

**STUDI PEMANFAATAN LIMBAH ABU TERBANG BATUBARA (*FLY ASH*)
DAN KALENG MINUMAN *SOFT DRINK*
SEBAGAI PENGGANTI MATERIAL BAJA RINGAN**

Samhuddin¹, Budiman Sudia², La Ode Iqwal³

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Halu Oleo

^{2,3}Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Halu Oleo

Jl. H.E.A Mokodompit, Kampus Hijau Bumi Tridarma Andounohu, Kendari 93232

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah abu terbang (*fly ash*) terhadap kekerasan dan ketangguhan material yang dihasilkan. Pada penelitian ini dipilih limbah aluminium kaleng sebagai matriks dan limbah abu terbang batubara sebagai penguat. Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian yaitu tungku, ladle, *stircoast*, *blower*, pasir, pola, limbah kaleng dan limbah abu terbang batubara. Prosedur penelitian ini dimulai dari proses pembuatan spesimen dengan paduan (%) aluminium-*fly ash*. Variasi paduan aluminium-*fly ash* yaitu 80%:20%, 70%:30%, 60%:40%. Pada pengujian kekerasan *Vickers*. Terlihat pada tingkat kekerasan Al-FA terendah berada pada spesimen dengan variasi Al 60% : FA 40% yakni sebesar 49,78528 kg/mm² dan tingkat kekerasan Al-FA tertinggi berada pada spesimen dengan variasi Al 80% : FA 20% paduan yakni sebesar 60,25068 kg/mm². Sedangkan, pada pengujian ketangguhan impact. Nilai kekuatan *impact* tertinggi berada pada Spesimen dengan variasi Al 60% : FA 40% paduan adalah sebesar 0,162 J/mm² dan nilai kekuatan impact terendah berada pada spesimen dari variasi Aluminium 100% sebesar 0,056J/mm².

Kata kunci : Metal matriks komposit, Aluminium, dan *fly ash*

Abstract

The purpose of this research is to know the effect of fly ash addition to the hardness and toughness of material produced. In this research, it is known that aluminum cans waste as a matrix and ash waste coal fly as reinforcement. The tools and materials used in the research are furnace, ladle, stircoast, blower, sand, pattern, waste cans and coal fly ash waste. This research procedure starts from the process of making specimens with alloy (%) aluminum-fly ash. Fariation of aluminum-fly ash alloy is 80%: 20%, 70%: 30%, 60%: 40%. In Vickers hardness testing seen at the lowest Al-FA hardness level was on specimens with variation Al 60%: FA 40% ie 49.78528 kg / mm² and highest Al-FA hardness was in specimens with variation Al 80%: FA 20 % alloy that is equal to 60,25068 kg / mm². Meanwhile, on the toughness impact test, the highest impact strength value is in Specimens with Al 60% variation: FA 40% alloy is 0.162 J / mm² and the lowest impact strength is in specimen from 100% Aluminum variation of 0.056J / mm².

Keywords: Metal matrix composite, Aluminum, and *fly ash*

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi yang sangat pesat harus ditunjang oleh material-material yang mempunyai sifat yang unggul. Sifat-sifat tersebut antara lain, seperti ringan, kuat, tahan panas, tahan korosi dan lain-lain. Dilain pihak juga harus memiliki keunggulan lain seperti harganya murah dan mudah diproduksi. Setiap material mempunyai keunggulan masing-masing serta memiliki kelemahan tersendiri pula. oleh karena itu, dilakukan suatu penggabungan atau pencampuran dua buah material atau

lebih material untuk mendapatkan material baru yang memiliki keunggulan yang diambil dari sifat-sifat metrial penyusunnya yang biasa disebut dengan *Metal Matrix Composites* (MMC). penggabungan material baru inilah yang dinamakan “material komposit”. Pada umumnya komposit terdiri dari dua buah unsur yaitu penguat (*rainforcement*) dan logam pengikat yang disebut *matrix*. Penguat adalah bahan utama yang menentukan karakteristik dari komposit seperti kekakuan, kekuatan, ketahanan terhadap

aus. Sedangkan *matrix* bertugas mengikat dan melindungi serat agar bekerja dengan baik. Beberapa penelitian yang dilakukan dengan menggunakan aluminium sebagai *matrix* logam yang dipadukan dengan abu terbang (*fly ash*) sebagai penguatnya. Aluminium yang dikenal mempunyai sifat seperti ringan, tahan korosi, penghantar listrik yang baik digunakan sebagai matriks, sedangkan *fly ash* digunakan sebagai penguat. Aluminium yang digunakan sebagai *matrix* adalah aluminium limbah sampah kaleng minuman yang nantinya akan dihasilkan dari hasil pengecoran. Lebih dari 75% kaleng minuman diproduksi dengan bahan logam aluminium (Hasford dan Duncan, 1994). Bahan dasar kaleng minuman aluminium (*aluminium beverage cans*) atau lebih dikenal kaleng minuman *soft drinks* merupakan bahan manufaktur yang terdiri dari dua jenis alloy aluminium (AA) yaitu AA 3104 dan AA 5182 (Novellis, 2007). *Fly ash* yang merupakan salah satu sisa (limbah) pembakaran batu bara banyak dibuang begitu saja. Penggunaan *fly ash* pada MMC ini diharapkan dapat mampu menyelesaikan masalah yang ditimbulkan jika *fly ash* dibiarkan begitu saja. Penambahan *fly ash* pada perekayasa material aluminium ini diharapkan dapat memberikan keuntungan seperti, mengurangi biaya proses produksi, serta sebagai bahan penguat (*reinforcement*) yang baik.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah abu terbang (*fly ash*) terhadap kekerasan dan ketangguhan material yang dihasilkan.

2. Tinjauan Pustaka

Akrom. M dkk (2010) melakukan penelitian tentang komposit matriks logam (aluminium) yang berasal dari limbah kaleng minuman dengan penguat partikel silikon karbida dan penguat tambahan abu

sekam padi telah berhasil difabrikasi dengan metode teknologi metalurgi serbuk. dari hasil pengujian fisik diperoleh bahwa komposit matrik logam dengan penambahan abu sekam padi memiliki kerapatan lebih rendah dibandingkan dengan komposit Al/SiC tanpa sekam padi, sedangkan sifat kekerasan dan kekuatannya jauh lebih besar dibandingkan Al/SiC tanpa penambahan abu sekam padi.

Nayiroh.N (2008), komposit adalah suatu jenis bahan baru hasil rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih bahan dimana sifat masing-masing bahan berbeda satu sama lainnya baik itu sifat kimia maupun fisiknya dan tetap terpisah dalam hasil akhir bahan tersebut (bahan komposit). Dengan adanya perbedaan dari material penyusunnya maka komposit antar material harus berikatan dengan kuat, sehingga perlu adanya penambahan *wetting agent*. Komponen penyusunnya berfungsi sebagai penguat (*reinforcement*) dan pengikat (*matrix*)

Aluminium adalah logam yang ringan dan cukup penting dalam kehidupan manusia. aluminium merupakan unsur kimia golongan IIIA dalam sistim periodic unsur, dengan nomor atom 13 dan berat atom 26,98 gram per mol. Bebas aluminium mudah teroksidasi membentuk lapisan tipis oksida (Al_2O_3) yang tahan terhadap korosi. aluminium juga bersifat *amfoter* yang mampu bereaksi dengan larutan asam maupun basa. Sruktur kristal aluminium adalah struktur kristal FCC, sehingga aluminium tetap ulet meskipun pada temperatur yang sangat rendah. Aluminium merupakan logam ringan yang mempunyai ketahanan korosi yang baik dan hantaran listrik yang baik dan sifat-sifat yang baik lainnya sebagai sifat logam.

Kaleng timah (ti-can) merupakan pengembangan penemuan oleh seorang penemuan Nicolas Appert pada dasawarsa

1880. Produk ini dikembangkan oleh seorang berkebangsaan Inggris, Peter Durant pada 1980-an. Berkat penemuan produksi massal pada akhir abad ke-19, kaleng timah menjadi standart produk konsumen. Timah dipilih karena relative tidak beracun dan menambah daya tarik kemasan karena mengkilat dan tahan karat. Kaleng juga merupakan lembaran baja yang disalut timah (Sn) atau serupa wadah yang dibuat dari baja dan dilapisi timah putih tipis dengan kadar tidak lebih dari 1,00-1,25% dari berat kaleng itu sendiri.



Gambar 1. Kaleng minuman

Fly Ash merupakan salah satu jenis partikulat yang dapat diklasifikasikan dalam debu. Abu terbang (*fly ash*) sebagai limbah PLTU berbahan bakar batu bara.



Gambar 2. *Fly ash*

Pengecoran logam merupakan proses pencairan logam yang dimana selanjutnya dituang kedalam rongga cetakan dan dibiarkan membeku, sehingga akan terbentuk suatu model yang sesuai dengan bentuk dan pola cetakan. Proses pengecoran ini adalah proses yang memberikan fleksibilitas dan kemampuan yang tinggi sehingga merupakan proses dasar yang penting dalam industry (Suhardi, 1987). Untuk melakukan pengecoran, harus dilakukan proses seperti pencairan logam, pembuatan cetakan, persiapan penuangan

logam cair kedalam cetakan, pembongkaran dan pembersihan coran (T. Surdia dkk., 1976).

Callister (2007) uji kekerasan *vickers* menggunakan indentor piramida intan yang pada dasarnya berbentuk bujur sangkar. Besar sudut antar permukaan-permukaan piramida yang saling berhadapan adalah 136°. Nilai ini dipilih karena mendekati sebagian besar nilai perbandingan yang diinginkan antara diameter lekukan dan diameter bola penumbuk pada uji kekerasan *brinell* (Dieter, 1987). Angka kekerasan *vickers* didefinisikan sebagai beban dibagi luas permukaan lekukan. Pada prakteknya, luas ini dihitung dari pengukuran mikroskopik panjang diagonal jejak.

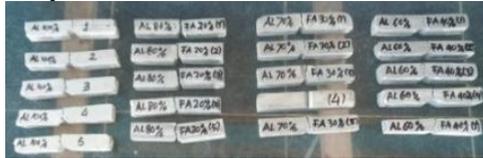
Uji *impact* bertujuan untuk mengetahui ketangguhan logam akibat pembebanan kejut pada beberapa macam kondisi suhu. Ketangguhan adalah suatu ukuran energi yang diperlukan untuk mematahkan bahan. suatu bahan ulet dengan kekuatan yang sama dengan bahan rapuh akan memerlukan energ perpatahan yang lebih besar dan mempunyai sifat tangguh yang lebih baik. Penurunan ketangguhan dapat berakibat fatal, oleh karena itu ketangguhan perlu diukur atau dikuantifitasikan secara konvensional yang mana hal tersebut dilakukan dengan uji impak/benturan.

3. Metodologi Penelitian

Adapun tahapan awal yang dilakukan pada penelitian ini yaitu :

- Mempersiapkan alat dan bahan penelitian meliputi tungku, lade, pola, *blower*, *stircoast*, pasir cetak, aluminium kaleng, *fly ash*, serta paduan minyak tanah dan oli sebagai bahan bakar .
- Prosedur penelitian yang dilakukan yaitu menyiapkan alat dan bahan pengujian, melakukan proses pembuatan spesimen dengan paduan (%) aluminium-*fly ash* 80% : 20%, 70% : 30%, 60% : 40%.

Specimen yang dibuat untuk pengujian kekuatan impact sebanyak 20 sampel dengan masing-masing paduan sebanyak 5 sampel dan pengujian kekerasan *vickers* sebanyak 12 sampel dengan masing-masing sampel sebanyak 3 sampel.



Gambar 3. Spesimen aluminium-*fly ash*

4. Hasil dan Pembahasan

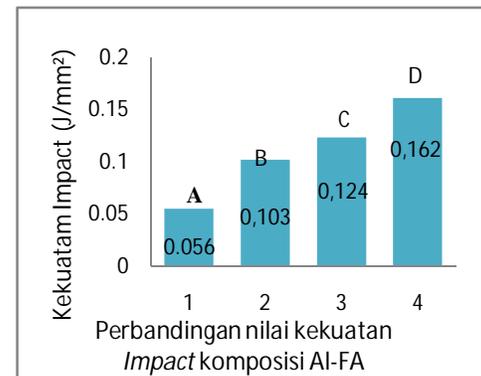
Data pengamatan hasil pengujian *impact* Paduan Al-FA adalah sebagai berikut: sudut awal (α) 130° , sudut akhir (β) 128° , berat bandul (G) 12,7 kg, jarak lengan pengayun (λ) 1,2 m, luas penampang dibawah takikan ($8 \text{ mm} \times 10 \text{ mm} = 80 \text{ mm}^2$).

Tabel 1. Perhitungan kekuatan impact

Spesimen	Joule/mm ²
AL 100%	0,051
	0,051
	0,077
	0,051
	0,051
Rata-rata	0,056
AL:FA 80% : 20%	0,103
	0,103
	0,129
	0,077
	0,103
Rata-rata	0,103
AL:FA 70% : 30%	0,116
	0,116
	0,143
	0,129
	0,116
Rata-rata	0,124
AL:FA 60% : 40%	0,129
	0,129
	0,129
	0,295
	0,129

Rata-rata **0,162**

- Usaha yang dilakukan bandul waktu mematahkan benda uji atau usaha yang diserap benda uji sampai patah:
 $W_1 = G \times \lambda(1 - \cos\alpha)$ (kg m)
- Sisa usaha setelah mematahkan benda uji:
 $W_2 = G \times \lambda(1 - \cos\beta)$ (kg m)
- Besarnya usaha untuk mematahkan benda uji:
 $W = G \times \lambda(\cos\beta - \cos\alpha)$ (kg m)
- Besarnya Harga Impact
 $K = W/A_0$



Gambar 4. Grafik kekuatan Impact

Keterangan :

- A. AL 100%
- B. Paduan AL 80% : FA 20%
- C. Paduan AL 70% : FA 30%
- D. Paduan AL 60% : FA 40%

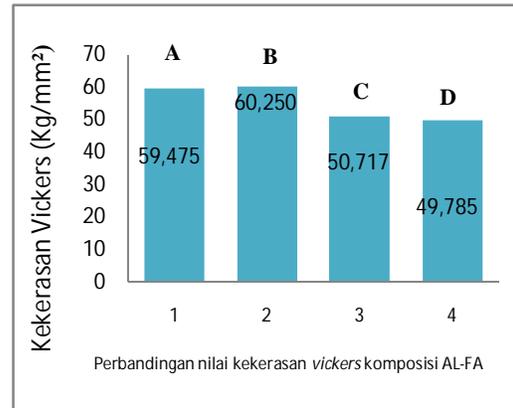
Pada grafik diatas menunjukkan bahwa nilai kekuatan impact dari masing-masing variasi paduan Aluminium-*Fly ash* terdiri dari paduan Al 100%, paduan Al 80% : FA 20%, paduan Al 70% : FA 30%, dan paduan Al 60% : FA 40%, pada pengecoran Al (aluminium)-Fly ash. Dapat di lihat bahwa nilai kekuatan impact pada spesimen dari variasi Aluminium 100% sebesar 0,056J/mm². Spesimen dari variasi Al 80% : FA 20% paduan adalah sebesar 0,103 J/mm². Spesimen dari variasi Al 70% : FA 30% paduan adalah sebesar 0,124 J/mm². Spesimen dari variasi Al 60% : FA 40%

paduan adalah sebesar $0,162 \text{ J/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan nilai kekuatan *impact* terbesar terdapat pada paduan Al 60% : FA 40% pada specimen dengan nilai 0.162 J/mm^2 . Hasil pengujian *impact* aluminium-*fly ash* menunjukkan terjadinya peningkatan energi *impact* yang digunakan untuk mematahkan specimen sesuai peningkatan fraksi berat *fly ash* sebagai penguat. Hal ini disebabkan karena adanya ikatan yang homogen, selain itu unsur atau senyawa yang terkandung didalam *fly ash* tersebut jauh lebih tinggi dibandingkan dengan aluminium kaleng tersebut.

Data hasil pengujian kekerasan *Vickers* beban (P)= 300 gr (0,3kg) didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 2 Nilai kekerasan *Vickers*

Spesimen	HVN/HV (Kg/mm ²)
AL 100%	61,628
	48,129
	68,666
Rata-rata	59,475
AL:FA	62,807
80% : 20%	52,939
	65,005
Rata-rata	60,250
AL:FA	55,620
70% : 30%	38,625
	58,508
Rata-rata	50,917
AL:FA	45,966
60% : 40%	52,939
	50,448
Rata-rata	49,785

Gambar 5. Grafik kekerasan *Vickers*

keterangan :

- A. AL 100%
- B. Paduan AL 80% : FA 20%
- C. Paduan AL 70% : FA 30%
- D. Paduan AL 60% : FA 40%

Pada grafik diatas menunjukkan bahwa nilai kekerasan vickers dari masing-masing variasi paduan Aluminium-*Fly ash* terdiri dari paduan Al 100%, paduan Al 80% : FA 20%, paduan Al 70% : FA 30%, dan paduan Al 60% : FA 40%, pada pengecoran Al (aluminium)-*Fly ash*. Dapat di lihat bahwa nilai kekerasan *vickers* pada specimen dari variasi Aluminium 100% sebesar $59,475 \text{ kg/mm}^2$. Spesimen dari variasi Al 80% : FA 20% paduan adalah sebesar $60,250 \text{ kg/mm}^2$. Spesimen dari variasi Al 70% : FA 30% paduan adalah sebesar $50,717 \text{ kg/mm}^2$. Spesimen dari variasi Al 60% : FA 40% paduan adalah sebesar $49,785 \text{ kg/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan nilai kekuatan *impact* terbesar terdapat pada paduan Al 80% : FA 20% pada specimen dengan nilai $60,250 \text{ kg/mm}^2$.

Hasil pengujian kekerasan *vickers* Aluminium-*fly ash* menunjukkan perbedaan tingkat kekerasan yangberfariatif, ini dapat terlihat pada tingkat kekerasan Al-FA terendah berada pada specimen dengan variasai Al 60% : FA 40% yakni sebesar $49,785 \text{ kg/mm}^2$ dan tingkat kekerasan Al-

FA tertinggi berada pada spesimen dengan variasi Al 80% : FA 20% paduan yakni sebesar 60,250 kg/mm². Perbedaan tingkat kekerasan yang berfariatif menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan dari *fly ash* menyebabkan penetrasi indentor terhadap spesimen tertahan karena adanya penguat. Sifat kekerasan Al-Fa yang dihasilkan pada umumnya merupakan fungsi dari kekuatan ikatan logam dimana unsur silika, alumina, dan fero oksida yang cukup tinggi didalam *fly ash*.

Hall-petch merumuskan bahwa angka kekerasan logam berbanding terbalik dengan akar kuadrat besar puntir, artinya semakin kecil ukuran butir yang ada pada suatu logam akan mempunyai area batas puntir per-unit volume dari logam semakin besar pula, maka kekerasannya cenderung meningkat atau dengan kata lain kekuatan bahan tersebut akan meningkat pula. Butir-butir yang membesar menyebabkan terjadinya dislokasi maupun peningkatan jumlah porositas. Deformasi yang terjadi berhubungan dengan keterlibatan adanya dislokasi pada butir. Besarnya butiran struktur mikro pada logam akan mempermudah pergerakan dislokasi dan pada akhirnya menurunkan kekerasan.

Kekerasan dari suatu bahan berbanding terbalik dengan kekuatan tarik Karena pengertian dari kekerasan dan kekuatan tarik berbeda. Kekerasan adalah ketahanan material terhadap deformasi local (permukaan), sementara kekuatan tarik adalah ketahanan material terhadap deformasi plastis yang terjadi diseluruh permukaan material (global). Sehingga jika suatu bagian dari material memiliki kekuatan yang baik, maka material tersebut semakin ulet sehingga memiliki sifat yang semakin lunak dan tidak getas, Sementara itu sifat dari material yang memiliki kekerasan mempunyai sifat getas dan cenderung tidak lunak atau ulet. Karena itu,

semakin ulet material maka akan semakin kuat pula material tersebut serta semakin tidak memiliki sifat kekerasan.

Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini bahwa nilai kekerasan *vickers* Aluminium-*fly ash* menunjukkan perbedaan tingkat kekerasan yang berfariatif, ini dapat terlihat pada tingkat kekerasan Al-FA terendah berada pada spesimen dengan variasi Al 60% : FA 40% yakni sebesar 49,785 kg/mm² dan tingkat kekerasan Al-FA tertinggi berada pada spesimen dengan variasi Al 80% : FA 20% paduan yakni sebesar 60,250 kg/mm². Nilai kekuatan *impact* tertinggi berada pada Spesimen dengan variasi Al 60% : FA 40% paduan adalah sebesar 0,162 J/mm² dan nilai kekuatan *impact* terendah berada pada spesimen dari variasi Aluminium 100% sebesar 0,056 J/mm², yang berbanding terbalik dengan nilai kekerasannya. Dari hasil pengujian mekanis menunjukkan bahwa Aluminium-*fly ash* yang dihasilkan berupa ringan, kuat dan keras.

Daftar Pustaka

- _____*ASM Handbook vol 3, 2010*), Karakteristik Aluminium.
- _____*ASM Handbook vol 3, 2010*) Klasifikasi aluminium (www.novelis.com, 2007). Komposisi kimia kaleng minuman aluminium
- Akrom.M. 2010. *Pembuatan Mmc Berbasis Teknologi Metalurgi Serbuk dengan Bahan Baku Aluminium Dari Limbah Kaleng Minuman dan Aditif Abu Sekam Padi*, Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia 6, (UNNES).
- Callister, W.D., 2001, *Materials Science and Engineering*, 7th ed., John Wiley and Sons, USA.

Hadi.Q. 2013, *Pengaruh Variasi Fraksi Volume Abu Terbang (Fly Ash) sebagai Penguat Al 6061 Matrix Composite terhadap Sifat Mekanik dan Fisik Metal Matrix Composite Al 6061-Fly Ash*, Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) ke-9, Universitas Sriwijaya

Irawan.R. 2013, *Pengaruh Temperatur Tuang Terhadap Distribusi Serbuk Fly Ash Pada Komposit Al-Cu Diperkuat Serbuk Fly Ash*, UNDIP

Mulyadi,s, 2011, *Karakterisasi Sifat Mekanis Kaleng Minuman (Larutan Lasegar, Pocari Sweat dan Coca Cola)*, jurnal ilmu fisika (JIF), Vol 3 No 2, Universitas Andalas Kampus Limau Manis Padang

Nasrul Umam, 2015, *Analisis Uji Impact Pada Baja ST 60 dengan Variasi Ketebalan Lapisan Karbon Fiber Untuk Aplikasi Kerangka Mobil Listrik*, (UNNES)

Solechan, 2010, *Studi Pembuatan Prototipe Material Piston Menggunakan Limbah Piston Bekas dan ADC 12 yang Diperkuat dengan Insert ST 60 dan Besi Cor*.

Subamorno, Dkk, 2011, *Pemanfaatan Limbah Abu Terbang Sebagai Penguat Akuminium Metal Matrix Composite Dibuat dengan Cara Metalurgi Serbuk*, Jurnal Manusiaan dan Lingkungan, Vol. 18, No 2, Universitas Gajah Mada (UGM).