

PENGARUH SINTERING 700°C, DENGAN TEKANAN TETAP 117 MPa TERHADAP KARAKTERISTIK *GREEN BODY BRAKE LINING* CESSNA 208B

¹Indreswari Suroso, ²Ahmad

¹Jurusan Aeronautika
Sekolah Tinggi Teknologi
Kedirgantaraan
indreswari.suroso@sttkd.ac.id

²Jurusan Teknik Dirgantara
Sekolah Tinggi Teknologi
Kedirgantaraan
ahmad@sttkd.ac.id

Article history:

Received 30th of April 2025

Revised 8th of May 2025

Accepted 20th of May 2025

Abstract

Airplanes are a means of air transportation that is fast, precise, guarantees safety and saves time. Cessna aircraft are one of the aircraft in demand by passengers in remote areas in Indonesia. This aircraft has a braking system with one of its components being the brake lining. Brake lining is one of the most important components in the brake system that functions to stop the aircraft. In this study, a prototype brake lining was made from Metal Matrix Composite (MMC). MMC made this brake lining prototype through a powder metallurgy process with the initial process of the powder being weighed, mixed, compacted, and heated with argon sintering at a temperature of 700°C called the green body. The purpose of this study was to determine the characteristics of the green body brake lining with a pressure of 117 MPa and a sintering temperature of 700°C. The results of this study are the hardness value of the green body 41.26 HRB is a Cu alloy with soft material properties and will increase in hardness if with heat treatment such as quenching, tempering, or annealing. The results of the wear test of 0.000550 mm³/kgm are in the category of materials that have good wear resistance. The effect of the sintering process on the characteristics of MMC materials is to increase tensile strength, hardness, and toughness. MMC by improving the microstructure, can increase density, and reduce porosity in MMC.

Keywords: MMC, Brake Lining, Kompaksi, Sintering, Green Body

Pendahuluan

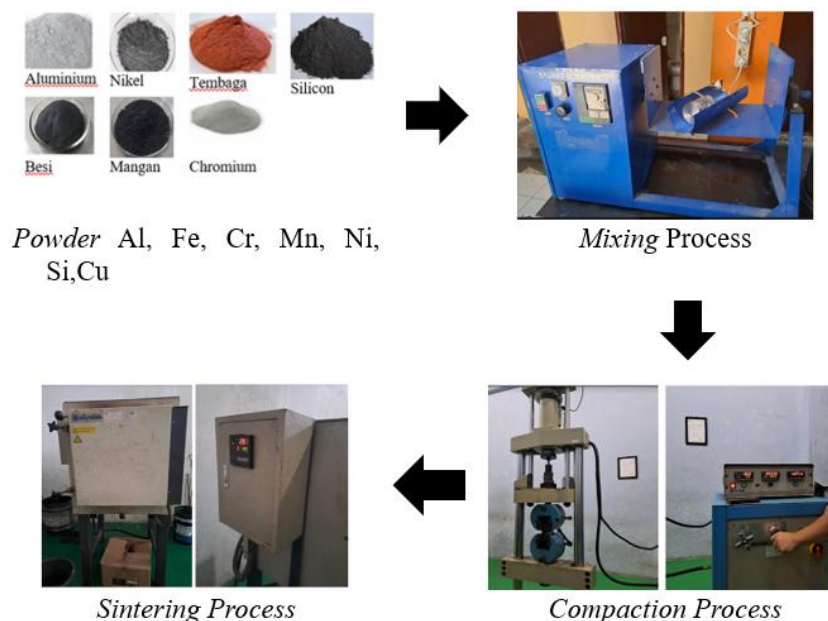
Pesawat merupakan alat transportasi udara, dengan menggunakan alat transportasi ini akan mempersingkat waktu tempuh pada umumnya jika kita melakukan perjalanan dengan transportasi darat. Cessna Caravan C208B adalah salah satu pilihan pesawat yang sering digunakan dalam melakukan misi tersebut. Pesawat ini dirancang untuk penerbangan jarak pendek dan menengah dengan *load* yang berkisar 1,2 ton kurang lebih tergantung jarak dan *fuel* yang dibawanya serta berkapasitas 12 penumpang yakni 1 pilot, 1 Copilot dan 10 penumpang tergantung konfigurasi yang diinginkan perusahaan. Pesawat cessna memiliki sistem pengereman dengan salah satu komponennya adalah brake lining. *Brake lining* merupakan salah satu komponen yang sangat penting dalam *brake system*, kondisi komponen harus benar-benar prima sebab benda ini berperan penting pada saat pendaratan, material yang digunakan dalam pembuatan lining merupakan material pilihan yang sudah melalui uji coba sebelum di produksi massal dan dipasarkan oleh pabriknya. Pada penelitian ini peneliti mencoba untuk membuat prototipe brake lining dari *Metal Matrix Composite* (MMC). MMC dalam pembuatan prototipe brake lining ini melalui proses metalurgi serbuk dengan proses awal serbuk ditimbang, serbuk dicampur, dikompaksi dan dipanaskan dengan sintering argon pada suhu 700°C disebut *green body*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik *green body brake lining* dengan tekanan 117 MPa dan suhu sintering 700°C.

Komposit yang digunakan untuk pembuatan *brake lining* ini adalah MMC dengan matriks Cu. Komposit dengan penguat serat alami merupakan material murah, ramah lingkungan, kekuatan mekanik tinggi, konduktivitas termal baik, dan hemat biaya. Komposit polimer dengan serat karbon memiliki sifat mekanik lebih tinggi dibandingkan komposit serat alami Ceiba Petandra [1]. Komposit serat alami *Timoho Fiber* dengan *filler iron powder* terhadap uji bakar dan sifat mekanik material Semakin tinggi nyala api ketahanan komposit maka semakin tinggi pula kandungan IP *filler*. Semakin tinggi volume fraksi pengisi IP maka semakin tinggi kepadatan komposit [2]. *Brake pad* ramah lingkungan menjadi material alternatif. Bahan alternatif *brake pad* ramah lingkungan yaitu serat lignoselulosa [3].

Pembuatan prototipe brake lining memiliki kemiripan penelitian dengan paduan serbuk *dimilling* dengan gas Argon (99,99%) selama 2 jam, 4 jam, 6 jam, dan 8 jam. Waktu *milling* 8 jam adalah waktu melarutkan Cr dan Fe. Proses selanjutnya, *sintering* gas argon dengan komposisi 90:10 pada suhu 1150°C. Laju pemanasan adalah 10°C/menit, dengan *holding time* 40 menit [4]. Salah satu bahan pesawat terbang adalah magnesium sebagai bahan ringan dan ramah lingkungan untuk pembuatan mobil dan pesawat terbang. *Metal Matrix Composite* (MMC) [5]. MMC dengan proses pencampuran partikel WC dan serbuk Fe, Ni, Mo menggunakan *planetary ball mill*. Campuran ini digiling selama 12 jam. Setelah digiling, paduan WC dan serbuk Fe, Ni, Mo dikompaksi. *Sintering* paduan WC dan serbuk Fe, Ni, Mo dimasukkan tungku sintering vakum dengan tekanan 10 MPa [6]. Material yang disintering memiliki ketahanan aus yang tinggi dan ramah lingkungan karena emisi partikel rendah [7].

Emisi yang rendah sangat diharapkan oleh perusahaan kendaraan, salah satu contoh pembuatan prototipe dengan *Metal Matrix Composite* (MMC) digunakan dalam industri karena kekuatan, ketahanan aus, dan konduktivitas thermal tinggi. Matriks dalam MMC ini adalah aluminium. Salah satu penguat MMC adalah SiC. SiC dan Al terbukti mampu menahan korosi [8]. Proses sintering dalam MMC menghasilkan pepadatan tinggi dan deformasi plastis adalah penghalusan butir. Semakin tinggi tekanan, semakin tinggi deformasi plastis *powder* Fe [9]. Proses pre sintering yaitu paduan W dan penguat W dimasukkan tungku, dialirkan gas H₂ pada suhu 1200°C dipertahankan selama 4 jam. Dilanjutkan proses *sintering* HPHT dengan tekanan 5 GPa dan suhu 1200°C, 1400 °C atau 1600 °C [10].

Proses metalurgi serbuk pembuatan MMC sebagai berikut: Co, Cr, Fe, Ni, dan Mn dicampur pada suhu kamar selama 30 menit dengan kecepatan 150 rpm. Sampel dipanaskan lagi pada 1450°C dengan laju pemanasan 3°C/menit selama 30 menit. Proses selanjutnya pendinginan perlahan laju 3°C/menit sampai suhu 1000°C dengan gas argon. Proses selanjutnya pendinginan cepat 20°C/menit [11]. Sistem pengereman yang banyak digunakan pada kendaraan kereta api karena strukturnya yang sederhana dan perawatannya yang mudah adalah pengereman blok [12]. Proses metalurgi serbuk pada penelitian ini dengan diawali penimbangan serbuk, serbuk dicampur dengan alat *mixing*, serbuk dipadatkan dengan tekanan 150 MPa sehingga disebut *green body*, dan *green body* dipanaskan pada suhu 700°C. Proses sintering dalam penelitian ini dapat ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Proses *sintering*

Metode Penelitian

1. Material yang digunakan dalam penelitian adalah *green body*. *Green body* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. *Green body*

Alat yang digunakan dalam penelitian

- a. Alat uji *horizontal mixing*
- b. Alat uji kompaksi
- c. Alat uji sintering argon
- d. Timbangan digital
- e. Alat uji densitas
- f. Alat uji kekerasan Vickers

2. Pelaksanaan Penelitian

- a. Proses pengujian pencampuran dilakukan selama 1 jam kecepatan putaran 85 RPM. Alat uji pencampuran dapat dilihat pada Gambar 3.
- b. Pengujian kompaksi memerlukan waktu 1 menit 46 detik pada tekanan 117 MPa. Alat uji kompaksi dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 3. Alat uji *mixing*

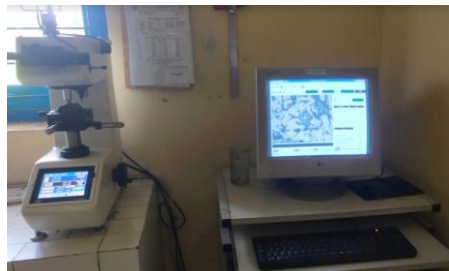


Gambar 4. Alat uji kompaksi

- c. Pengujian sintering dilakukan selama 2 jam pada 700°C, mendekati titik lebur tembaga [13]. Proses sintering adalah proses pemadatan material serbuk dengan cara dipanaskan pada suhu tinggi, namun suhu di bawah titik leleh tembaga sebagai matriks *Metal matrix Composite* (MMC), dilanjutkan pendinginan *holding time* selama 40 menit dengan kecepatan pemanasan 10°C/menit dilakukan selama 2 jam. Peralatan yang digunakan untuk uji sintering ditunjukkan pada Gambar 5. Pengujian kekerasan Vickers dapat dilihat pada Gambar 6, sedangkan pengujian keausan ditampilkan pada Gambar 7.



Gambar 5. Alat uji *sintering* argon



Gambar 6. Alat uji kekerasan Vickers



Gambar 7. Alat uji keausan

Hasil dan Pembahasan

Hasil Pengujian Kekerasan

Green body dengan komposisi kimia yaitu 77,48% Cu, 15,82% Fe, 6,047% Si, 0,304% Mn, 0,31% Ni, merupakan suatu paduan berbasis tembaga (Cu) dengan hasil uji *brake lining import* dari Amerika. Paduan tembaga sering digunakan dalam berbagai aplikasi teknik, terutama karena memiliki sifat mekanik yang baik, ketahanan terhadap korosi, dan konduktivitas termal/elektrik yang tinggi:

- Tembaga (Cu): Unsur utama dalam paduan ini, memberikan sifat dasar seperti konduktivitas tinggi dan ketahanan korosi. Pada paduan tembaga, kandungan tembaga yang tinggi juga memengaruhi keuletan bahan [14].
- Besi (Fe): Sebagai unsur paduan, Fe digunakan untuk meningkatkan kekerasan dan kekuatan material, meskipun pada konsentrasi tinggi dapat mengurangi konduktivitas [15].
- Silikon (Si): Si berfungsi untuk meningkatkan ketahanan aus dan memperkuat struktur mikro [16]. Biasanya ditemukan pada paduan tembaga berbasis bron (seperti silikon bron).
- Mangan (Mn): Mangan sering ditambahkan dalam jumlah kecil untuk meningkatkan kekuatan tarik, ketahanan korosi, dan ketangguhan [17].
- Nikel (Ni): Nikel meningkatkan ketahanan korosi dan stabilitas termal bahan [18]. Nikel merupakan paduan cocok untuk lingkungan dengan suhu tinggi atau media korosif.

Tabel 1. Hasil kekerasan *green body* 77,48% Cu, 15,82% Fe, 6,047% Si, 0,304% Mn, 0,31% Ni

No	Nama Material	Titik Uji	Diameter (mm)	Kekerasan Brinnel (HRB)	Kekerasan rata-rata (HRB)
1	<i>Green body</i>	1	0,95	42,5	41,26
		2	0,96	41,5	
		3	0,98	39,8	

Berdasarkan tabel 1. Bahwa hasil kekerasan 42,26. Beberapa faktor yang memengaruhi kekerasan ini meliputi:

- Komposisi Kimia: Kandungan tembaga yang tinggi biasanya menghasilkan material yang lebih lunak, terutama jika tidak ada perlakuan pengerasan. Kandungan silikon (Si) dan besi (Fe) seharusnya sedikit meningkatkan kekerasan, namun konsentrasi tembaga dominan membuat efek ini minimal.
- Perlakuan Panas: Jika bahan ini belum mengalami perlakuan panas seperti pengerasan larutan padat atau pengerasan presipitasi, kekerasannya cenderung rendah.
- Mikrostruktur: Struktur mikro yang homogen tanpa fasa keras (seperti karbida atau presipitat) akan menghasilkan kekerasan rendah.

Bahwa hasil kekerasan 42,26 BHN cocok untuk aplikasi yang memerlukan daya tahan korosi seperti di lingkungan laut maupun industri kimia. Namun, untuk aplikasi yang memerlukan kekerasan atau kekuatan mekanik lebih tinggi, bahan ini dapat dioptimalkan melalui perlakuan panas seperti pengerasan presipitasi dan perubahan komposisi, misalnya dengan menambah elemen penguat seperti aluminium, timah, atau fosfor.

Hasil Pengujian Keausan

Tabel 2. Hasil pengujian keausan *green body*

Spesimen	Titik Uji	Tebal disk (B, mm)	Jari-jari disk (mm)	Panjang wear (b,mm)	Volume (W,mm ³)	Keausan (Ws; mm ³ /kgm)	Keausan rata-rata (Ws; mm ³ /kgm)
<i>Green body</i>	1	3,45	13,6	1,21	0,03739	0,00059	0,000550
	2	3,45	13,6	1,21	0,03739	0,00059	
	3	3,45	13,6	1,21	0,03010	0,00047	

Berdasarkan Tabel 2. Hasil pengujian keausan $0,000550 \text{ mm}^3/\text{kgm}$ adalah sebagai berikut:

- a. Nilai keausan: $0,000550 \text{ mm}^3/\text{kgm}$ Nilai ini menunjukkan volume material yang hilang (mm^3) per satuan beban (kg) dan jarak (meter). Keausan material sangat dipengaruhi oleh kekerasan, komposisi, gaya gesek, dan kondisi pengujian seperti tekanan, pelumasan [19].
- b. Analisis Nilai Keausan:
 - Nilai $0,000550 \text{ mm}^3/\text{kgm}$ tergolong sangat kecil, menunjukkan bahwa material memiliki ketahanan aus yang baik.
 - Faktor-faktor yang mendukung ketahanan aus ini: komposisi kimia dengan kandungan tembaga (Cu) yang tinggi berkontribusi terhadap ketahanan korosi dan sifat gesekan yang stabil. Selain itu, silikon (Si) dapat meningkatkan kekuatan struktur mikro dan menurunkan keausan. Material struktur halus dapat meminimalkan laju keausan [20].
- c. Material tersebut cocok untuk aplikasi dengan kontak gesekan rendah hingga sedang, seperti: komponen mesin yang membutuhkan ketahanan aus tinggi. Bantalan, bushing, atau bagian gesekan lainnya.
- d. Hubungan Kekerasan dan Keausan adalah kekerasan rendah menghasilkan material lebih rentan terhadap deformasi selama gesekan, namun nilai keausan yang kecil. Hal ini menunjukkan bahwa komposisi dan sifat intrinsik material mampu melindungi terhadap kehilangan massa. Dengan kekerasan HRB di kisaran 41,26, material ini lebih cocok untuk aplikasi gesekan ringan tanpa tekanan yang sangat tinggi.

Kesimpulan

Karakteristik *green body* dengan komposisi 77,489% Cu, 15,82% Fe, 6,047% Si, 0,304% Mn, 0,31% Ni, merupakan suatu paduan berbasis tembaga (Cu) dengan nilai kekerasan 41,26 HRB merupakan paduan Cu dengan sifat bahan lunak dan akan bertambah kekerasannya apabila dengan perlakuan panas seperti *quenching*, *tempering*, atau *annealing*. Karakteristik *green body* dengan komposisi 77,489% Cu, 15,82% Fe, 6,047% Si, 0,304% Mn, 0,31% Ni dengan nilai keausan sebesar $0,000550 \text{ mm}^3/\text{kgm}$ adalah material yang memiliki ketahanan aus yang baik. Proses sintering terhadap karakteristik MMC berpengaruh langsung terhadap kepadatan, sifat mekanik, dan struktur mikro material. Sintering meningkatkan kekuatan tarik, kekerasan, dan ketangguhan MMC dengan memperbaiki struktur mikro, mampu meningkatkan densitas, dan mengurangi porositas dalam MMC. Sintering mampu meningkatkan homogenitas material.

Daftar Pustaka

- [1] Andoko, A., Gapsari, F., Wijatmiko, I., Diharjo, K., Rangappa, S. M., & Siengchin, S. (2023). Performance of carbon fiber (CF)/Ceiba petandra fiber (CPF) reinforced hybrid polymer composites for lightweight high-performance applications. *Journal of Materials Research and Technology*, 27, 7636-7644.
- [2] Gapsari, F., Purnowidodo, A., Setyarini, P. H., Suteja, S., Abidin, Z., Rangappa, S. M., & Siengchin, S. (2022). Flammability and mechanical properties of Timoho fiber-reinforced polyester composite combined with iron powder filler. *Journal of Materials Research and Technology*, 21, 212-219.
- [3] Carlevaris, D., Leonardi, M., Straffelini, G., & Gialanella, S. (2023). Design of a friction material for brake pads based on rice husk and its derivatives. *Wear*, 526, 204893.
- [4] Gaikwad, S. D., Dabhade, V. V., Murty, S. N., & Manwatkar, S. (2024). Mechanical alloying and direct powder forging of Ni-20Cr-20Fe-0.08 C alloy. *Materials Chemistry and Physics*, 315, 129039.
- [5] Yu, Z., Zheng, K., Li, X., Xia, P., Xu, J., Sun, J., & Pan, F. (2023). Effect of Ti6Al4V reinforcement particles on the mechanical, wear, and corrosion properties of AZ91D magnesium matrix composites. *Journal of Materials Research and Technology*, 26, 7395-7411.
- [6] Zhang, F., Gou, H., Zhang, W., Huang, Q., Li, Z., Wei, H., & Shan, Q. (2023). Interface microstructure and abrasive wear properties of WC-iron matrix composites with Ni, Mo, Fe added to the preforms. *Journal of Materials Research and Technology*, 24, 4218-4231.
- [7] De Falco, G., Russo, G., Ferrara, S., De Soccio, V., & D'Anna, A. (2023). Sustainable design of low-emission brake pads for railway vehicles: An experimental characterization. *Atmospheric Environment: X*, 18, 100215.
- [8] Wang, Y., & Monetta, T. (2023). Systematic study of preparation technology, microstructure characteristics and

- mechanical behaviors for SiC particle-reinforced metal matrix composites. *Journal of Materials Research and Technology*.
- [9] Bures, R., Faberova, M., Bircakova, Z., Bednarcik, J., Milyutin, V., Petryshynets, I., ... & Dilyova-Hatrakova, M. (2023). High pressure compaction of soft magnetic iron powder. *Powder Technology*, 421, 118434.
- [10] Zhao, T., Li, J., Tang, J., Chen, J., Liu, X., Tao, Q., & Du, J. (2023). Mechanical properties of a novel tungsten fiber-reinforced tungsten composite prepared through powder extrusion printing and high-pressure high-temperature sintering. *Nuclear Materials and Energy*, 37, 101553.
- [11] Chu, C., Chen, W., Chen, Z., Jiang, Z., Wang, H., & Fu, Z. (2021). Microstructure and mechanical behavior of FeNiCoCr and FeNiCoCrMn high-entropy alloys fabricated by powder metallurgy. *Acta Metallurgica Sinica (English Letters)*, 34, 445-454.
- [12] Faccoli, M., Zani, N., Ghidini, A., & Petrogalli, C. (2022). Experimental and numerical investigation on the wear behavior of high performance railway wheel steels paired with various brake block materials under dry sliding conditions. *Wear*, 506, 204456.
- [13] Şap, S., Uzun, M., Usca, Ü. A., Pimenov, D. Y., Giasin, K., & Wojciechowski, S. (2021). Investigation on microstructure, mechanical, and tribological performance of Cu base hybrid composite materials. *Journal of Materials Research and Technology*, 15, 6990-7003
- [14] Sunyoto, S., Rudianto, H., & Setyawan, I. (2024). Pengembangan Komposisi Material Pada Pembuatan Plain Bearing Internal Combustion Engine (Ice) Dengan Memodifikasi Komposisi Al-Si-Cu-Sn. *Presisi*, 26(1), 50-57.
- [15] Shieddique, A. D., Jimi, J. S., Rajab, D. A., Zaelana, M. I., Abdullah, A., & Santosa, D. K. (2024). Peningkatan Nilai Kekerasan dan Perubahan Morfologi Fasa Logam Aluminium Melalui Variasi Perubahan Kandungan Silicon Pada Paduan Al-Si-Cu-Fe Untuk Aplikasi Industri Pertahanan. *AME (Aplikasi Mekanika dan Energi): Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 101, 51-58.
- [16] Priyambodo, B. H., ilmal Yaqin, R., Fattah, R. N., & Slamet, S. Utilization And Engineering Of Piston Waste By Shot Peening Method As Alternative Material For Fishing Vessel Propellers. *Aurelia Journal*, 6(2), 249-258.
- [17] Wea, J. P., Kartikasari, R., & Prasetyo, A. B. (2023). Pengaruh Waktu Proses Dct Pada Baja Mangan Dengan Penambahan 17, 4 Cr dan 18, 4 Cr Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan dan Keausan. *Cendekia Mekanika*, 42, 166-174.
- [18] Setyanjana, A. Y., Yogaswara, Y. H., Marsono, M., & Junjuran, S. F. (2025). Tinjauan Material High-Performance sebagai Nosel Roket: Nickel Superalloy, Refractory Metals, CMCs, dan CC Composites. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 81, 48-58.
- [19] Wijanarko, H., & Lufti, A. (2024). Analisa Uji Perbandingan Keausan Kampas Rem Cakram Antara Kampas Rem Mitsubishi Dengan Kampas Rem Indopart Pada Kendaraan Mitsubishi L 300. *Jurnal Mekanikasista*, 112, 146-160.
- [20] Nugroho, A. W., Kartikasari, R., & Prasetyo, A. B. (2022). Pengaruh Penambahan Unsur Cu Pada Ingot Bahan Wajan Produk Ikm Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan, Keausan, Dan Ketahanan Korosi. *Cendekia Mekanika*, 32, 149-157.