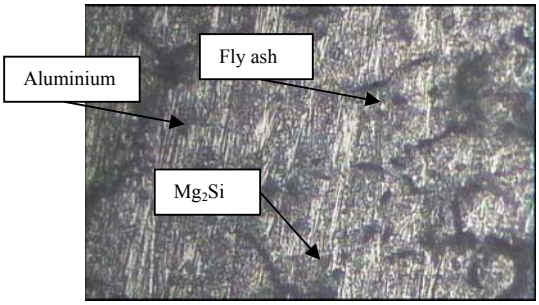
No	Sampel	(%)			Densitas (g/cm³)
		Al 6061	Mg	Fly ash	
1	MMCs1	85	10	5	2,534
2	MMCs2	80	10	10	2,464
3	MMCs3	75	10	15	2,394
4	MMCs4	70	10	20	2,324

4.5 Pengujian Struktur Mikro

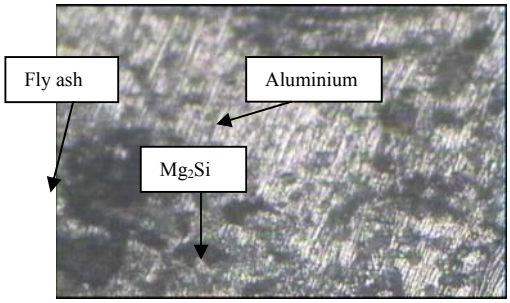
Pengamatan struktur mikro dilakukan dengan 4 buah sampel, pembesarannya 200x persentase fraksi volume 5%, dan 10% dan 500x untuk persentase fraksi volume 15%, dan 20%.



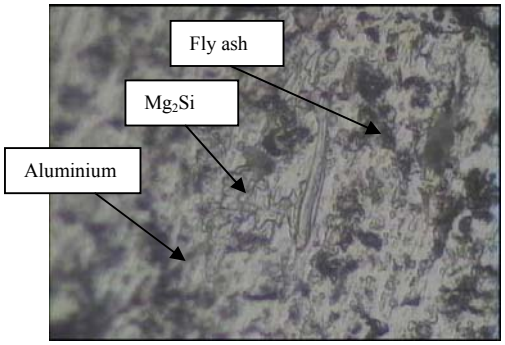
Gambar 4.5 Struktur mikro volume fraksi fly ash 5% 200x



Gambar 4.6 Struktur mikro volume fraksi fly ash 10% 200x



Gambar 4.7 Struktur mikro volume fraksi fly ash 15% 500x



Gambar 4.8 Struktur mikro volume fraksi fly ash 20% 500x

5, PEMBAHASAN

5.1 Hasil Pengujian Kekerasan

nilai kekerasannya semakin meningkat, hal ini disebabkan karena abu terbang memiliki komposisi alumina dan silica relatif tinggi dan kedua komponen tersebut memiliki kekerasan yang jauh lebih tinggi dibandingkan aluminium, sehingga fly ash dapat meningkatkan kekerasan.

5.2 Hasil Pengujian Tarik

Hasil uji tarik menunjukkan bahwa terjadi peningkatan tegangan luluh dan tegangan tarik yang pada akhirnya akan meningkatkan modulus elastisitas (Em) dari MMCs Al 6061-Fly ash, secara teoritis penggabungan antara Alumunium 6061 sebagai matriks dengan Fly ash sebagai penguat akan menghasilkan modulus elastisitas (Em) yang lebih tinggi, hal ini dikarenakan adanya unsur atau senyawa yang memiliki modulus elastisitas yang lebih tinggi dari aluminium yang terkandung di dalam Fly ash, juga dikarenakan proses penuangan MMCs Al 6061-Fly ash dengan metode *stirr casting* adalah dengan penuangan biasa tanpa penekanan.

5.3 Hasil Pengujian Impak

Dari hasil pengujian impak diketahui bahwa energi yang diperlukan untuk mematahkan sample akan meningkat seiring penambahan fraksi berat penguat Fly ash, hal ini disebabkan karena terdapat unsur atau senyawa yang terkandung di dalam Fly ash memiliki sifat ketangguhan yang jauh lebih tinggi dari Al 6061.

5.4 Hasil Pengujian Densitas

Densitas atau berat jenis sample brbanding terbalik dengan hasil pengujian sifat mekanik, yaitu menurun seiring dengan peningkatan fraksi volume fly ash, sesuai dengan perhitungan secara teoritis, dikarenakan Aluminium 6061 memiliki densitas yang lebih tinggi dari fly ash yaitu 2,70 g/cm^3 dan fly ash dengan densitas 1,3 g/cm^3. Jika dilihat berdasarkan grafiknya secara experimental lebih tinggi densitasnya dimungkinkan karena *Densifikasi* (pemadatan) pada

proses konplikasi merupahkan penyebab dari meningkatnya densitas (berat jenis).

5.5 Hasil Pengujian Struktur Mikro

Dari hasil pengamatan struktur mikro dapat dilihat bahwa ikatan antara matrik Aluminium 6061 dengan penguat Fly ash terjadi akibat adanya *Mechanical Interlocking* (antara butir saling mengunci). Mekanisme ini disebut "Ikatan Cold Weld" yaitu ikatan antara dua permukaan butiran logam yang bersinggungan yang ditimbulkan oleh gaya kohesi dari serbuk, serbuk menepel dan bersatu. paduan antara Aluminium 6061 dengan Fly ash masih berbentuk *agular.*

6. KESIMPULAN

Setelah melakukan penelitian ini, ada beberapa kesimpulan yang dapat diambil, yaitu :

1. Hasil uji kekerasan pada MMCs Al 6061-Fly ash dengan metode brinell menunjukkan peningkatan sesuai dengan fraksi berat fly ash yang bervariasi, hal ini disebabkan karena abu terbang memiliki komposisi alumina dan silica relatif tinggi dan kedua komponen tersebut memiliki kekerasan yang jauh lebih tinggi dibandingkan aluminium, sehingga fly ash dapat meningkatkan kekerasan. hasil terendah 39,72 **(BHN)** dan hasil tertinggi 66,17 **(BHN).**

2. Hasil uji Tarik pada MMCs Al 6061-Fly ash menunjukkan dengan semakin tinggi fraksi berat fly ash maka akan terjadi peningkatan nilai tegangan luluh dan tegangan tarik yang berakibat akan meningkatkan modulus elastisitas (Em) dari MMCs Al 6061-Fly ash. Hal ini disebabkan karena unsur atau senyawa yang terkandung di dalam komposisi Fly ash yang memiliki modulus elastisitas (Em) yang jauh lebih besar daripada modulus elastisitas (Em) Alumunium 6061, hasil uji tarik terendah yang terkandung di dalam komposisi Fly ash 46,7 (N/mm^2) dan hasil tertinggi 127,5 (N/mm^2).

3. Hasil uji impak pada MMCs Al 6061-Fly ash menunjukkan terjadinya peningkatan energi impak yang digunakan untuk mematahkan spesimen sesuai dengan peningkatan fraksi berat fly ash sebagai penguat. Hal ini disebabkan karena adanya ikatan yang homogen, selain itu unsur atau senyawa yang terkandung di dalam fly ash memiliki ketangguhan yang jauh lebih besar dibandingkan dengan Alumunium 6061, hasil uji impak terendah 2,4 (Ej) dan hasil tertinggi 11,08 (Ej).

4. Dari hasil pengujian diketahui bahwa Peningkatan dan penurunan densitas (berat jenis) MMCs berdasarkan variasi fraksi volume tergantung dari densitas material penguatnya, dari hasil uji MMCs Al 6061-Fly ash densitas menurun seiring peningkatan fraksi volume penguat, adapun terendah experimental : 2,55 (g/cm^3) dan terendah teoritis : 2,32. Hasil tertinggi experimental : 2,71 (g/cm^3) dan teoritis : 2,534.

DAFTAR PUSTAKA

1. Sri Prabayani Retno Wandrdani,"*Pemanfaatan Limbah Batubara (Fly ash) Dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan",* Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang.2008.
2. S. Ray, *Casting of Composite Components*, Departement of Material Engineering University of Roorkee, India, 1996.
3. Totten, E George, MacKenzie Scott. D,"Handbook of Aluminum Physcal Metallurgy and Processes,"Volume 1, Marcel Dekker. 2002.
4. Vlack Van_H Lawpence,"*Ilmu Dan Teknologi Bahan (Ilmu Logam dan Bukan Logam)*", Edisi Kelima, Erlangga, Jakarta 1995
5. W.M, Wildan, Subarmono, cs,"Penguat Limbah Abu Terbang Sebagai Penguat Aluminium Matrix Composite", Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
6. Yuwono Herman Akhmad," *Panduan Praktikum Karakteristik Material 1 Pengujian merusak (Destruktive Testing)*", Universitas Indonesia. 2009.