

Pembuatan Komposit Matrik *Resin Fenolik* Di Perkuat Paduan Logam Dan *Bagasse Ash* Menggunakan Metode Metalurgi Serbuk

Muhammad Fadhil¹, Sukanto¹, Erwanto¹, Abdul Budi¹, Agus Wanto¹

¹Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat

*E-mail : muhammadpadil1029@gmail.com

Received: 3 Desember 2025; Received in revised form: 3 Desember 2025; Accepted: 10 Desember 2025

Abstract

This study aims to develop phenolic resin-based composite materials with the addition of aluminum, brass, silica, and bagasse ash powders as reinforcing materials, using powder metallurgy methods. The specimen manufacturing process was carried out through mixing stages using a ball mill, hot compaction with pressure variations of 5000 psi, 5300 psi, and 5600 psi, and sintering at a temperature of 130°C for 10 minutes. The tests were conducted at the Mechanical Engineering Laboratory of the Bangka Belitung State Polytechnic, including hardness tests (ASTM E110-14) and density tests (ASTM B962-17). The results showed that the pressing pressure and composition variations had a significant effect on the mechanical properties of the composite. The highest hardness value was obtained at a composition of 35% with a pressure of 5600 psi, while the optimal density was obtained at a composition of 31% with a pressure of 5300 psi. Overall, the combination of the right process parameters proved to be able to improve the quality of the composite, so that this material has the potential to be used as an alternative to asbestos-based brake pads.

Keywords: Composite; Phenolic Resin; Bagasse Ash; Hardness; Density

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan material komposit berbasis resin fenolik dengan penambahan serbuk aluminium, kuningan, silika, serta bagasse ash sebagai material penguat, melalui metode metalurgi serbuk. Proses pembuatan spesimen dilakukan melalui tahapan mixing menggunakan ball mill, kompaksi panas dengan variasi tekanan 5000 Psi, 5300 Psi, dan 5600 Psi, serta sintering pada suhu 130°C selama 10 menit. Pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, meliputi uji kekerasan (ASTM E110-14) dan uji densitas (ASTM B962-17). Hasil menunjukkan bahwa tekanan pencetakan dan variasi komposisi memberikan pengaruh signifikan terhadap sifat mekanik komposit. Nilai kekerasan tertinggi diperoleh pada komposisi 35% dengan tekanan 5600 Psi, sedangkan densitas optimal diperoleh pada komposisi 31% dengan tekanan 5300 Psi. Secara keseluruhan, kombinasi parameter proses yang tepat terbukti mampu meningkatkan kualitas komposit, sehingga material ini berpotensi digunakan sebagai alternatif pengganti bantalan rem berbasis asbes.

Kata kunci: Komposit; Resin Fenolik; Bagasse Ash; Kekerasan; Densitas

1. PENDAHULUAN

Masih banyak masyarakat yang tidak menyadari bahwa kinerja sistem pengereman pada kendaraannya telah menurun dan tidak lagi berfungsi secara optimal. Sebagian pengguna kendaraan bermotor juga belum memahami dengan baik cara kerja sistem rem, komponen-komponennya, serta metode perawatan yang tepat untuk menjaga

performa rem. Padahal, pemahaman dan perawatan yang benar sangat penting agar sistem pengereman dapat bekerja maksimal dan menjamin keselamatan saat berkendara [1].

Secara umum, bantalan rem tersusun dari serat asbes yang tertanam dalam matriks polimer bersama berbagai bahan tambahan lainnya [2]. Penggunaan bahan asbestos

dapat menimbulkan dampak negatif bagi kesehatan. Hal ini terjadi karena paparan udara yang mengandung partikel asbestos dapat menyebabkan gangguan serius pada sistem pernapasan. Hingga kini, tercatat sebanyak 67 negara telah melarang penggunaan asbestos karena sifatnya yang berbahaya bagi kesehatan dan tidak ramah terhadap lingkungan [3]. Sebagai pengganti material berbasis asbes, telah dikembangkan material komposit dengan matriks polimer, khususnya yang menggunakan resin fenolik, guna meningkatkan kinerja sekaligus meminimalkan dampak negatif terhadap kesehatan dan lingkungan. Pembuatan material komposit dapat dilakukan melalui berbagai metode, seperti *stir casting*, *powder metallurgy*, *compo casting*, *friction stir casting*, *roll bonding*, serta beberapa teknik lain yang disesuaikan dengan karakteristik material dan tujuan penggunaannya [4]. Komposit merupakan material yang dibentuk dari dua atau lebih jenis bahan penyusun yang memiliki sifat serta karakteristik berbeda [5]. Komposit terdiri atas dua jenis material berbeda, yakni matriks yang berperan sebagai pengikat dan penguat (*reinforcement*) yang berfungsi meningkatkan kekuatan material. Pada umumnya, serat kaca (*fiberglass*) digunakan sebagai komponen penguat, sedangkan matriksnya menggunakan resin yang dikombinasikan dengan katalis [6].

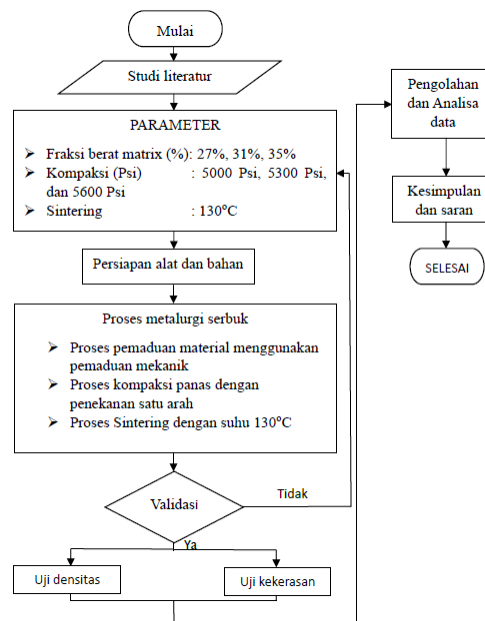
Pada penelitian ini digunakan campuran serbuk logam yang meliputi kuningan (CuZn), aluminium (Al), serta silika (SiO₂), dengan penambahan serbuk ampas tebu (*bagasse ash*) sebagai material penguat. Kuningan merupakan paduan antara seng (Zn) dan tembaga (Cu) yang bersifat opak. Material ini memiliki kemampuan hantaran listrik yang baik serta menunjukkan sifat keuletan yang tinggi, sehingga dapat ditarik atau dibentuk [7]. Aluminium (Al) memiliki tingkat keuletan yang tinggi, sehingga mudah dibentuk dan menunjukkan kemampuan formabilitas yang baik. Logam ini juga bersifat tahan korosi karena termasuk kelompok logam *non-ferro*. Selain itu, aluminium mempunyai densitas yang rendah, serta merupakan penghantar panas dan listrik yang baik, dengan daya hantar mencapai sekitar

60% dari tembaga. Aluminium juga bersifat tidak beracun, sehingga aman untuk berbagai aplikasi [8]. Silika merupakan hasil polimerisasi dari asam silikat, tersusun atas rangkaian unit tetrahedral SiO₄ dengan formula umum SiO₂. Di alam, senyawa ini banyak dijumpai pada berbagai material mineral, antara lain kuarsa dan pasir [9]. *Bagasse ash* atau abu ampas tebu merupakan produk samping dari proses penggilingan dan ekstraksi sari tebu. Limbah padat yang tertinggal setelah proses pemerasan bubur tebu dikenal sebagai *sugarcane bagasse* (SCB) [10]. Ampas tebu memiliki kandungan selulosa serta struktur kristalin yang tinggi, sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan alternatif untuk komponen penguat pada material komposit [11].

Metalurgi serbuk (*powder metallurgy*) merupakan suatu teknologi pemrosesan logam di mana komponen atau bagian tertentu dibuat dari serbuk logam. Proses ini diawali dengan menekan serbuk logam hingga membentuk geometrinya sesuai kebutuhan (*pressing*). Tahap berikutnya adalah pemanasan serbuk yang telah dipadatkan tersebut agar partikel-partikelnya saling berikatan dan membentuk struktur yang kaku, proses yang dikenal sebagai sintering [12]. Teknik ini memberikan kemampuan untuk mengontrol toleransi dengan sangat presisi, memproduksi bentuk-bentuk bergeometri kompleks, serta mencapai tingkat reproduktibilitas yang tinggi. Selain itu, proses ini menghasilkan laju pendinginan yang relatif cepat, sehingga mendukung peningkatan efektivitas teknik atomisasi dalam pembuatan paduan logam yang bersifat kompleks [13].

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian secara umum memaparkan tahapan-tahapan yang dilakukan dalam proses pembuatan komposit resin fenolik. Seluruh rangkaian proses tersebut disusun secara sistematis dan direpresentasikan melalui diagram alir, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

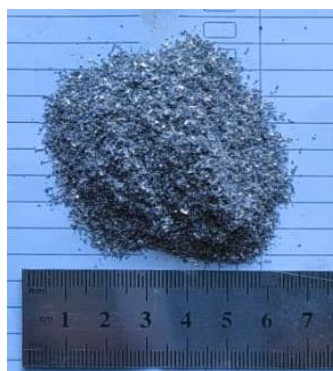
2.1 Bahan Penelitian

Material yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas resin fenolik FRJ 551 sebagai matriks (pengikat), serta serbuk aluminium, serbuk kuningan, serbuk ampas tebu, dan pasir silika sebagai material

penguat. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan secara visual pada gambar berikut: resin fenolik (Gambar 2), aluminium (Gambar 3), kuningan (Gambar 4), pasir silika (Gambar 5), dan ampas tebu atau *bagasse ash* (Gambar 6).



Gambar 2. Fenolik resin



Gambar 3. Aluminium



Gambar 4. Kuningan



Gambar 5. Pasir silika



Gambar 6. Ampas tebu

2.2 Proses Pembuatan Spesimen

Berikut proses pembuatan spesimen yang dilakukan:

1. Pencampuran (*Mixing*)

Proses pemaduan mekanis dilakukan dengan mencampurkan bubuk resin fenolik, aluminium, kuningan, silika, dan bagasse ash menggunakan ball mill. Pada tahap ini digunakan rasio bola baja terhadap bubuk (*ball to powder ratio/BPR*) sebesar 10:1, kecepatan putar 90 rpm, dan waktu penggilingan selama 4 jam (240 menit). *Mechanical alloying* terdiri atas dua proses yang berlangsung secara simultan, yaitu pencampuran dan penggilingan, yang bertujuan menghasilkan distribusi serbuk yang lebih merata serta membentuk partikel

halus dan seragam sebelum terbentuknya paduan mekanis. Variasi persentase matriks dan penguat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 27% matriks & 73% penguat,
- 31% matriks & 60% penguat,
- 35% matriks & 65% penguat.

2. Kompaksi (*Compaction*)

Proses pemadatan dilakukan menggunakan mesin press hidrolik yang dilengkapi dengan alat pembaca tekanan. Pada tahap kompaksi panas (*hot compaction*), cetakan dipasang pada mesin, kemudian bubuk dimasukkan secara merata. Cetakan besi berbentuk lingkaran ditempatkan pada alat, dan tekanan diberikan dari arah atas menggunakan alat ukur tekanan. Kompaksi panas dilakukan

dengan variasi tekanan sebesar 5000 Psi, 5300 Psi, dan 5600 Psi selama 10 menit.

3. Sintering

Perlakuan panas menggunakan metode sintering bertujuan untuk menyatukan partikel komposit melalui reaksi termal dan kimia yang terjadi selama proses berlangsung. Pada penelitian ini, proses sintering dilakukan pada suhu 130°C dengan waktu tahan selama 10 menit. Setelah penyinteran selesai, spesimen

dikeluarkan dari oven dan didinginkan pada suhu ruang.

2.3 Pengolahan Data

Pengujian dalam penelitian ini meliputi uji kekerasan yang dilakukan berdasarkan standar ASTM E110-14 [14] serta uji densitas yang mengacu pada standar ASTM B962-17 [15]. Peralatan uji yang digunakan ditampilkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 7. Alat uji kekerasan



Gambar 8. Alat uji densitas

Analisis data dilakukan menggunakan software Microsoft Excel. Pengujian kekerasan dan densitas dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin, Politeknik

Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Proses pengujian kekerasan dan densitas masing-masing ditunjukkan pada Gambar 9 dan Gambar 10.



Gambar 9. Proses uji kekerasan



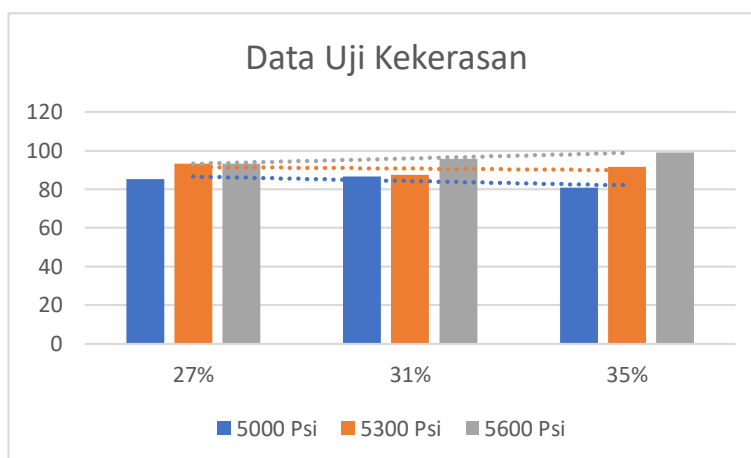
Gambar 10. Proses uji densitas

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil pengujian kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan menggunakan hardness tester portabel sesuai dengan standar ASTM E110-14,

pengujian dilakukan di Laboratorium Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, berikut merupakan grafik hasil rata-rata dari data hasil pengujian kekerasan dapat dilihat pada gambar 11 dibawah ini.



Gambar 11. Grafik Uji Kekerasan

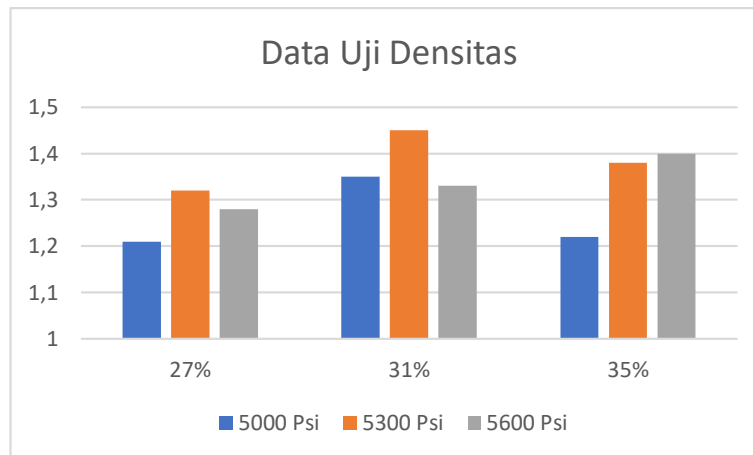
Grafik data uji kekerasan menunjukkan pengaruh variasi komposisi campuran (27%, 31%, dan 35%) serta tekanan pencetakan (5000 Psi, 5300 Psi, dan

5600 Psi) terhadap nilai kekerasan material. Terlihat bahwa tekanan 5600 Psi secara konsisten menghasilkan nilai kekerasan tertinggi pada setiap komposisi, sedangkan

tekanan 5000 Psi memberikan nilai terendah. Peningkatan persen komposisi dari 27% hingga 35% cenderung diikuti oleh kenaikan kekerasan, terutama pada tekanan tertinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa tekanan pencetakan memiliki pengaruh signifikan terhadap peningkatan kekerasan material, dan kombinasi terbaik diperoleh pada komposisi 35% dengan tekanan 5600 Psi sebagai kondisi yang menghasilkan kekerasan maksimal.

3.2 Hasil pengujian densitas

Pengujian densitas ini dilakukan menggunakan alat uji densitas. Standar digunakan ASTM B962-17, pengujian dilakukan di Laboratorium Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, berikut grafik hasil rata-rata dari data hasil pengujian densitas dapat dilihat pada gambar 12 dibawah ini.



Gambar 12. Grafik Uji Densitas

Grafik data uji densitas menunjukkan hubungan antara variasi komposisi campuran (27%, 31%, dan 35%) serta tekanan pencetakan (5000 Psi, 5300 Psi, dan 5600 Psi) terhadap nilai densitas material. Pada komposisi 27%, densitas meningkat dari tekanan 5000 Psi ke 5300 Psi, lalu sedikit menurun pada tekanan 5600 Psi. Komposisi 31% menunjukkan densitas tertinggi dibandingkan komposisi lainnya, terutama pada tekanan 5300 Psi, sehingga dapat dikatakan bahwa tekanan tersebut memberikan kondisi paling optimal pada komposisi 31%. Sementara itu, pada komposisi 35%, densitas kembali meningkat seiring kenaikan tekanan, dengan nilai tertinggi diperoleh pada tekanan 5600 Psi. Secara umum, grafik ini memperlihatkan bahwa densitas material dipengaruhi oleh kombinasi komposisi dan tekanan pencetakan, dimana komposisi 31% pada tekanan 5300 Psi menunjukkan hasil paling optimal, sedangkan peningkatan tekanan hingga 5600 Psi memberikan kontribusi terhadap peningkatan densitas pada komposisi 35%.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian kekerasan dan densitas, dapat disimpulkan bahwa tekanan pencetakan dan variasi komposisi campuran memberikan pengaruh signifikan terhadap sifat mekanik material komposit yang dihasilkan. Pada pengujian kekerasan, nilai tertinggi diperoleh pada komposisi 35% dengan tekanan 5600 Psi, yang menunjukkan bahwa peningkatan tekanan serta persentase penguat mampu meningkatkan kekerasan material secara konsisten. Sementara itu, hasil uji densitas menunjukkan bahwa kombinasi komposisi 31% dengan tekanan 5300 Psi merupakan kondisi paling optimal, sedangkan pada komposisi 35% densitas kembali meningkat seiring bertambahnya tekanan hingga 5600 Psi. Secara umum, kedua pengujian ini membuktikan bahwa parameter proses berupa tekanan dan komposisi sangat berperan dalam meningkatkan karakteristik material, sehingga pemilihan kombinasi parameter yang tepat menjadi kunci dalam menghasilkan komposit dengan performa terbaik.

UCAPAN TERIMAKASIH

Dengan ini saya sebagai penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar besarnya kepada:

- Direktur, Ketua Jurusan Teknik Mesin, Laboratorium Teknik Material dan Pengelasan, serta seluruh Laboran di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung atas dukungan berupa pendanaan, fasilitas, serta bantuan sarana dan prasarana yang telah diberikan selama pelaksanaan penelitian ini.
- Laboratorium Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya atas bantuan dan dukungannya dalam pelaksanaan pengujian *Particle Size Analyzer*.
- Dosen pembimbing saya pak Dr. Sukanto, S.S.T., M.Eng dan pak Erwanto, S.S.T., M.T atas bimbingan dan bantuannya dalam membantu saya menyelesaikan penelitian ini.

Tanpa dukungan, kontribusi, serta kehadiran mereka mungkin saya sebagai penulis tidak bisa menyelesaikan penelitian ini dengan baik. Dengan itu saya sebagai penulis mengucapkan sekian terimakasih.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aqiem maulana, Imam Prasetyo, T Towijaya, "Pengaruh Pemilihan Kampas Rem Pada Roda Depan Honda Sonic 150R," *SURYA TEKNIKA*, vol. 5, no. 2, pp. 15-19, 2021.
- [2] Muhammad Lazuardi I.S., Moh Hartono, "Pengaruh Komposisi dan Temperatur Material Biokomposit Terhadap Kinerja Kampas Rem Non Asbestos," *JURNAL ENERGI DAN TEKNOLOGI MANUFAKTUR (JETM)*, vol. 05, no. 01, pp. 29-34, 2022.
- [3] Sudrian Alfian, Nanda Pranandita, Sukanto, "Analisis Varian Tekanan Mesin Hidraulik Dan Persentase Filler Pada Kampas Rem AMC Berpenguat BFA Dan SiO₂ Terhadap Nilai Koefisien Gesek ASTM G99-05," *Jurnal Inovasi Teknologi Terapan (JITT)*, vol. 03, no. 2, pp. 458-464, 2025.
- [4] Ardiansyah, Sukanto, Yudi Oktriadi, "Pembuatan Komposit Matrik Resin Fenolik Diperkuat Serbuk Logam Dan RHA Hibrid Dengan Metode Metalurgi Serbuk," *Machine; Jurnal Teknik Mesin*, vol. 11, no. 2, pp. 135-142, 2025.
- [5] Fajar Paundra, Antonius Doni Setiawan, Abdul Muhyi, Fitrah Qalbina, "Analisis Kekuatan Tarik Komposit Hybrid Berpenguat Serat Batang Pisang Kepok Dan Serat Pinang," *Journal Mechanical Engineering (NJME)*, vol. 11, no. 1, pp. 9-13, 2022.
- [6] Alamsyah, Taufik Hidayat, Arif Nur Iskandar, "Pengaruh Perbandingan Resin Dan Katalis Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Fiberglass-Polyester Untuk Bahan Pembuatan Kapal," *JURNAL INOVASI SAINS DAN TEKNOLOGI KELAUTAN*, vol. 2, no. 2, pp. 26-32, 2021.
- [7] Aisyah Rana Nabila, Indah Chrysanti Angge, "Teknik Finishing Pewarnaan Pada Kerajinan Cor Logam Kuningan Di UD. Rizki Desa Cindogo, Tapen, Bondowoso," *Jurnal Seni Rupa*, vol. 10, no. 1, pp. 1-12, 2022.
- [8] M. Ardiansyah, "Tinjauan Skala Besaran Serbuk Aluminium Terhadap Hardness Pada Proses Metalurgi Serbuk," *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik (JIMT)*, vol. 4, no. 1, pp. 52-58, 2024.
- [9] Endang Ciptawati, Mohammad Hilfi Azra Dzirkulloh, Maya Oki Septiani, Viska Rinata, Deni Ainur Rokhim, Nabilah Azfa Fauziyyah, Dinda Sribuana, "Analisis Kandungan Mineral dari Lumpur Panas Sidoarjo Sebagai Potensi Sumber Silika dan Arah Pemanfaatannya," *Indonesian Journal of Chemical Analysis (IJCA)*, vol. 05, no. 01, pp. 18-28, 2022.
- [10] Hafiz Nopal Ridani, Sukanto, Rodika, "Kajian Komposit Matrik Alumunium Untuk Kampas Rem Sepeda Motor Diperkuat Pasir Silika Hibrid (SiO₂/BA/RHA) Dengan Metode Metalurgi Serbuk," *Jurnal Inovasi Teknologi Terapan (JITT)*, vol. 03, no. 1, pp. 36-42, 2025.
- [11] Aap Pandriana, Hadi Pranoto, Sagir Alva, "Ulasan : Pembuatan Komposit Kampas Rem Dari Serat Alami," *Teknologi & Mechanical Engineering Seminar (TESME)*, vol. 1, no. 1, pp. 1-9, 2024.
- [12] Agung Supriyanto, Stanislaus Aprilla Krisna, Muh. Vendi Hermawan, "Eksperimen Variasi Ukuran Butir Dan

-
- Tekanan Kompaksi campuran Al-Si Terhadap Densitas Dan Porositas Metode Metalurgi," *Jurnal Teknik (JTe)*, vol. 7, no. 3, pp. 108-115, 2022.
- [13] S. W. R. B. Hayati, "Struktur dan Sifat Korosi Paduan Kobalt Akibat Penambahan Kromium (Cr) dengan Metode Metalurgi Serbuk," *JURNAL KOLABORATIF SAINS (JKS)*, vol. 6, no. 9, pp. 1149-1156, 2023.
- [14] A. E110-14, "Standard Test Method For Rockwell And Brinell Hardness Of Metallic Materials By Portable Hardness Testers," *Astm International, West Conshohocken, Pa*, 2010.
- [15] A. B962-17, "Standard Test Method For Density Of Compacted Or Sintered Powder Metallurgy (PM) Product Using Archimedes' Principle," *Astm International, West Conshohocken, Pa*, Apr. 01, 2017.