

Analisis Varian Tekanan Mesin *Hydraulik* Dan Persentase *Filler* Pada Kampas Rem AMC Berpenguat BFA Dan SiO_2 Terhadap Nilai Koefisien Gesek ASTM G99-05

Sudrian Alfian¹, Nanda Pranandita^{1*}, Sukanto¹

¹Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailat

*E-mail : nda.akano@gmail.com

Received: 8 Januari 2025; Received in revised form: 9 Januari 2025; Accepted: 16 Januari 2025

Abstract

The safety aspect is important that must be considered in vehicles, because components that not comply with standards can pose serious risks. The use of asbestos also have a negative impact on health, caused by exposure to contaminated air and can damage respiratory system. This research aims to develop environmentally friendly brake linings, as well as studying the effect of two-way hot compaction pressure and reinforcement volume percentage on friction coefficient. This research uses powder metallurgy method which starts from the process mixing recycled aluminium powder, silica sand, and palm oil boiler fly ash, using ball mill machine (BPR 10:1) at speed 90 rpm, for 6 hours. Compaction was carried out in two directions with pressure variants of 5000, 5400 and 5800 Psi at temperature 350°C for 10 minutes. The sintering process was carried at temperature 600°C with holding time of 10 minutes. Friction coefficient testing is carried out to calculate the wear by following the ASTM G99-05 standard. The results show that increasing the percentage reinforcement and compaction pressure can increase friction resistance, highest wear value of 0.055 gr with parameters (84% reinforcement, pressure 5000 Psi) and the lowest wear value of 0.032 parameters (92% reinforcement, pressure 5800 Psi).

Keywords : Brake pads; Compaction; Swipe Test

Abstrak

Aspek keselamatan adalah hal penting yang harus diperhatikan pada kendaraan, karena komponen yang tidak sesuai standar dapat memicu risiko serius. Penggunaan asbestos juga dapat berdampak buruk bagi Kesehatan, diakibatkan oleh paparan udara yang terkontaminasi dan dapat merusak sistem pernapasan. Penelitian ini bertujuan mengembangkan kampas rem ramah lingkungan, serta mengkaji pengaruh tekanan kompaksi panas dua arah dan persentase volume penguat terhadap koefisien gesek. Penelitian ini menggunakan metode metalurgi serbuk yang dimulai dari proses pencampuran serbuk aluminium daur ulang, pasir silika, dan abu terbang cangkang kelapa sawit (*boiler fly ash*), menggunakan mesin ball mill (BPR 10:1) dengan kecepatan 90 rpm, selama 6 jam. Kompaksi dilakukan dua arah dengan varian tekanan sebesar 5000 Psi, 5400 Psi, dan 5800 Psi pada suhu 350°C selama 10 menit. Proses sintering dilakukan pada suhu 600°C dengan waktu tahan selama 10 menit. Pengujian koefisien gesek dilakukan untuk menghitung laju keausan dengan mengikuti standar ASTM G99-05. Hasilnya menunjukkan peningkatan persentase penguat dan tekanan kompaksi dapat meningkatkan ketahanan gesek, dengan keausan tertinggi 0,055 gr dengan parameter (penguat 84%, tekanan 5000 Psi) dan nilai keausan yang terendah 0,032 parameter (penguat 92%, tekanan 5800 Psi).

Kata kunci: Kampas Rem; Kompaksi; Uji Gesek

1. PENDAHULUAN

Aspek keselamatan merupakan hal yang yang harus diperhatikan pada setiap jenis kendaraan, pembuatan komponen yang tidak sesuai standar dapat menyebabkan beberapa resiko yang serius. Berdasarkan data dari Dirjen Perhubungan Darat, tingkat

kecelakaan di Indonesia tahun 2001- 2018 meningkat dibandingkan Eropa sampai Amerika Serikat terutama untuk kasus rem blong. Gagal nya pengereman di karenakan beberapa komponen tidak bekerja dengan baik, terkhususnya pada kampas rem [1].

penggunaan bahan asbestos dapat memberikan dampak negatif terhadap

kesehatan. Hal ini disebabkan oleh paparan udara yang terkontaminasi asbestos, yang dapat menyebabkan gangguan serius pada sistem pernapasan. Hingga saat ini, sebanyak 67 negara telah melarang penggunaan asbestos karena sifatnya yang tidak ramah terhadap lingkungan maupun kesehatan[2].

Sebagai alternatif bahan untuk pembuatan kampas rem, material non-asbestos seperti aluminium dapat digunakan. Penggunaan material aluminium dalam proses pembuatan komposit matrik sangat sering, dikarenakan melimpahnya jumlah material ini pada kerak bumi. Beberapa keunggulan aluminium yaitu tahan terhadap korosi, memiliki konduktivitas dan elastisitas yang baik, serta biaya daur ulang yang cukup terjangkau dikarenakan densitas dan titik lebur yang rendah[3].

Dalam teknologi metalurgi serbuk proses kompaksi memiliki peran penting dalam meningkatkan tingkat kepadatan dan nilai densitas pada produk yang bersifat komposit. Pada pembuatan komposit matrik logam biasanya dilakukan proses kompaksi panas, sebab pada proses penekanan, ikatan antar serbuk matrik dan serbuk penguat lebih optimal dikarenakan sifat pembasahan pada proses kompaksi panas[4].

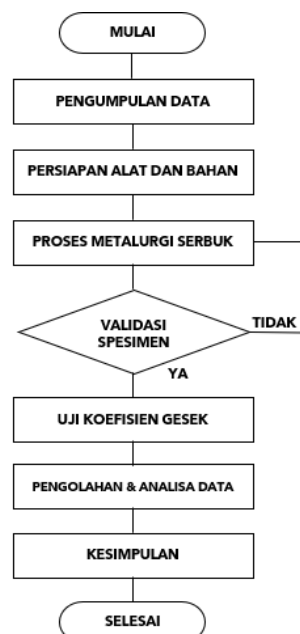
Boiler Fly-Ash (BFA) adalah abu terbang yang dihasilkan dari industri pengolahan kelapa sawit dan pembakaran

batubara. Dalam konteks pengolahan kelapa sawit, BFA terbentuk dari pembakaran residu biomassa kelapa sawit seperti tandan kosong, cangkang, dan serabut yang digunakan dalam boiler untuk menghasilkan energi uap[5]. Di Indonesia sendiri dapat menghasilkan Boiler Fly Ash dengan jumlah yang banyak sekitar 9,375 juta ton setiap tahunnya[6]. *Boiler Fly Ash* yang dihasilkan dari industri pengolahan minyak kelapa sawit mengandung kadar silika yang tinggi, yaitu sebesar 92,288%[7].

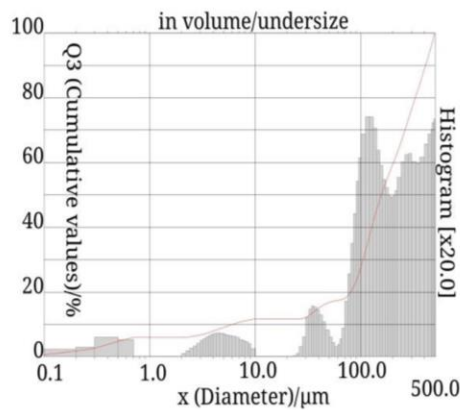
Silika adalah pasir yang mengandung mineral SiO_2 dengan massa jenis 2,60–2,66, kekerasan 7,0 (skala Mohs), dan titik lebur sekitar 1715°C. Pasir ini tersusun dari SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , Fe_2O_3 , TiO_2 , MgO , dan K_2O , terbentuk alami melalui erosi batuan yang terbawa air hingga mengendap di cekungan. Pasir silika melimpah di Indonesia dan sering digunakan dalam industri metalurgi karena sifatnya yang beragam[8]. Meningkatnya permintaan aluminium dan mahalnya produksi aluminium primer mendorong pengembangan AMC berbahan paduan aluminium daur ulang dan tailing pasir silika tanpa ekstraksi untuk efisiensi biaya[9].

2. METODE PENELITIAN

2.1 Prosedur Penelitian



Gambar 1. Diagram Penelitian



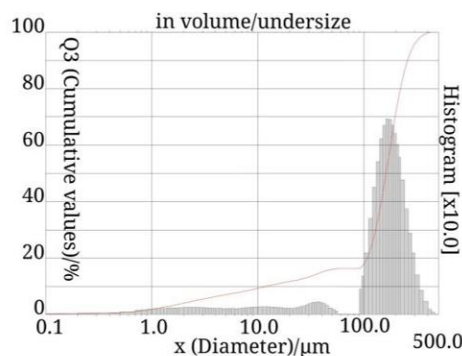
Gambar 2. Grafik *Particle Size Analyzer Aluminium* D50:282,53 μm

2.2 Alat dan Bahan

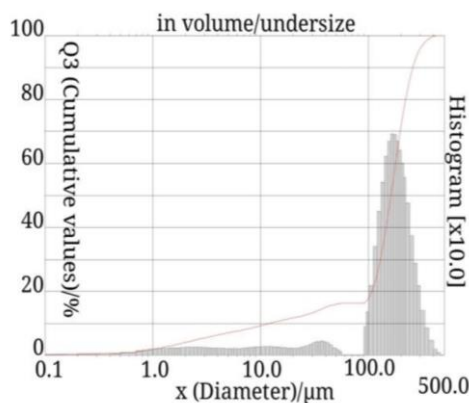
Dalam penelitian ini alat dan bahan yang digunakan yaitu timbangan digital, *Ball Milling Machine*, *Press Hydraulic*, *Thermocouple*, *Mixer*, cetakan, *Thermogun*, alat uji gesek *Pin On Disc*.

Bahan penelitian yang digunakan yaitu serbuk aluminium daur ulang sebagai matrix dengan ukuran *Particle Size Analyzer* D50:282,53 μm seperti ditunjukkan pada gambar 1. Berdasarkan hasil pengujian

komposisi kimia di Laboratorium Logam Ceper, serbuk ini memiliki komposisi senyawa yang terdiri dari 83,4% Al, 10,09% Si dan 2,6% Cu(FeO_2). Sedangkan untuk fillernya yaitu *boiler fly ash* cangkang kelapa sawit dengan ukuran *Particle Size Analyzer* D50:155,63 μm yang dilihat pada gambar 2. Dan pasir silika SiO_2 dengan ukuran serbuk sebesar D50:164 μm ditampilkan pada gambar 3.



Gambar 3. Grafik *Particle Size Analyzer Pasir Silika* D50:155,63 μm



Gambar 4. Grafik *Particle Size Analyzer Boiler Fly Ash* D50:164 μm

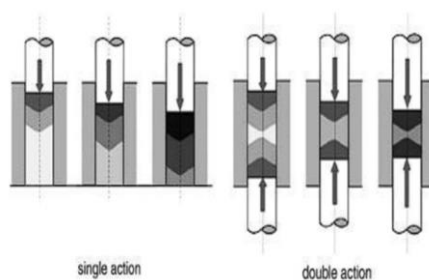


Gambar 5. Serbuk Matriks Dan Penguat

2.2 Proses Penelitian

Proses pembuatan spesimen uji pada penelitian ini dilakukan menggunakan metode metalurgi serbuk, yang mencakup beberapa tahap: penggilingan serbuk, kompaksi panas dengan pepadatan dua arah, dan sintering. Pada tahap penggilingan serbuk, digunakan mesin *horizontal ball mill* dengan kecepatan 90 rpm selama 6 jam, semakin lama proses penggilingan berlangsung semakin tinggi tingkat keseragaman ukuran partikel yang dihasilkan[10]. Rasio berat bola terhadap serbuk adalah 10:1. Metode yang digunakan adalah *mechanical alloying* untuk menghasilkan serbuk yang lebih halus. Proses penggilingan dilakukan sebanyak tiga kali dengan variasi persentase penguat sebesar 8%,12%, dan 16%.

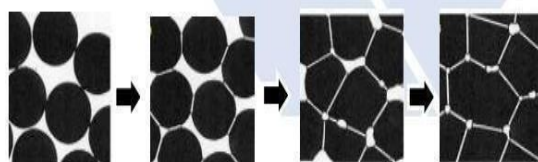
Tahap kompaksi panas bertujuan untuk memadatkan serbuk yang akan digunakan. Proses ini menggunakan alat hidraulik dengan dua arah penekanan, yaitu dari atas dan bawah, serta dilengkapi dengan *pressure gauge*. Selama proses, *thermocouple* digunakan untuk memanaskan serbuk. Cetakan diletakkan pada *thermocouple*, kemudian serbuk dimasukkan secara merata ke dalam cetakan. Besi berbentuk cincin dimasukkan ke dalam cetakan untuk membantu pepadatan, lalu ditekan menggunakan alat hidraulik dengan tekanan bervariasi selama 10 menit, yaitu 5000 psi, 5400 psi, dan 5800 psi, pada suhu 350°C. Setelah proses selesai, cetakan didinginkan dan sampel dikeluarkan.



Gambar 6. Ilustrasi Penekanan Dua Arah

Tahap selanjutnya adalah persiapan sampel yang telah dicetak setelah proses kompaksi panas selesai dilakukan. Sampel dimasukkan ke dalam pemanas dan dipanaskan hingga mencapai suhu 600°C.

Selama proses pemanasan, suhu tersebut dipertahankan selama 10 menit (waktu penahanan). Setelah proses selesai, sampel didinginkan secara bertahap di dalam furnace untuk mencegah terjadinya retak.



Gambar 7. Ilustrasi Partikel Saat Proses Sintering

2.3 Metode Pengolahan Dan Analisa Data

Dalam penelitian ini untuk menganalisa data digunakan metode desain full faktorial. Faktor-faktor yang dipertimbangkan adalah variasi volume serbuk dan tingkat kompaksi, masing-masing dengan tiga tingkat yang berbeda. Dengan mempertimbangkan interaksi antara kedua faktor ini, total terdapat 9 sampel yang dihasilkan.

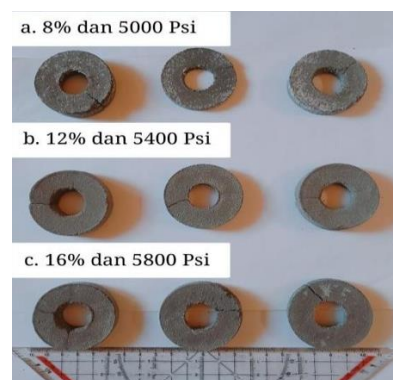
2.4 Metode Pengujian

Pengujian dilakukan kurang lebih 20 hari setelah proses pemanasan dan sintering, agar sampel yang di uji relatif stabil. Dalam tahap pengujian gesek ini, digunakan mesin pin on disk untuk pengujian, di mana dua

permukaan saling berinteraksi menggunakan perangkat uji dengan parameter yaitu beban yang diberikan pada sampel, laju kecepatan pada alat uji, serta waktu tunggu pada saat proses pengujian sesuai pedoman ASTM G99-05.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sampel yang telah dicetak berbentuk cincin dengan ukuran diameter luar 50 mm dan diameter dalam 20 mm, jumlah sampel sebanyak 9 sampel yang di hasilkan dari metode full faktorial 2 faktor yaitu tekanan hidrolik dan volume penguat, yang masing-masing faktor terdapat 3 level.

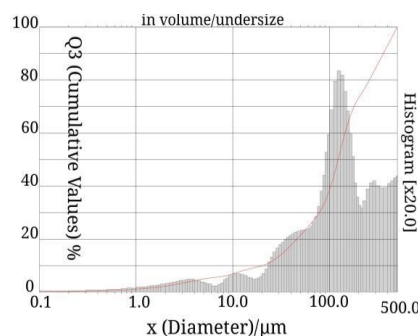


Gambar 8. Sampel Penelitian

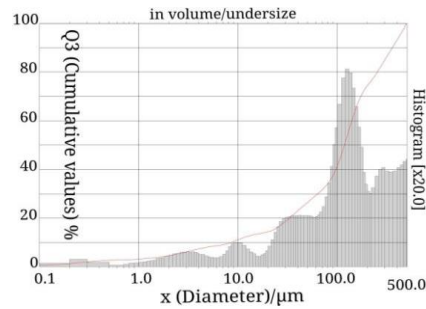
3.1 Hasil Pemaduan Mekanik

Proses pemaduan mekanik ini melibatkan penggerusan dan pencampuran yang terjadi secara bersamaan. Selama 6 jam pencampuran, ukuran partikel serbuk campuran menjadi lebih kecil dibandingkan sebelum proses dilakukan. Berdasarkan hasil pengujian menggunakan *Particle Size*

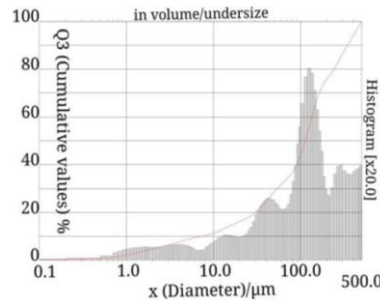
Analyzer, ukuran partikel campuran setelah pencampuran mekanik menunjukkan nilai D50 sebesar 122 μm untuk persentase penguat 8% ditunjukkan pada gambar 8. Untuk persentase penguat 12%, ukuran partikel D50 tercatat sebesar 117 μm dilihat pada gambar 9, sedangkan untuk penguat 16%, nilai partikel D50 mencapai 112 μm dilihat kan pada gambar 10.



Gambar 9. *Particle Size Analyzer* Penguat 8% D50:122 μm



Gambar 10. Particle Size Analyzer Penguat 12% D50:117 µm



Gambar 11. Particle Size Analyzer Penguat 16% D50:112 µm

3.2 Hasil Pengujian Koefisien Gesek

Pada penelitian ini pengujian gesek yang dilakukan menggunakan alat uji *Pin On Disk*, dengan parameter pengujian tetap yaitu beban yang diberikan pada sampel sebesar 2 Kg, kecepatan putar 65 rpm, dan durasi pengujian selama 4 menit, sebanyak 9 sampel dengan berbagai komposisi dan tekanan yang berbeda. Berikut merupakan rumus untuk

mengetahui laju keausan dari uji koefisien gesek tersebut.

$$W = \frac{V_i - V_f}{\tau} = \Delta V$$

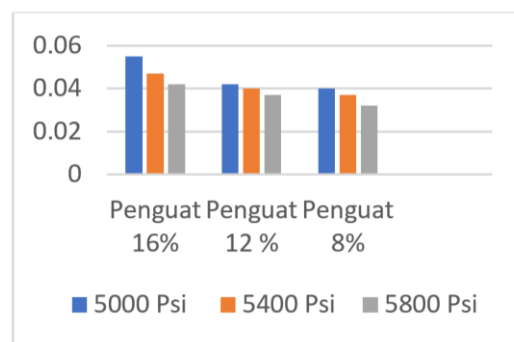
W = Wear rate atau laju aus (gr/menit)

V_i = Volume awal spesimen (gr)

V_f = Volume akhir setelah uji (gr)

τ = Waktu lama uji (menit)

ΔV = Volume goresan yang hilang (gr)



Gambar12. Uji Koefisien Gesek

Dari gambar 1 menunjukkan hasil uji koefisien gesek terdapat nilai keausan tertinggi ditunjukkan pada persentase 16% penguat serta tekanan kompaksi 5000 Psi menghasilkan nilai keausan yang terbuang sebanyak 0,055

gr, sedangkan nilai terendah yang dihasilkan pada persentase penguat 8% serta tekanan kompaksi sebesar 5800 Psi menghasilkan keausan volume yang terbuang dengan memiliki nilai hanya 0,032 gr.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian gesek dari tabel 1, nilai keausan tertinggi ditujukan pada persentase penguat 16% serta tekanan kompaksi sebesar 5000 psi mengalami keausan dengan nilai 0,055 gr, begitu juga sebaliknya nilai keausan paling rendah pada pengujian tersebut ditujukan pada persentase penguat 8% serta besar tekanan sejumlah 5800 Psi mempunyai goresan volume terbuang dengan nilai 0,032 gr. Hal ini dapat disimpulkan semakin tinggi penguat (filler) maka semakin tinggi nilai keausan yang dihasilkan akibat gesekan pada alat uji koefisien gesek, sebaliknya jika semakin tinggi volume pengikat maka nilai keausan akan lebih rendah. Akan tetapi hal tersebut tidak mendapatkan hasil optimal untuk sistem pengereman.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan ini saya sebagai penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas dukungan, doa, dan bimbingan dalam penelitian ini kepada :

- Orang tua dan keluarga atas doa dan dukungan lainnya, yang selalu berjuang dan memberi tanpa rasa pamrih.
- Dosen pembimbing saya pak Nanda Pranandita, S.S.T.,M.T. dan pak Dr. Sukanto, S.S.T.,M.Eng. atas kesabaran dalam membimbing dan mengarahkan penelitian saya.
- Kawan-kawan yang selalu memotivasi dan memberi bantuan, serta saling menguatkan.

Tanpa doa, dukungan, kontribusi, serta kehadiran mereka, saya sebagai penulis tidak dapat menyelesaikan penulisan jurnal ini dengan baik, Sekian terima kasih

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Emir Yanwardhana, "Tingkat Kecelakaan Di RI Melesat, Terbanyak Kasus Rem Blong," CNBC, Indonesia.
- [2] I. B. A. NETWORK, "67 Negara telah

- melarang asbes, Indonesia Kapan?," 2022. [Online]. Available: <https://inaban.org/67-negara-telah-melarang-asbes-indonesia-kapan/>
- [3] M. Rismiani, "Ketahanan Korosi Sistem Lapisan Al dan Nicrsi dengan Metode Thermal Spray," *Repository.Uinjkt.Ac.Id*, pp. 1–87, 2020.
- [4] M. Asep, "PENGARUH VARIASI TEKANAN KOMPAKSI PANAS TERHADAP DENSITAS DAN KEKERASAN AMC DIPERKUAT SiO₂," *Mach. J. Tek. Mesin*, vol. 9, no. 1, pp. 1–7, 2023, doi: 10.33019/jm.v9i1.3606.
- [5] H. Oktavianty, "Sintesis Zeolit X dari Fly Ash Boiler Pabrik Kelapa Sawit sebagai Adsorben Pemurnian Biodiesel," *Sang Pencerah J. Ilm. Univ. Muhammadiyah But.*, vol. 8, no. 2, pp. 430–443, 2022, doi: 10.35326/pencerah.v8i2.1938.
- [6] Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit, "Grant Riset Sawit," pp. 5–24, 2023.
- [7] S. Ahyuriza, "Analisis Pengaruh Variasi Konsentrasi Fly Ash Kelapa Sawit Terhadap Filtration Loss Dan FreeWater Pada Semen Pemboran Kelas G," pp. 10–48, 2019.
- [8] Suparyanto dan Rosad (2015, "Pengaruh Ukuran Partikel Pasir Silika Sebagai Bahan Penguat Terhadap Kekerasan Dan Kekasaran Pelet Komposit," *Suparyanto dan Rosad (2015*, vol. 5, no. 3, pp. 248–253, 2020.
- [9] . S., R. Soenoko, W. Suprpto, and Y. S. Irawan, "Characterization of aluminium matrix composite of Al-ZnSiFeCuMg alloy reinforced with silica sand tailings particles," *J. Mech. Eng. Sci.*, vol. 14, no. 3, pp. 7094–7108, 2020, doi: 10.15282/jmes.14.3.2020.11.0556.
- [10] R. Soenoko, "THE EFFECT OF MILLING TIME ON THE ALUMINA PHASE TRANSFORMATION IN THE AMCs POWDER METALLURGY REINFORCED BY SILICA-SAND-TAILINGS," no. 1, pp. 103–117, 2022, doi: 10.21303/2461-4262.2022.001906.