

# PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK SILIKA PADA MATRIK ALUMINIUM TERHADAP *FRACTURE TUUGHNESS*

Oleh :

Hendriwan Fahmi<sup>1</sup> dan Angga Prima Syokti<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dosen Jurusan Teknik Mesin, <sup>2</sup> Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Padang  
Email : hendriwan.basyaruddin@gmail.com

---

## Abstract

*Fracture toughness is one of the process to determine the resistance of a material to the loading and distributing crack on the specimen. Testing was conducted at the Laboratory Padang Institute of Technology, which this process can be done in several stages - stages that have been planned based on the work steps as follows: aluminum smelting process, followed by the screening process so as to get the size of 200 mesh powder, then the process burning rice husks, followed by filtration to become the size of 200 mesh which is also known as silica powder. From the above steps followed by a mixing process which is used as a means of stirring the materials we create. By using three temperature is 420 ° C, 480 ° C, 540 ° C by using some variation of the volume of 100% aluminum, 90% of the volume of aluminum silica + 10% volume, 80% by volume of aluminum silica + 20% volume, 70% by volume of aluminum + 30% of the volume of silica, 60% by volume of aluminum silica + 40% volume, the added alcohol content of 5% to 70%, then after we did the mixing, then we go with the process of compacting the printing process specimen with a predetermined size and with pressure of 140 MPa, of some of the process then we do the sintering process by using a furnace with a temperature of 420 ° C, 480 ° C, 540 ° C, and then we go to the last process that Fracture toughness testing to determine toughness. So from this test found the best composition is the composition of 80% by volume of aluminum silica + 20% volume with the lowest temperature of 420 ° C and is a composition of 60% by volume of aluminum silica + 40% volume with temperature 480 ° C. of the above results, we can see that the price K1C dependent on energy absorption in the event of breach of the specimen.*

**Keywords:** *Fracture toughness, Aluminium, silica, Composition and Process Testing.*

---

## PENDAHULUAN

Komposit merupakan gambaran besar dalam perkembangan ilmu material teknik dewasa ini, bahan ini tampaknya mulai bisa menggantikan peranan bahan logam ataupun non logam. Tergantung kepada hasil riset penelitian yang dilakukan, bukan tidak mungkin bahan logam yang keras sekalipun dapat tergantikan fungsinya dengan kehadiran komposit.

Telah banyak kita melihat bahwa dunia industri secara tidak langsung banyak sekali memberikan tuntutan terhadap penemuan jenis-jenis material baru yang memiliki sifat-sifat yang lebih unggul, seperti dalam sifat mekanik, kimia ataupun sifat teknologinya.

Komposit merupakan gabungan dari dua atau lebih komponen makro atau mikro dalam bentuk dua komposisi kimianya yang pada dasarnya tidak saling melarutkan. Kekuatan dari komposit sangat dipengaruhi oleh jenis pengikat (matrik) dan jenis

partikel atau jenis serat secara proses pembentukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan silika terhadap fracture toughness terhadap matrik aluminium dengan batasan antara lain bahan yang digunakan Serbuk Aluminium paduan dengan ukuran partikel serbuk AL yang digunakan 75 µm, dan serbuk silika dari abu sekam padi yang digunakan dengan ukuran partikel serbuk 75 µm. Komposisi komposit 100 % vol Al, 90 % vol Al + 10 % vol SiO<sub>2</sub>, 80% vol Al + 20 % vol Silika, 70% vol Al + 30 % vol Silika, 60% volume Al + 40 % vol Silika. Tekanan kompaksi yang di berikan sebesar 140 Mpa. Temperatur sinter diasumsi untuk bahan matrik 420°C, 480°C, 540°C. Pengujian yang dilakukan adalah Fracture Toughness dengan Metode K1c.

Komposit terdiri dari suatu bahan utama (matrik-matrix) dan suatu jenis penguatan (*reinforcement*) yang ditambahkan untuk meningkatkan kekuatan dan kekakuan matrik. Penguatan ini biasanya dalam bentuk serat (fiber). Komposit merupakan

teknologi rekayasa material yang banyak dikembangkan dewasa ini karena material komposit mampu menggabungkan beberapa sifat material yang berbeda karakteristiknya menjadi sifat yang baru dan sesuai dengan disain yang direncanakan.

Tujuan dari dibentuknya komposit adalah:

1. Memperbaiki sifat mekanik dan/atau sifat spesifik tertentu
2. Mempermudah design yang sulit pada manufaktur
3. Keleluasaan dalam bentuk/design yang dapat menghemat biaya
4. Menjadikan bahan lebih ringan

Komposit Matrik Logam (Metal Matrix Composites – MMC)

Metal Matrix composites adalah salah satu jenis komposit yang memiliki matrik logam. Material MMC mulai dikembangkan sejak tahun 1996. Pada mulanya yang diteliti adalah Continous Filamen MMC yang digunakan dalam aplikasi aerospace.

Kelebihan MMC antara lain :

1. Transfer tegangan dan regangan yang baik.
2. Ketahanan terhadap temperature tinggi
3. Tidak menyerap kelembapan.
4. Tidak mudah terbakar.
5. Kekuatan tekan dan geser yang baik.
6. Ketahanan aus dan muai termal yang lebih baik

Kekurangan MMC :

1. Biayanya mahal
2. Standarisasi material dan proses yang sedikit

Matrik pada MMC :

1. Mempunyai keuletan yang tinggi
2. Mempunyai titik lebur yang rendah
3. Mempunyai densitas yang rendah

Proses pembuatan MMC :

1. Powder metallurgy
2. Casting/liquid infiltration
3. Compcasting
4. Squeeze casting

Komposit Matrik Polimer (Polymer Matrix Composites – PMC)

Komposit ini bersifat :

1. Biaya pembuatan lebih rendah
2. Dapat dibuat dengan produksi massal
3. Ketangguhan baik
4. Tahan simpan
5. Siklus pabrikasi dapat dipersingkat
6. Kemampuan mengikuti bentuk

7. Lebih ringan

Keuntungan dari PMC :

1. Ringan
2. Specific Stiffness tinggi
3. Anisotropy

Komposit Matrik Keramik (Ceramic Matrix Composites – CMC)

CMC merupakan material 2 fasa dengan 1 fasa berfungsi sebagai *reinforcement* dan 1 fasa sebagai matriks, dimana matriksnya terbuat dari keramik. *Reinforcement* yang umum digunakan pada CMC adalah oksida, carbide, dan nitrid. Salah satu proses pembuatan dari CMC yaitu dengan proses DIMOX, yaitu proses pembentukan komposit dengan reaksi oksidasi leburan logam untuk pertumbuhan matriks keramik disekeliling daerah filler (penguat).

Keuntungan dari CMC :

1. Dimensinya stanil bahkan lebih stabil daripada logam
2. Sangat tangguh, bahkan hampir sama dengan ketangguhan dari cast iron
3. Mempunyai karakteristik permukaan yang tahan aus
4. Unsur kimianya stabil pada temperature tinggi
5. Tahan pada temperatur tinggi (creep)
6. Kekuatan & ketangguhan tinggi, dan ketahanan korosi

Kerugian dari CMC

1. Sulit untuk diproduksi dalam jumlah besar
2. Relative mahal dan non-co effective
3. Hanya untuk aplikasi tertentu

### Fracture Toughness

Untuk mengetahui ketangguhan dari segi keretakan material dengan metoda  $K_{Ic}$  atau ketangguhan retak. Dengan standar pengujian JIS R 1601 (Somiya, 1997 ).

Metoda pengukuran ketangguhan retak yang dikembangkan ada 3 jenis permabatan retak sebagai berikut ( Borsoum, 1997 ):



Metode I

metode II

metode III

Gambar 1 . Mekanisme perambatan retak

- (I) Opening mode, or mode I, characterized by  $K_{Ic}$
- (II) Sliding mode, or mode II, characterized by  $K_{IIc}$

(III) Tearing mode, or mode III, characterized by KIIC

Model perambatan retak yang digunakan adalah model I atau K<sub>1c</sub> dengan uji ketangguhan pada benda uji yang berbentuk balok diberikan takikan tunggal sebagai retak awal dengan sudut 45° dapat ditentukan dengan persamaan :

$$K_{1c} = \frac{3\sqrt{C(S_1 - S_2)} \frac{E}{2} F_{fail}}{2BW^2}$$

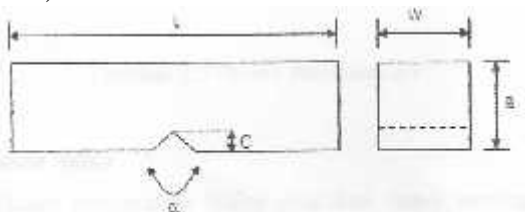
## METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah eksperimental, yaitu hasil penelitian yang diperoleh melalui percobaan yang dilaksanakan di laboratorium material Institut Teknologi Padang (ITP) dan pengujian relative density di ITP.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Serbuk *Aluminum* Yang dibuat dengan menggunakan metode Atomisasi air. Serbuk *Silika* berasal dari abu sekam padi.

Spesimen yang akan diuji berbentuk balok untuk jenis pengujian yaitu uji *K1c* dengan bentuk dan ukuran sebagai berikut:

Balok ( L = 50 mm, B = 9 mm, W = 8 mm, = 45°)



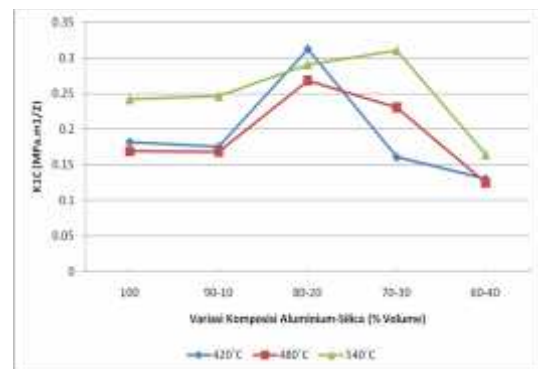
Gambar 2. Bentuk dan Ukuran Spesimen

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengujian Fracture Toughness (K<sub>1c</sub>)

Pengujian Fracture Toughness (K<sub>1c</sub>) dilakukan dengan metode Four Point Bending, di Labor Teknik Mesin ITP. Dengan specimen uji berbentuk balok yang diberi retak awal berupa takikan 45° C, dan tinggi takikan 4 mm. Hasil pengujian K<sub>1c</sub> dapat dilihat pada table lampiran.

Peningkatan harga ketangguhan retak dengan temperature yang berbeda dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Grafik hubungan K<sub>1c</sub> ( MPa.m<sup>1/2</sup> ) dengan komposisi bervariasi pada suhu 420° C, 480° C, 540° C.

Pada Komposisi 100% di temperatur 420° C Ketangguhan retak tertinggi adalah 0.21 MPa.m<sup>1/2</sup> dan terendah pada 0.161 MPa.m<sup>1/2</sup>. Rata ketangguhan retak yang didapat adalah 0.18 MPa.m<sup>1/2</sup>. Pada komposisi ini terlihat pembelokan retak yang begitu besar sewaktu diberi beban. Pada Komposisi 100% di temperatur 480° C Ketangguhan retak tertinggi adalah 0.17 MPa.m<sup>1/2</sup> dan terendah pada 0.16 MPa.m<sup>1/2</sup>. Rata ketangguhan retak yang didapat adalah 0.161 MPa.m<sup>1/2</sup>. Pada Komposisi 100% di temperatur 540° C Ketangguhan retak tertinggi adalah 0.27 MPa.m<sup>1/2</sup> dan terendah pada 0.22 MPa.m<sup>1/2</sup>. Rata ketangguhan retak yang didapat adalah 0.24 MPa.m<sup>1/2</sup>. komposisi ini terlihat pembelokan retak yang besar sewaktu diberikan beban.

Pada Komposisi 90-10% di temperatur 420° C Ketangguhan retak tertinggi adalah 0.18 MPa.m<sup>1/2</sup> dan terendah pada 0.14 MPa.m<sup>1/2</sup>. Rata ketangguhan retak yang didapat adalah 0.17 MPa.m<sup>1/2</sup>. Pada komposisi ini terlihat pembelokan retak yang begitu besar sewaktu diberi beban. Pada Komposisi 90-10% di temperatur 480° C Ketangguhan retak tertinggi adalah 0.18 MPa.m<sup>1/2</sup> dan terendah pada 0.15 MPa.m<sup>1/2</sup>. Rata ketangguhan retak yang didapat adalah 0.16 MPa.m<sup>1/2</sup>. Pada Komposisi 90-10% di temperatur 540° C Ketangguhan retak tertinggi adalah 0.32 MPa.m<sup>1/2</sup> dan terendah pada 0.20 MPa.m<sup>1/2</sup>. Rata ketangguhan retak yang didapat adalah 0.24 MPa.m<sup>1/2</sup>. Komposisi ini terlihat pembelokan retak yang hampir sama dengan komposisi 100 %.

Pada Komposisi 80-20% di temperatur 420° C Ketangguhan retak tertinggi adalah 0.34 MPa.m<sup>1/2</sup>

dan terendah pada  $0.25 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ . Rata ketangguhan retak yang didapat adalah  $0.31 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ . Pada komposisi ini terlihat pembelokan retak yang begitu besar sewaktu diberi beban. Pada Komposisi 80-20% di temperatur  $480^\circ \text{ C}$  Ketangguhan retak tertinggi adalah  $0.30 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$  dan terendah pada  $0.24 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ . Rata ketangguhan retak yang didapat adalah  $0.26 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ . Pada Komposisi 80-20% di temperatur  $540^\circ \text{ C}$  Ketangguhan retak tertinggi adalah  $0.21 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$  dan terendah pada  $0.39 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ . Rata ketangguhan retak yang didapat adalah  $0.29 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ . komposisi ini terlihat pembelokan retak yang begitu besar.

Pada Komposisi 70-30% di temperatur  $420^\circ \text{ C}$  Ketangguhan retak tertinggi adalah  $0.23 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$  dan terendah pada  $0.15 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ . Rata ketangguhan retak yang didapat adalah  $0.16 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ . Pada komposisi ini terlihat pembelokan retak yang begitu besar sewaktu diberi beban.

Pada Komposisi 70-30% di temperatur  $480^\circ \text{ C}$  Ketangguhan retak tertinggi adalah  $0.27 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$  dan terendah pada  $0.18 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ . Rata ketangguhan retak yang didapat adalah  $0.23 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ . Pada Komposisi 70-30% di temperatur  $540^\circ \text{ C}$  Ketangguhan retak tertinggi adalah  $0.35 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$  dan terendah pada  $0.28 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ . Rata ketangguhan retak yang didapat adalah  $0.31 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ .

Pada Komposisi 60-40% di temperatur  $420^\circ \text{ C}$  Ketangguhan retak tertinggi adalah  $0.21 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$  dan terendah pada  $0.07 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ . Rata ketangguhan retak yang didapat adalah  $0.13 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ . Pada komposisi ini terlihat pembelokan retak yang begitu besar sewaktu diberi beban. Pada Komposisi 60-40% di temperatur  $480^\circ \text{ C}$  Ketangguhan retak tertinggi adalah  $0.13 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$  dan terendah pada  $0.10 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ . Rata ketangguhan retak yang didapat adalah  $0.12 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ . Pada Komposisi 60-40% di temperatur  $540^\circ \text{ C}$  Ketangguhan retak tertinggi adalah  $0.19 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$  dan terendah pada  $0.14 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ . Rata ketangguhan retak yang didapat adalah  $0.16 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ . Pada komposisi ini menimbulkan pembelokan retak yang tidak begitu besar sewaktu diberi beban.

Dari semua komposisi yang telah kita hitung dan rata-ratakan, maka dapat kita simpulkan bahwa komposisi 80-20% dengan temperature  $420^\circ \text{ C}$  adalah mempunyai nilai optimal terbaik dengan  $K1c$  rata-rata adalah  $0.312 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ . Hal ini

disebabkan adanya pembelokan retak yang cukup besar sehingga dapat menyerap energy perambatan retak dan meningkatkan Fracture Toughness. Dan komposisi 60-40 dengan temperature  $480^\circ \text{ C}$  mempunyai nilai terendah dengan  $K1c$  rata-rata adalah  $0.124 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ . Hal ini disebabkan karena penambahan silica sebesar 40 % sangat besar pengaruhnya dalam sifat mekanik bahan pada saat proses sintering dilakukan. Dan hal inilah yang menyebabkan terjadinya penurunan nilai  $K1c$ .

Dari hasil pengujian diatas, kita dapatkan beberapa hasil semakin bertambahnya silica, maka hasil Fracture Toughnessnya akan semakin menurun. dan terhadap suhu sintering, kalau kita lihat dari pembahasan diatas apabila suhu sintering diturunkan maka nilai  $K1c$  akan lebih tinggi. Sebab melting point aluminium adalah  $900^\circ \text{ c}$ .

## KESIMPULAN

1. Kekuatan Fracture Toughness tertinggi terdapat pada komposisi C dengan variasi 80-20 % dengan temperatur  $420^\circ \text{ C}$  dengan kekuatan Fracture Toughness  $0.312 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ .
2. Semakin banyak penambahan silica pada aluminium, maka nilai Fracture Toughnessnya akan semakin menurun.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ambar. 1997. “ *Pengetahuan keramik*”. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press
- [2] ASTM, Metals, Physical, *Mechanical and Coor Testing*, ASTM, 1991
- [3] B.J.M Beumer Ing. 1994. *Ilmu Bahan Logam*. Jilid I. Bhatara. Jakarta
- [4] Jamarun N, dkk. 2002 “ *Pengaruh katalis pada pembentukan material silica zirkonia melalui proses sol-gel* “. Jurnal Kimia Andalas Vol.8 No.2.
- [5] R.E. Smallman. R.J. Bishop. *Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material*. Edisi Keenam. Erlangga
- [6] W.O. Alexander, G.J. Davies, S. Heslop, K.A. Reynolds, V.N. Whittaker, disunting

oleh E.J. Bradbury. 1990. *Dasar Metalurgi Untuk Rekayasawan*. Gramedia. Jakarta.

- [7] Harsono, Heru. 2002, Pembuatan Silika Amorf dari Limbah Sekam Padi, *Jurnal Ilmu Dasar* Volume.3 No,2.
- [8] Doni, Gusriwandri Putra. 2010, TA “Pengaruh Penambahan Silika RHA Terhadap Kekuatan Bending Komposit Alumina atau Silika “ Padang.
- [9] Feri, Israyadi. 2010, TA “Pengaruh Penambahan serbuk AL Terhadap Fracture Tuoghness Composit (Alumina–Mengandung 15% Berat Silika) ” Padang.