

PENGARUH PENAMBAHAN ANDESIT PADA ALUMINIUM MATRIX COMPOSITE TERHADAP KEKERASAN

Budi Santoso¹, Wahyono Suprpto², Yudy Surya Irawan³.

¹Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang

E-mail: *1budisantoso@student.ub.ac.id, 2wahyos@ub.ac.id, 3yudysir@ub.ac.id

ARTICLE INFO

Article history:

Submitted:
June 30, 2024

Accepted:
July 18, 2024

Published:
July 31, 2024

ABSTRACT

This study discusses the development of Aluminium Matrix Composites (AMC) with Al-Zn as the matrix and Andesite as the reinforcement, aiming to improve the material's hardness and reduce its density. The results indicate that the addition of andesite to AMC with a variation of Al-Zn-7.5% Andesite achieved a maximum hardness of 96.0 HRB. The testing results for the production of Andesite-reinforced AMC show an increase in material porosity from 0.0023% at the composition of Al-Zn-0% Andesite to 0.0068% at Al-Zn-7.5% Andesite, as previously calculated through True Density measurements conducted in this research. The significant role of zinc (Zn) in enhancing the interaction between the aluminium matrix and andesite particles contributes to the improvement of the mechanical strength and structural stability of AMC. This study highlights that the combination of andesite addition with the utilization of Zn effectively enhances the performance of AMC, making it suitable for engineering applications requiring materials with superior strength, durability, and stability. The practical implications of this research can be applied in the automotive, industrial, and construction sectors to produce technically and economically superior composite materials.

ABSTRAK

Keywords:

amc, andesite, powder metallurgy, strength, hardness

Kata Kunci:

amc, andesit, metalurgi serbuk, kekuatan, kekerasan

Penelitian ini membahas pengembangan *Aluminium Matrix Composites* (AMC) Al-Zn sebagai matriks dan Andesit sebagai penguat (*reinforce*) dengan tujuan meningkatkan kekerasan material, dan menurunkan densitas bahan. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan andesit pada AMC dengan variasi Al-Zn-7,5%Andesit, mencapai kekerasan maksimum sebesar 96,0 HRB. Hasil pengujian pembuatan AMC berpenguat Andesit menyebabkan terjadinya peningkatan porositas material dari 0,0023% pada komposisi Al-Zn-0%Andesit menjadi 0,0068% pada Al-Zn-7,5%Andesit, sebagaimana yang sudah dihitung sebelumnya melalui *True Density* yang dilakukan dalam penelitian ini. Pentingnya peran seng (Zn) dalam meningkatkan interaksi antara matriks aluminium dan partikel andesit, yang berkontribusi terhadap peningkatan kekuatan mekanis serta stabilitas struktural AMC. Penelitian ini menggarisbawahi bahwa kombinasi penambahan andesit dengan pemanfaatan Zn secara efektif meningkatkan kinerja AMC, menjadikannya cocok untuk aplikasi teknik yang membutuhkan material dengan kekuatan, daya tahan, dan stabilitas material yang superior. Implikasi praktis dari penelitian ini dapat diterapkan dalam industri otomotif, industri, dan konstruksi untuk menghasilkan material komposit yang unggul secara teknis dan ekonomis.

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



Corresponding Author:

Budi Santoso,
Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Islam Kediri
Jalan Sersan Suharmadji No. 38, Kota Kediri, Jawa Timur, Indonesia.
Email: budisantoso@student.ub.ac.id

1. PENDAHULUAN

Kekayaan sumber daya alam Indonesia yang melimpah, memiliki potensi besar dalam mengembangkan berbagai material untuk aplikasi industri. Salah satu sumber daya yang menjanjikan adalah batu andesit, yang melimpah di banyak wilayah di Indonesia salah satu contoh di Cirebon. Batu andesit ini memiliki kandungan silikon dioksida (SiO_2) yang tinggi, berkisar antara 55%-65%, menjadikannya bahan yang ideal untuk digunakan sebagai penguat pada *Aluminium Matrix Composites* (AMC) [1]. Kandungan SiO_2 , yang juga dikenal sebagai bahan keramik, memberikan sifat mekanis yang kuat dan stabil, yang penting untuk meningkatkan kekerasan dan ketahanan material komposit. Dengan memanfaatkan batu andesit sebagai penguat AMC, Indonesia tidak hanya dapat mengoptimalkan penggunaan sumber daya alam lokal tetapi juga dapat mendukung industri manufaktur untuk menghasilkan material dengan performa tinggi yang dibutuhkan dalam berbagai aplikasi teknik, termasuk otomotif dan konstruksi. Ini memberikan peluang besar bagi Indonesia untuk meningkatkan daya saing industri material komposit di pasar global [2].

Peningkatan tren mobil listrik di Amerika Serikat terus mengalami pertumbuhan signifikan, didorong oleh kesadaran akan pentingnya lingkungan dan kebijakan pemerintah yang mendukung energi bersih. Seiring dengan berkembangnya pasar mobil listrik, kebutuhan akan bahan yang ringan namun memiliki kekuatan tinggi menjadi semakin mendesak. Material seperti *Aluminium Matrix Composites* (AMC) sedang dikembangkan secara intensif untuk memenuhi tuntutan ini. Bahan tersebut tidak hanya membantu mengurangi bobot kendaraan, yang berdampak positif pada efisiensi energi dan jarak tempuh, tetapi juga menawarkan kekuatan dan ketahanan yang diperlukan untuk memastikan keselamatan dan performa tinggi. Inovasi dalam material ini memungkinkan produsen mobil listrik untuk merancang kendaraan yang lebih ringan, lebih efisien, dan lebih ramah lingkungan, sejalan dengan tujuan global untuk mengurangi emisi karbon dan ketergantungan pada bahan bakar fosil [3].

Aluminium Matrix Composites (AMC) adalah jenis material rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih bahan yang digabungkan secara makrokopis untuk menciptakan material baru dengan sifat fisik dan mekanik yang lebih baik dibandingkan dengan bahan-bahan asalnya. Matriks dalam AMC menggunakan logam aluminium, sementara bahan penguatnya dapat berupa SiC , Al_2O_3 , SiO_2 , dan bahan lainnya. Proses pembuatan AMC dengan menggunakan metalurgi serbuk melibatkan pencampuran serbuk aluminium dengan serbuk penguat secara homogen, kemudian komponen-komponen ini dipadatkan dalam cetakan dan dikenakan tekanan tinggi serta suhu yang cukup tinggi untuk menciptakan ikatan antarpartikel yang kuat. Metode metalurgi serbuk ini sering digunakan untuk menghasilkan AMC dengan struktur yang lebih homogen dan kontrol yang lebih baik terhadap distribusi penguatan dalam matriks aluminium [4][5].

Untuk perkembangan *Aluminium Matrix Composites* (AMC) lebih lanjut, penelitian yang memanfaatkan andesit sebagai penguat dilakukan sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya dalam menghasilkan material yang memiliki kekuatan tinggi dan ringan, dengan memanfaatkan potensi sumber daya alam yang melimpah di Indonesia. Diharapkan bahwa hasil penelitian ini dapat menjadi referensi untuk pengembangan komponen otomotif menggunakan AMC yang diperkuat dengan andesit. Penelitian ini tidak hanya akan mengoptimalkan pemanfaatan bahan baku lokal namun juga berpotensi untuk menghasilkan komponen dengan kinerja mekanis yang unggul dalam aplikasi industri, menghadirkan solusi inovatif yang efisien dan berkelanjutan dalam konteks energi, manufaktur dan lingkungan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan melakukan pembuatan material dan pengujian. Proses pembuatan AMC Andesit menggunakan metode Metalurgi serbuk atau *Hot Press* menggunakan suhu 450°C , tekanan 400bar dan waktu penekanan 15 menit. Tahap pertama persiapan bahan matrik yaitu serbuk aluminium dengan ukuran 30-50 mesh sebagai matrik, Zn dengan ukuran 3,8-4,8 micron, serta bubuk Andesit sebagai *reinforce* (penguat) dengan ukuran 100-200 mesh. Pencampuran matrik dan penguat sesuai fraksi massa yang telah ditentukan akan menghasilkan specimen AMC yang telah direncanakan. Setelah melakukan pencampuran sesuai fraksi massa yang ditentukan kemudian dilakukan proses pemadatan dengan metode *hot press* menggunakan penekanan (kompaksi) dari atas dan bawah dari cetakan dengan mengoleskan oli bekas sebagai *lubricant* kedalam cetakan supaya mudah saat pembongkaran. Kehomogenan campuran sangat berpengaruh pada proses penekanan, karena gaya tekan yang diberikan pada saat kompaksi akan terdistribusi secara merata sehingga kualitas ikatan antar partikel semakin baik. Semakin lama waktu pencampuran dan semakin kecil ukuran partikel, maka distribusi partikel semakin homogen.



Gambar 1. Proses Pembuatan AMC

Melakukan *mixing* serbuk Aluminium, Zn, dan serbuk Andesit dengan variasi fraksi yang sudah ditentukan sehingga campuran menjadi homogen. Pencampuran menggunakan pengadukan manual dengan waktu pengadukan 5 menit. Fraksi penguat Andesit sebesar 0,0%, 2,5% dan 7,5% dengan Zn sebesar 2,0% pada setiap variasi, kemudian Andesit dan Zn yang telah ditentukan dicampurkan kedalam matrik aluminium. Semakin besar fraksi massa andesit pada AMC akan meningkatkan kekerasannya. Setelah melakukan *mixing* kemudian memasuki tahap kompaksi, proses kompaksi adalah pemadatan serbuk menjadi sampel dengan bentuk tertentu sesuai dengan cetakannya. Pada proses kompaksi, gaya gesek yang terjadi antar partikel yang digunakan dan antar partikel komposit dengan dinding cetakan akan mengakibatkan kerapatan pada daerah tepi dan bagian tengah tidak merata. Untuk menghindari terjadinya perbedaan kerapatan, maka pada saat kompaksi digunakan *lubricant*/pelumas yang bertujuan untuk mengurangi gesekan antara partikel dan dinding cetakan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengujian Densitas

Dengan memadukan matrik dan penguat, kita dapat memprediksi dan menghitung densitas komposit yang terbentuk. Secara teoritis komposisi yang terbentuk dari perpaduan matrik dan penguat dapat diolah dan ditentukan tingkat kepadatan (densitas) yang dihasilkan dengan menggunakan persamaan berikut ;

$$\rho_{th} = \frac{100}{\left(\frac{\%Al}{\rho_{Al}}\right) + \left(\frac{\%Zn}{\rho_{Zn}}\right) + \left(\frac{\%Andesit}{\rho_{Andesit}}\right) + etc...} \dots\dots\dots(1)$$

Dengan ρ_{th} ; *True density*. %Al, %Zn, %Andesit : Prosentase berat tiap unsur. ρ_{Al} , ρ_{Zn} , $\rho_{Andesit}$: Densitas tiap unsur. Diketahui perhitungan densitas teoritis pada Table 1

Tabel 1. *True density*

No	Variasi	<i>True Density</i> (g/cm ³)
1	Al-Zn-0,0%Andesit	2,734
2	Al-Zn-2,5%Andesit	2,722
4	Al-Zn-7,5%Andesit	2,698

Penurunan densitas AMC seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan fraksi massa Andesit maka densitas pada AMC akan semakin berkurang. Hal ini disebabkan oleh perbedaan densitas antara matriks aluminium dan Andesit, di mana Andesit memiliki densitas yang lebih rendah dibandingkan aluminium. Penambahan fraksi massa Andesit meningkatkan proporsi volume partikel Andesit dalam matriks, yang secara langsung mengurangi kepadatan total material. Selain itu, peningkatan fraksi massa Andesit dapat menyebabkan perubahan dalam distribusi partikel dan kemungkinan adanya porositas tambahan dalam struktur komposit, yang juga berkontribusi pada penurunan densitas keseluruhan.

Setelah mendapatkan *True density* dari AMC kemudian melakukan perhitungan pengujian *Apparent density* setelah spesimen uji dibentuk dengan Persamaan 2 sebagai berikut.

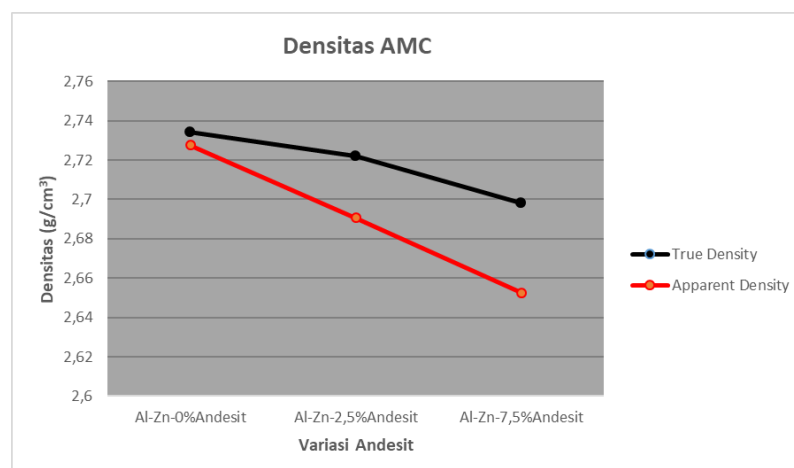
$$\rho_s = \rho_w \frac{W_s}{(W_{sb} - W_b)} \dots\dots\dots(2)$$

dengan : ρ_s = Densitas sampel atau apparent density (g/cm³)
 ρ_w = Densitas air (g/cm³)
 W_s = Berat sampel diluar air (g)
 W_{sb} = Berat sampel dan keranjang dalam air (g)
 W_b = Berat keranjang di dalam air (g)

Tabel 2. *Apparent Density*

No	Variasi	<i>Apparent Density</i> (g/cm ³)
1	Al-Zn-0,0%Andesit	2,727
2	Al-Zn-2,5%Andesit	2,707
4	Al-Zn-7,5%Andesit	2,679

Penurunan densitas seperti pada Tabel 2 menunjukkan bahwa secara keseluruhan variasi mengalami penurunan, variasi Al-Zn-0%Andesit mendapatkan hasil *Apparent Density* tertinggi 2,727 (g/cm³), sedangkan densitas terendah pada variasi Al-Zn-7,5%Andesit dengan nilai 2,679 (g/cm³), penurunan densitas ini terjadi karena penambahan Andesit sebagai penguat yang mempunyai densitas yang lebih rendah dari matrik aluminium sehingga nilai densitas AMC seiring dengan penambahan fraksi massa andesit maka densitas semakin menurun.



Gambar 2. Grafik Variasi Andesit Terhadap Densitas

3.2. Pengujian Porositas

Porositas, yang didefinisikan sebagai perbandingan antara volume rongga pori yang terdapat dalam struktur material dengan total volume logamnya, merupakan parameter penting yang diukur dalam pengujian material. Tujuan utama dari pengujian porositas adalah untuk mengidentifikasi, mengukur, dan mengevaluasi persentase porositas yang ada dalam material tersebut [6]. dengan menggunakan persamaan berikut :

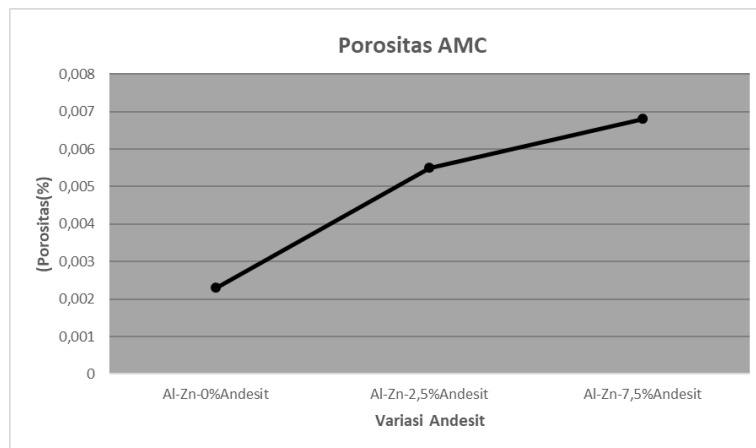
$$\%P = \left(1 - \frac{\rho_s}{\rho_{th}}\right) \times 100\% \dots\dots\dots(3)$$

dengan : %P : Presentase porosity (%) ρ_s : *Apparent Density* (g/cm³) ρ_{th} : Densitas berat teoritis atau *true density* (g/cm³). Dengan persamaan 3 dapat dihitung porositas dari AMC dengan hasil pada Tabel 3

Tabel 3. Hasil Pengujian Porositas

No	Variasi	Porositas (%)
1	Al-Zn-0,0%Andesit	0,0023
2	Al-Zn-2,5%Andesit	0,0055
4	Al-Zn-7,5%Andesit	0,0068

Dari hasil pengujian porositas pada spesimen variasi Al-Zn-0,0%Andesit, ditemukan bahwa tingkat AMC mengalami peningkatan porositas. Berdasarkan data yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa penambahan material andesit dapat menyebabkan peningkatan porositas pada *Aluminium Matrix Composites* (AMC). Hal ini disebabkan oleh komposisi andesit yang tidak hanya mengandung SiO₂, melainkan juga partikel-partikel lain yang dapat mempengaruhi struktur dan homogenitas material. Partikel-partikel ini, seperti mineral-mineral silikat lainnya, dapat menciptakan ketidaksempurnaan dalam distribusi material yang menghasilkan pori-pori dalam struktur komposit. Selain itu, interaksi antara matriks aluminium dan partikel andesit mungkin tidak optimal, menyebabkan pembentukan zona lemah atau celah yang meningkatkan porositas. Akibatnya, distribusi tekanan selama proses kompaksi menjadi tidak merata, yang berkontribusi lebih lanjut pada peningkatan porositas.



Gambar 3. Grafik Variasi Andeist Terhadap Porositas

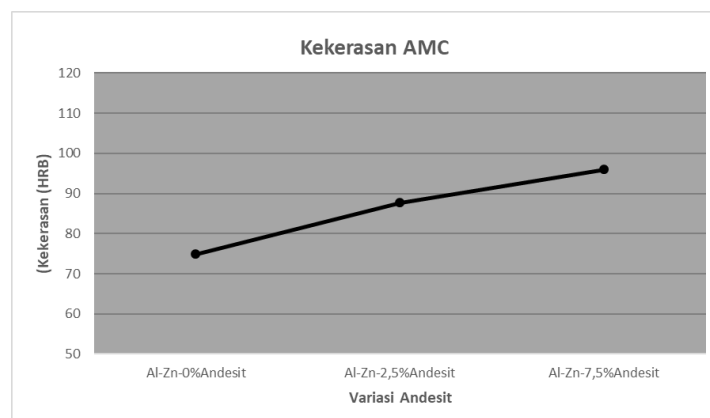
3.3. Pengujain Kekerasan

Pengujian kekerasan yang diterapkan dalam penelitian ini menggunakan metode *Rockwell B* (HRB), yang dikenal luas dalam industri material untuk penilaian kekerasan. Prosedur ini melibatkan penerapan beban sebesar 100 kg pada spesimen uji dengan menggunakan indenter berbentuk bola baja berdiameter 1/16 inci. Hasil dari pengujian kekerasan yang sudah dilakukan dapat dilihat dalam table berikut:

Tabel 4. Hasil Pengujian Kekerasan

No	Variasi	Kekerasan (HRB)
1	Al-Zn-0%Andesit	74,8
2	Al-Zn-2,5%Andesit	87,6
4	Al-Zn-7,5%Andesit	96,0

Pada pengujian kekerasan dari variasi fraksi massa andesit pada *Aluminium Matrix Composites* (AMC), ditemukan bahwa semakin banyak penambahan fraksi massa andesit, maka kekerasan material juga semakin meningkat. Hal ini terjadi karena partikel andesit yang ditambahkan berperan sebagai penguat dalam matriks aluminium, memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan kekerasan. Aluminium sebagai matrik berfungsi baik untuk menyalurkan tekanan ke andesit sebagai penguat. Andesit, dengan sifat mekanis yang lebih baik dari matrik, mampu menahan deformasi plastik lebih baik daripada aluminium murni, sehingga meningkatkan resistensi material terhadap *indentasi*. Selain itu, distribusi partikel andesit yang seragam dalam matriks aluminium menciptakan struktur komposit yang lebih padat dan homogen, mengurangi kelemahan material akibat adanya pori-pori atau celah. Penambahan andesit juga meningkatkan sifat interfacial antara matrik dan partikel penguat, yang mengurangi pergerakan *dislokasi* dan memperkuat keseluruhan struktur material.



Gambar 4. Grafik Variasi Andeist Terhadap Kekerasan

4. KESIMPULAN

Penambahan andesit pada *Aluminium Matrix Composites* (AMC) mampu meningkatkan kekerasan material dengan Al- Zn -7,5% mendapatkan nilai tertinggi 96,0 HRB dan meningkatkan porositas dari Al- Zn -0,0%Andesit dari 0,0023% sampai Al- Zn -7,5%Andesit sebesar 0,0068% . peningkatan porositas juga menurunkan densitas AMC secara keseluruhan dari variasi Al- Zn -0% sampai Al- Zn -7,5%Andesit sesuai dengan perhitungan *True density* yang sudah dilakukan . Selain itu, *zinc* (Zn) berperan penting dalam memperbaiki interaksi antara matriks aluminium dan partikel andesit, yang mendukung peningkatan kekuatan mekanis dan stabilitas struktural AMC. Dengan demikian, penambahan andesit secara efektif meningkatkan kekuatan AMC untuk berbagai aplikasi teknik yang mengutamakan kekuatan dan ketahanan, material.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nelson, A. Stephen. 2018. Tulane University: Volcanoes, Magma, and Volcanic Eruptions. http://www.tulane.edu/~sanelson/Natural_Disasters/volcan%26magma.htm. (diakses 28 juni 2024).
- [2] Roshinta, astika., hidayat, Risaldi., Saptono, Singgih., Dwinagara, Barlian. 2022. Analisis Korelasi antara Massa Jenis dan Kuat Tekan Uniaksial pada Batu Andesit di Kecamatan Bagelen, Kabupaten Purworejo, Jawa Tengah. *Prosiding Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi XVII Tahun 2022 (ReTII)*. pp. 563~567.
- [3] Wazeer, Adil., Das, Apurba., Abeykoon., Sinha, Chamil., Amit, Karmakar. 2023. Composites for electric vehicles and automotive sector: A review. *Green Energy and Intelligent Transportation*. <https://doi.org/10.1016/j.geits.2022.100043>.
- [4] Sadi, Viktor Malau, M. Waziz Wildan, Suyitno. 2017. Analisis Pengaruh Kandungan Sic, Temperatur Cairan, Kecepatan Putar Dan Durasi Waktu Pengadukan Pada Kekuatan Tarik Komposit Al-Sic. *Rotasi*. Vol. 16, No. 1.
- [5] M.Ravichandran, M.Meignanamoorthy, G.P.Chellasivam, J.Vairamuthu, A.Senthil Kumar, B.Stalin. 2020. Effect of Stir Casting Parameters on Properties of Cast Metal Matrix Composite. *Materials Today: Proceedings* 2606–2613.
- [6] Multazam, Duralumin., Suprpto, Wahyono., Pratikto. (2014). Pengaruh Temperatur pada Proses Hot Isostatic Pressing terhadap Porositas, Keausan dan Mikrostruktur Sludge Powder. *Jurnal Rekayasa Mesin*. Vol.5, No.3.