



## SINTESA AWAL KARAKTERISASI MEKANIK KOMPOSIT ALUMINIUM UNTUK APLIKASI PERALATAN MILITER DENGAN METODE CROSS SECTION ACCUMULATIVE ROLL BONDING

Slamet Wiyono<sup>1\*</sup>, M Imansyah<sup>1</sup>, Agus Pramono<sup>2</sup>, A Milandia<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

<sup>2</sup>Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa  
Jalan Jendral Sudirman km 03 Cilegon, Banten, Indonesia 42435

\*Email Penulis: [maswie@untirta.ac.id](mailto:maswie@untirta.ac.id)

### INFORMASI ARTIKEL

Naskah Diterima 27/07/2018  
Naskah Direvisi 12/10/2018  
Naskah Disetujui 20/10/2018  
Naskah Online 26/10/2018

### ABSTRAK

Material untuk kebutuhan perangkat dan peralatan militer merupakan material yang memiliki karakteristik khusus. Karakteristik ini dapat dipenuhi dengan berbagai metode karakterisasi material, salah satunya adalah dengan menggabungkan dua material atau lebih untuk mendapatkan sifat yang lebih unggul yang dikarakterisasi secara mekanik. Penelitian ini membahas karakterisasi material komposit aluminium seri 1xxx sebagai matrik dan alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dalam bentuk *continuous fiber*, *short fiber*, dan partikel sebagai penguatnya (*reinforce*) menggunakan metode *cross section accumulative roll bonding* (C-ARB). Proses C-ARB dilakukan dengan reduksi 50% pada dua arah yaitu arah melintang dan arah tegak lurus bidang serat. Pada tahap awal proses C-ARB dilakukan pada arah melintang, berikutnya sampel yang telah diroll pada arah melintang tersebut, diroll kembali searah bidang serat. Pemilihan bentuk geometri alumina sebagai penguat berpengaruh pada karakteristik material, hal ini dikarenakan bentuk geometri material yang tepat dapat menutup bidang kontak sehingga meminimalisir rongga udara. Alumina serat sangat tepat untuk metode ini, karena saat dilakukan proses pengerolan pada arah melintang, alumina serat dapat bertambah panjang dan pada saat pengerolan searah bidang serat alumina terjadi pelebaran sehingga meminimalisir rongga yang terjadi dan meningkatkan kerapatan. Nilai densitas dan kekerasan material berbanding terbalik dengan nilai porositas, semakin tinggi nilai porositas maka densitas dan kekuatan material semakin menurun.

**Kata kunci:** Alumina, alumina reinforce, c-arb, cross section accumulative roll bonding, komposit aluminium

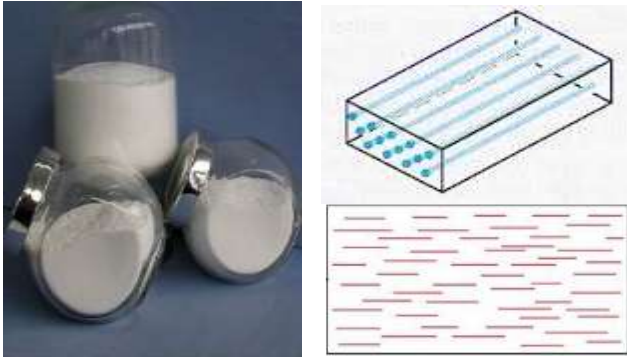
### 1. PENDAHULUAN

Kebutuhan material baru dengan sifat khusus telah memicu berkembangnya teknologi proses untuk memenuhi kebutuhan tersebut, misalnya material khusus untuk bahan baku perangkat dan peralatan militer. Salah satu jenis material yang dikembangkan untuk keperluan tersebut adalah logam komposit yang dikarakterisasi secara mekanik. Logam komposit merupakan material potensial yang dapat digunakan untuk memenuhi permintaan material body tank

dengan sifat lebih baik daripada material yang telah digunakan saat ini.

Secara umum bahan komposit terdiri dari dua macam, yaitu bahan komposit partikel (*particulate composite*) dan bahan komposit serat (*fiber composite*). Dalam struktur komposit, bahan komposit partikel terdiri dari partikel-partikel yang diikat oleh matrik. Bentuk partikel ini dapat bermacam-macam seperti bulat, kubik, tetragonal atau bahkan berbentuk yang tidak beraturan. Sedangkan bahan komposit serat

terdiri dari serat-serat yang diikat oleh matrik (Gambar 1).



Gambar 1. Komposit partikel dan komposit serat

Bahan komposit partikel umumnya digunakan sebagai pengisi dan bahan penguat komposit keramik (*ceramic matrix composites*). Bahan komposit partikel mempunyai keunggulan, seperti ketahanan terhadap aus, tidak muda retak dan mempunyai daya pengikat matrik yang baik.

Sedangkan pada bahan komposit serat terdiri dari serat-serat yang terikat oleh matrik yang saling berhubungan. Bahan komposit serat ini terdiri dari dua macam, yaitu serat panjang (*continuous fiber*) dan serat pendek (*short fiber* atau *whisker*). Penggunaan bahan komposit serat sangat efisien dalam menerima pembebanan. Karena itu bahan komposit serat sangat kuat dan kaku bila dibebani searah serat, sebaliknya sangat lemah bila dibebani dalam arah tegak lurus serat. Bahan komposit serat mempunyai keunggulan yang utama yaitu kuat (*strong*), tangguh (*stiff*), dan lebih tahan terhadap panas pada saat didalam matrik, Schwartz, 1991. Dalam pengembangan teknologi pengolahan serat, membuat serat sekarang semakin diunggulkan. Cara yang ditempuh adalah mengkombinasi serat berkekuatan tarik tinggi dan bermodulus elastisitas tinggi dengan matrik yang bermasa ringan, berkekuatan tarik rendah, serta bermodulus elastisitas rendah semakin banyak dikembangkan untuk memperoleh hasil yang optimal.

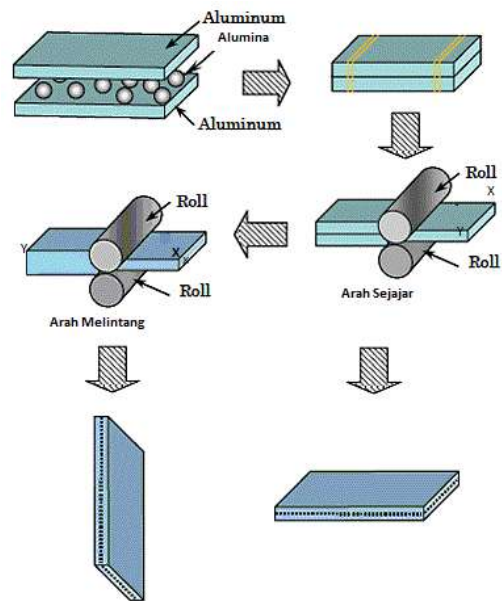
## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Proses karakterisasi komposit dengan metode C-ARB menggabungkan proses *Accumulative Roll Bonding* (ARB) dan proses C-ARB. Proses C-ARB digunakan sebagai metode yang efektif untuk memperbaiki struktur mikro dan perbaikan sifat mekanik produk. Penelitian ini dilakukan terhadap beberapa sampel uji yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Identitas Sampel Uji

No	Sampel Uji	Simbolisasi Sampel
1	Aluminium seri 1xxx + Fiber sebagai penguat	C1
2	Aluminium seri 1xxx + Serbuk Alumina sebagai penguat	C2
3	Aluminium seri 1xxx + Serat Alumina sebagai penguat	C3

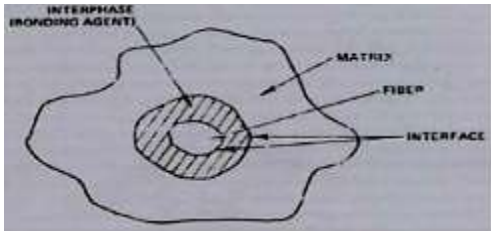
Aluminium paduan seri 1xxx dipilih sebagai matrik dan alumina sebagai bahan penguat. Dua lempeng aluminium paduan seri 1xxx ditangkupkan dan diantara kedua lempeng disisipkan alumina. Ujung-ujung dari tangkupan kedua lempeng aluminium paduan diikat untuk mempertahankan posisi lempeng tidak berubah pada saat awal proses C-ARB. Proses C-ARB dilakukan dengan reduksi sebesar 50% yang dilakukan dalam dua arah yaitu arah melintang dan arah tegak lurus bidang serat. Pada tahap awal, proses C-ARB dilakukan dengan pengerollan melintang, berikutnya sampel yang telah diroll searah melintang, diroll kembali dengan searah serat. Ilustrasi skematik dari proses C-ARB ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Ilustrasi Proses C-ARB

Proses C-ARB berfokus pada tebal dan tipisnya batas interface yang terbentuk, dimana tebal dan tipisnya interface yang terbentuk menyatakan baik atau tidaknya persatuan antara penguat dengan matriknya. Interface merupakan daerah dengan ketebalan hanya beberapa mikron dan pada daerah ini terjadi perubahan sifat dari matrik ke penguat. Pengertian klasik dari interface yaitu permukaan yang terbentuk diantara matrik dan penguat dengan membuat suatu ikatan antara secara mekanis.

Interface dari komposit sangat mempengaruhi karakteristik komposit, karena interface berpengaruh terhadap proses transfer beban antara matrik dan penguat. Interface yang kuat memberikan kekuatan yang tinggi begitu juga sebaliknya. Sifat-sifat seperti ketahanan creep, kekuatan fatik dan ketahanan korosi juga dipengaruhi oleh interface-nya. Skematik interface matrik dengan penguat diilustrasikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Skematik interface matrik dengan penguat

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Instalasi Penelitian

Data hasil uji densitas dan porositas produk C-ARB terhadap sampel uji disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data uji densitas bidang kontak

No	Sampel Uji	Densitas (gr/cm <sup>3</sup> )	Porositas (%)
1	C1	2.803	0.059
2	C2	2.730	0.086
3	C3	2.924	0.031

Tabel 2 memperlihatkan data hasil uji densitas dan porositas produk C-ARB berkisar antara 2.730 - 2.924 gr/cm<sup>3</sup>. Sedangkan densitas material aluminium adalah 2.7gr/cm<sup>3</sup>. Faktor yang menyebabkan peningkatan densitas adalah perubahan bentuk butir akibat pengerollan, dari bulat menjadi pipih dan jenis geometri bahan penguatnya.

Densitas terendah terjadi pada sampel C2 yang merupakan sampel dengan penguat alumina berbentuk serbuk. Alumina serbuk ini lebih renggang dan terisi ruang oleh udara, sehingga menurunkan nilai densitas pada bidang kontak dan diikuti oleh tingginya porositas, 0.086%. Pada sampel C3 yang merupakan sampel dengan penguat alumina berbentuk serat memiliki nilai densitas yang tertinggi disebabkan oleh kerapatan bidang kontak, hal ini karena saat proses pengerollan pertama arah melintang bidang kontak alumina serat memanjang, dan saat proses pengerollan kedua, arah sejajar bidang kontak melebar. Hal ini dapat meminimalisir porositas dan hasil uji didapat nilai porositas pada bidang kontak 0.031% dan memiliki nilai kerapatan tertinggi sehingga densitas meningkat. Sedangkan sampel C1 memiliki nilai densitas sebesar 2.803 gr/cm<sup>3</sup>, hal ini dimungkinkan karena bidang kontak aluminium penguat alumina fiber ada perenggangan saat pengerollan. Akibat pengerollan melintang alumina mengalami pemanjangan yang menyebabkan perluasan bidang kontak, sedangkan pada saat proses roll arah sejajar, alumina melebar dan terjadi perpotongan alumina tersebut, hal inilah yang menyebabkan kerapatan dan menurunkan nilai densitas. Data ini masih relevan dengan dengan teori yang menyatakan bahwa semakin rendah densitas suatu material maka makin tinggi porositasnya.

3.2 Uji Porositas

Data hasil uji kekerasan proses C-ARB terhadap sampel uji disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Uji kekerasan pada bidang kontak (interface)

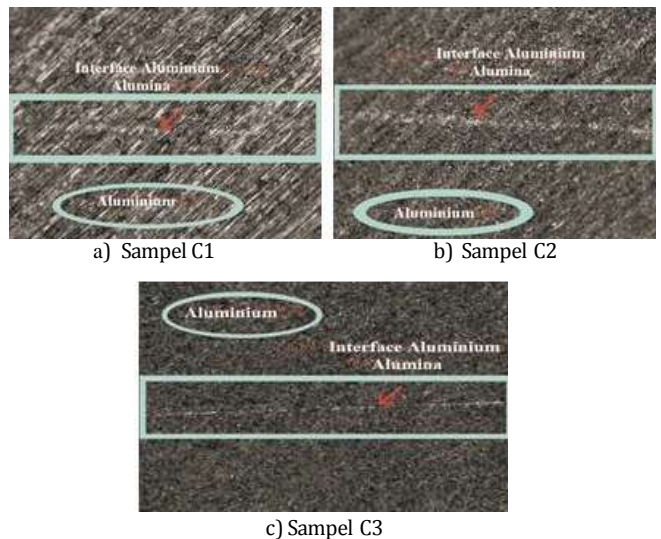
No	Sampel Uji	Kekerasan, VHN
1	C1	38.62
2	C2	36.98
3	C3	39.86

Tabel 3 memperlihatkan bahwa pada sampel penguat alumina fiber memiliki tingkat kekerasan sebesar 38.62 VHN, sampel penguat alumina serbuk memiliki tingkat kekerasan yang lebih rendah yakni 36.98 VHN dan sampel hasil penguat alumina serat dengan metode roll sandwich material memiliki tingkat kekerasan yang tinggi sebesar 39.86 VHN.

Jika reduksi ditingkatkan maka kepadatan material meningkat, sehingga nilai densitas naik. Nilai densitas sebanding dengan nilai kekerasannya. Peningkatan densitas ini mempengaruhi nilai kekerasan dari material komposit yang terbentuk dan sangat berpengaruh terhadap kekuatan material, hal ini dikarenakan ketika material diberi reduksi dapat merubah dimensi ketebalan menjadi lebih tipis dari ketebalan awal ditambah dengan terdifusinya material dapat meningkatkan kekuatan material komposit aluminium penguat alumina. Disamping proses pengerollan, pemilihan bentuk alumina juga berpengaruh penting dalam pertambahan kekuatan material karena ketika alumina dapat merapatkan bidang kontak makan rongga udara menurun dan kerapatan material meningkat.

3.3 Uji Metalografi

Dari hasil pengujian struktur mikro ini dapat dianalisis perekatan dua material sehingga terbentuknya bidang kontak antara matrik dan reinforce. Untuk melihat morfologi yang terjadi pada sampel diperlukan uji struktur mikro. Adapun hasil morfologi struktur mikro dapat dilihat pada Gambar 4.



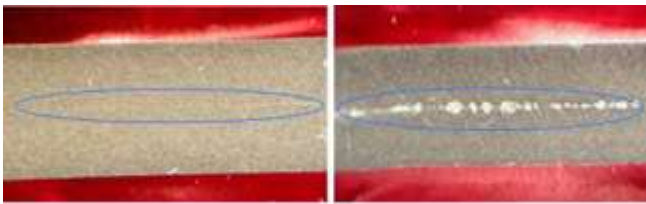
Gambar 4. Uji metalografi pada bidang kontak (interface), pembesaran 200x

Uji struktur mikro pada material komposit hasil karakterisasi mekanik dengan metode C-ARB untuk mengetahui morfologi bidang kontak (interface) yang terjadi antara matrik Al terhadap penguat Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

dengan perbesaran 200x. Perbesaran ini dilakukan untuk mengetahui batas interface yang terbentuk pada material. Batas interface adalah batas daerah atau zona dua material aluminium yang diantara kedua material tersebut terdapat penguat alumina.

Pada sampel C1 (material komposit Al 1xxx berpenguat alumina fiber) terlihat adanya penurunan besar rongga udara. Porositas pada material lebih kecil serta kekuatan material C1 meningkat. Dengan semakin menipisnya batas interface antara dua material membuktikan pengaruh dari bentuk geometri alumina yang digunakan sebagai penguat.

Pada sampel C2 (material komposit Al 1xxx berpenguat alumina serbuk) terlihat jelas batas interface antara dua material serta mulai terlihat rongga udara yang terjadi. Porositas adalah ruang kosong berisi udara yang disebabkan bentuk alumina yang digunakan. Ketika material tersebut dilakukan proses pengerollan, alumina serbuk tidak memperluas bidang kontak sehingga timbulnya rongga udara. Pada sampel C3 (material komposit Al 1xxx berpenguat alumina serat) terlihat interface yang baik, hal ini dibuktikan bidang kontak interface material aluminium dengan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> terlihat lebih tipis. Gambar 5 menunjukkan bahwa material C3 terlihat adanya penipisan porositas. Dengan melakukan proses pengerollan C-ARB dapat meminimalisir rongga udara dan meningkatkan kekuatan material.



a) Batas interface sampel C3      b) Batas interface sampel C2

**Gambar 5.** Batas interface Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> hasil proses C-ARB, perbesaran 50x

Dari hasil pengamatan, aluminium komposit berpenguat alumina serat memiliki porositas yang lebih rendah dan batas interface antara dua material menipis, hal ini menunjukkan bahwa bentuk geometri alumina yang digunakan berperan penting dalam peningkatan sifat mekanik material komposit.

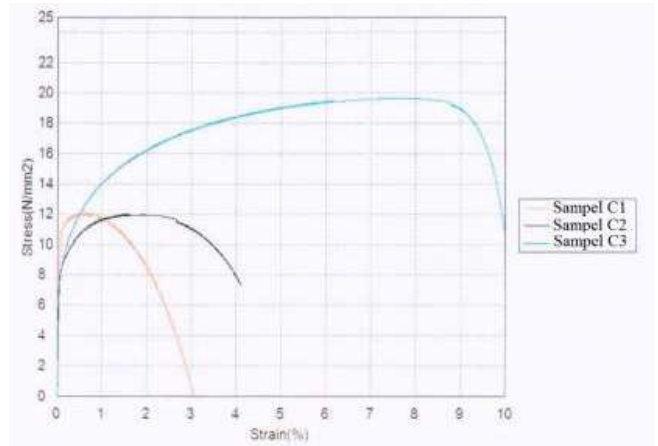
**3.4 Uji Tarik**

Tabel 4 dan Gambar 6 memperlihatkan karakteristik dari ketiga sampel uji. Kuat tarik dan elongasi aluminium komposit berpenguat alumina serat (sampel C3) menunjukkan sifat yang lebih baik dibanding dua sampel lainnya yang berpenguat alumina serbuk (sampel C2) dan berpenguat alumina fiber (sampel C1). Sampel C3 memperlihatkan sifat kekuatan dan keuletan yang lebih baik. Sedangkan sampel C1 dan C2 cenderung memiliki sifat keras dan getas.

Tabel 4. Uji kekerasan pada bidang kontak

No	Sampel Uji	UTS (N/mm <sup>2</sup> )	Yield (N/mm <sup>2</sup> )	Elongasi (%)
----	------------	--------------------------	----------------------------	--------------

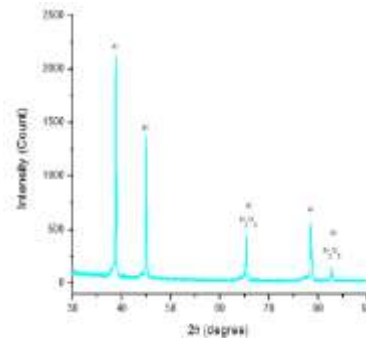
1	C1	12.0626	10.8760	1.942
2	C2	11.9939	9.2370	4.009
3	C3	19.6623	13.5370	9.917



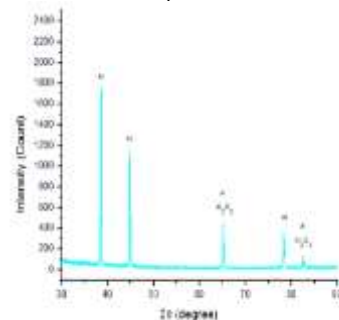
**Gambar 6.** Grafik uji tarik

**3.4 Uji XRD**

Uji XRD dimaksudkan untuk mengetahui unsur yang terkandung pada interface aluminium komposit berpenguat alumina. Grafik uji XRD disajikan pada Gambar 7. Dari hasil analisa XRD, puncak-puncak dari grafik menunjukkan dominasi matrik Aluminium seri 1xxx, 99–99.9% sedangkan unsur alumina sebagai penguat hanya berkisar 0.1–1%.

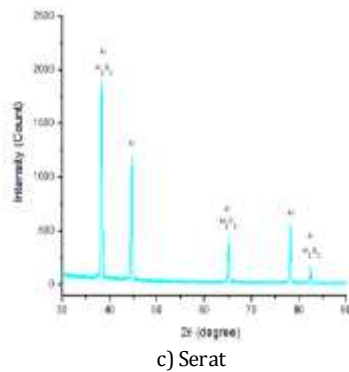


a) Fiber



b) Serbuk





**Gambar 7.** Grafik uji XRD

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan data studi eksperimen di atas, studi awal karakterisasi material komposit untuk kebutuhan perangkat dan peralatan militer secara teknis dapat dipenuhi melalui proses C-ARB. Bentuk geometri dan jenis bahan penguat berperan penting dalam menghasilkan karakteristik material. Pada proses karakterisasi material komposit aluminium seri 1xxxx menggunakan metode C-ARB, jenis material penguat yang cocok adalah alumina, sedangkan bentuk geometri alumina yang baik adalah berbentuk serat.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Su, L., Lu, C., Mcneice, T. & Tieu, A. K., 2010. Effect of nano-sized particles on bond strength in accumulative roll bonding. 3rd International Conference on Nanoscience and Nanotechnology, ICONN 2010, pp. 140-142.
- Ana Alil, et. al., 2014. Influence of an accumulative roll bonding (ARB) process on the properties of AA5083 Al-Mg alloy Sheets. Metallurgy Material Engineering, Vol 20, pp. 285-295.
- Ming-Che Chen, et. al., 2007. Diffusion and formation of intermetallic compounds during accumulative roll-bonding of Al/Mg alloys. Materials Transactions, Vol. 48, pp. 2595-2598.
- A. Rezaee-Bazzaz, S. Ahmadian, H. Reihani, 2011. Modeling of microstructure and mechanical behavior of ultra fine grained. Elsevier, Materials and Design 32, pp. 4580-4585.
- Lihong Su, et., al., 2013. Microstructure and mechanical properties of 1050/6061 laminated composite processed by accumulative roll bonding aluminum produced by accumulative roll-bonding. Advance Material Science, Vol 33, pp.33-37.
- Kamali A, M. Reza, 2014. Cross accumulative roll bonding - a novel mechanical technique for significant improvement of stir-cast Al/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanocomposite properties. Iran.
- Osmano S. V., Vanya M. D. P., Carlos R. P, José R.S., 2012. Exhaust emissions from a diesel power generator fuelled by waste cooking oil biodiesel. Science of the Total Environment, Vol 431, pp. 57-61.
- Parvaneh Z., Ali A.Z., Barat G., 2017. Comparative assessment of performance and emission characteristics of castor, coconut and waste cooking based biodiesel as fuel in a diesel engine, Vol. 139, 883-894.