

## Efek Pemadatan Panas pada Komposit Matrik Aluminium Diperkuat Alumina atau Baggase Ash Densitas dan Kekerasan

Tegar Ade Guna<sup>1</sup>, Rodika<sup>1</sup>, Mego Wahyudi<sup>1</sup>, Sukanto<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat

\*E-mail : [sukanto@polman-babel.ac.id](mailto:sukanto@polman-babel.ac.id)

Received : 2 Februari 2024; Received in revised form : 19 Februari 2024;

Accepted : 22 Februari 2024

### Abstract

*Baggase Ash waste in Indonesia is very abundant, so that in 2021 Indonesia exported 120 metric tons of bagasse to Yokohama, Japan. This study aims to determine the effect of volume fraction and sintering temperature on density and hardness of Aluminum (Al) Matrix Composite reinforced with Alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) and Baggase Ash using powder metallurgy method. The mixing process of the composite material powders used a ball mill machine with ball ratio parameters of 10:1 and stirring time for 2 hours at a rotating speed of 90 rpm. The parameters set are mechanical fusion for 2 hours, a compaction pressure of 6000 Psi, a sintering temperature varied by three kinds of 550 °C, 580 °C, 610 °C with a holding time duration of 15 minutes, and with three kinds of aluminum matrix fractions, namely 95%, 90%, 85% with alumina alloy reinforcement and baggase ash is 5%, 10%, 15%. The largest density number is obtained at 5% reinforcement content, that is 2,228 g/cm<sup>3</sup> based on ASTM B962-17 standard and the largest hardness number is obtained in the 5% sample, that is 41.6 HB ASTM E110-14 standard.*

**Keywords:** *Aluminium matrix composite; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; Baggase ash; Brake canvass; Powder metallurgy.*

### Abstrak

Limbah Baggase Ash di Indonesia sangat melimpah, sehingga pada tahun 2021 Indonesia mengeksport sebanyak 120 metrik ton ampas tebu ke Yokohama, Jepang. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui pengaruh fraksi volume dan suhu sintering terhadap densitas dan kekerasan Komposit Matrik Aluminium (Al) diperkuat Alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dan Baggase Ash dengan menggunakan metode metalurgi serbuk. Proses pencampuran serbuk material penyusun komposit ini menggunakan mesin *ball mill* dengan parameter rasio bola 10:1 dan waktu pengadukan selama 2 jam dengan kecepatan putar 90 rpm. Parameter yang ditetapkan adalah pemaduan mekanik selama 2 jam, tekanan kompaksi sebesar 6000 Psi, temperature *sintering* divariasikan tiga macam yaitu 550°C, 580°C, 610°C dengan durasi waktu penahanan 15 menit, serta dengan fraksi matrik aluminium tiga macam variasi yaitu 95%, 90%, 85% dengan penguat paduan alumina dan *baggase ash* adalah 5%, 10%, 15%. Pengujian densitas dilakukan dengan berpedoman pada hukum Archimedes dengan mengacu standar ASTM B962-17, sedangkan untuk uji kekerasan berpedoman pada uji kekerasan *brinell portable* dengan standar ASTM E110-14. Angka densitas terbesar didapatkan pada kandungan penguat yang 5% yaitu 2,228 g/cm<sup>3</sup> serta angka kekerasan yang paling besar didapat pada sampel yang 5% yaitu 41,6 HB.

**Kata kunci:** Abu ampas tebu; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; Kampas rem; Komposit matrik aluminium; Metalurgi serbuk

## 1. PENDAHULUAN

Limbah *Baggase Ash* di Indonesia sangat melimpah, sekitar 2.364.321 ton per tahun, sehingga pada tahun 2021 Indonesia mengeksport sebanyak 120 metrik ton ampas tebu ke Yokohama, Jepang [1]. Kombinasi material yang dibentuk dari 2 campuran atau lebih dengan tujuan menemukan *mechanical properties* atau sifat mekanik yang lebih bagus dan lebih berkualitas [2]. Rem adalah salah satu bagian alat pengangkutan yang sangat berarti pada jenis alat transportasi. Rem ini bisa memperlambat ataupun menyudahi lajunya alat transportasi sesuai dengan yang kita harapkan [3].

Aluminium juga memiliki kelebihan yaitu bisa digunakan pada temperature yang relative rendah berkisar pada suhu 200°C - 590°C, jenjang kekerasan serta ketahanan aus yang relative kecil, otoritas mekanis dari aluminium bisa ditingkatkan dengan metode pemaduan antara aluminium dengan komponen lain. Faktor itu mencakup tembaga, magnesium, silikon, mangan, serta seng [4]. Saat ini komposit matriks aluminium merupakan material yang sangat diminati dalam industri dirgantara, industri otomotif dan aplikasi teknik lainnya. Komposit matriks aluminium mendapatkan popularitas yang luas di sektor transportasi. Komposit adalah material yang terdiri dari konstituen yang dihasilkan dengan kombinasi fisik senyawa monolitik yang sudah ada sebelumnya untuk memperoleh material baru dengan sifat unik dibandingkan dengan komposisi dasar [5]. Ampas tebu pada umumnya 48% serat. Ampas tebu adalah salah satu serat alam yang banyak terdapat di Indonesia. Tidak cukup dengan ketersediannya yang banyak, ampas tebu juga punya sifat yang tahan kelembapan dan tahan terhadap jamur. Selain itu, pemanfaatan ampas tebu punya potensi ekonomi yang bagus sebab bisa mendukung perekonomian [6].

Material paduan komposit yang terdiri dari dua bahan atau lebih, dimana sifat dari masing-masing bahan berbeda satu sama lain dalam sifat kimia dan fisik, dan dalam produk akhir material (materi paduan). Dengan bahan yang struktur berlawanan, paduan antar bahan harus tercampur secara homogen, maka harus ditambahkan bahan pembasah. Selain, hasil prosedur gabungan

dari setengah materi yang berbeda bisa menciptakan sifat paduan yang lebih unggul serta kuat. Mutu dari sifat paduan sebagai berikut, seperti material serbuk penyusun paduan punya kekakuan dan daya gesek yang tinggi, tahan pada korosi dan harga bahan yang relatif murah.

Tahapan-tahapan utama proses teknologi metalurgi serbuk secara umum meliputi: penyediaan dan perlakuan awal serbuk, pencampuran serbuk penyusun komposit, pemadatan atau kompaksi serta sintering dan terakhir pekerjaan finishing [7,8]. Perlakuan awal serbuk meliputi pekerjaan pembuatan atau penggilingan serbuk [9]. Kemudian penyaringan sesuai dengan ukuran yang dikehendaki (*meshing*) dan pemanasan awal. Sedangkan pencampuran serbuk dapat dilakukan dengan cara pemaduan mekanik atau *mechanical alloying*, umumnya dilakukan dengan serbuk matrik yang bersifat ulet dengan serbuk penguat yang bersifat keras tetapi rapuh, seperti pencampuran antara serbuk Aluminium sebagai matrik dan SiO<sub>2</sub> sebagai penguat. Pada proses pemaduan mekanik terjadi dua proses yang simultan yaitu penggilingan dan pencampuran [10]. Selanjutnya proses *sintering* harus dapat terkontrol suhunya agar produknya konsisten [11]. Pada umumnya proses sintering mengacu pada suhu matriknya, yaitu sekitar 90% dari titik cair aluminium [12].

Cara dan sistem sangat mempengaruhi sifat fisik serta mekanik produk yang diperoleh dari sistem metalurgi serbuk, seperti densitas, kekerasan, serta ketahanan aus. Interaksi yang digunakan, ada dua pilihan yang digunakan pada kompaksi, yaitu metode penekanan satu arah dan penekanan dua arah. Wajib meninjau berbagai elemen, mengingat keadaan serbuk yang dikompaksi mempunyai sifat yang kompleks, seperti sifat struktur yang bervariasi, dan juga sifat ikatan kimia antar serbuk berbeda-beda, dan ukuran serbuk bervariasi, jadi ada distribusi porositas, variasi bentuk, dan densitas [13].

## 2. METODE PENELITIAN

Prosedur studi pembuatan komposit matrik aluminium ini mengikuti tahapan-tahapan yang diuraikan berikut.

## 2.1. Studi Literatur dan Perancangan Parameter

Studi literatur ini sangat penting dilakukan pada riset ini lantaran sebagai pendukung guna mengeksplorasi serta memahami dasar-dasar pada riset kali ini. Parameter sistem yang telah ditetapkan untuk riset kali ini yakni durasi pemaduan mekanik selama 2 jam, tekanan kompaksi sebesar 6000 Psi, temperature sintering yang bervariasi 550°C, 580°C, 610°C dengan durasi tahan 15 menit, struktur aluminium dengan variasi 95%, 90%, 85%, alumina dan *baggage ash* yang bervariasi 5%, 10%, dan 15%.

## 2.2. Persiapan Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi *Ball mill machine* horizontal, timbangan digital, mesin press hidrolik dua arah, alat uji kekerasan *portable*, alat digital mikroskopik, oven, cetakan, thermocouple, gelas ukur, dan mesin press satu arah. Sedangkan serbuk bahan penyusun komposit meliputi: Serbuk aluminium hasil daur ulang sebagai matrik, yang memiliki struktur senyawa 83,40% Al, 2,674% Cu (FeO<sub>2</sub>) serta 10,09% Si, dengan ukuran Particle Size Analyzer D50:282,53 µm. Selanjutnya untuk serbuk alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) yang digunakan sebagai penguat pada penelitian ini memiliki komposisi senyawa 97,7%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 1,3%, 0,14% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, 0,47% dan 0,077% TiO<sub>2</sub> dengan ukuran Particle Size Analyzer bubuk alumina memiliki dimensi distribusi ialah D50:66,06 µm. Selanjutnya serbuk *Baggage Ash* merupakan hasil dari limbah tebu, dengan komposisi ukuran 61% Si, 8,18 K, 16,7 % Ca, 3,79% Fe Particle Size Analyzer bubuk *baggage ash* memiliki dimensi distribusi ialah D50:44,08 µm.

## 2.3. Pemaduan mekanik (*Mechanical Alloying*)

Metode penggilingan serbuk alumina dan *baggage ash* menggunakan mesin *ball mill* horizontal dengan waktu penggilingan 2 jam menghasilkan dimensi bubuk D0: 164 µm dari mesh awal 50 (308 µm).

## 2.4. Proses Kompaksi 2 arah

Sistem kompaksi panas aluminium dengan alumina dan *baggage ash*

menggunakan alat *press* hidrolik 2 arah dan dilengkapi dengan pembaca tekanan yakni *pressure gauge*, cetakan berbentuk cincin yang dimana diameter penampang luar sebesar 50 mm, penampang dalam 20 mm serta tebal 10 mm. Sistem kompaksi dilakukan untuk memadatkan serbuk aluminium dengan alumina dan *baggage ash* dengan tekanan tetap sebesar 6000 Psi selama 15 menit serta diberi pelumas pada cetakan.

## 2.5. Validasi Spesimen

Pada tahap ini dilakukan konfirmasi specimen dengan metode melihat dengan pengamatan secara visual apakah ada cacat pada sampel seperti terkikis, ada keretakan maupun rusak serta tebal yang tidak cocok dengan standart ASTM E110-14 [14], ketebalan minimum 1 mm. Jikalau sampel tengah ada cacat perlu dilakukan pencetakan ulang, namun jika sampel telah memenuhi kelayakan percobaan sehingga sampel langsung masuk keproses selanjutnya.

## 2.6. Pemanasan (*Sintering*)

Pada prosedur ini sampel dimasukan ke dalam oven yang diberi temperature bervariasi yaitu 550°C, 580°C, 610°C dibawah titik cair matrik penyusunnya, setelah prosedur *sintering* selesai keluarkan sampel dari oven kemudian didinginkan pada temperature ruangan.

## 2.7. Uji Densitas

Pengukuran densitas dilakukan untuk mengetahui massa jenis sampel, sampel ditimbang menggunakan timbangan digital agar diketahui massa sampel kering serta sampel yang dimasukkan kedalam air. Pengukuran densitas pada riset ini berpegang pada hukum Archimedes. Pengujian densitas mengarahkan pada ASTM B962-17 [15].

## 2.8. Uji Kekerasan

Nilai kekerasan pada sampel yang sudah selesai dicetak selanjutnya masuk ke tahap pengukuran menggunakan alat *portable* yang memiliki berat penekanan sebesar 2 kg dengan *indentor* berupa bola 2 mm. Pemanfaatan alat uji coba digunakan sebab relatif simple tetapi hasil atau nilai kekerasannya langsung muncul pada layar

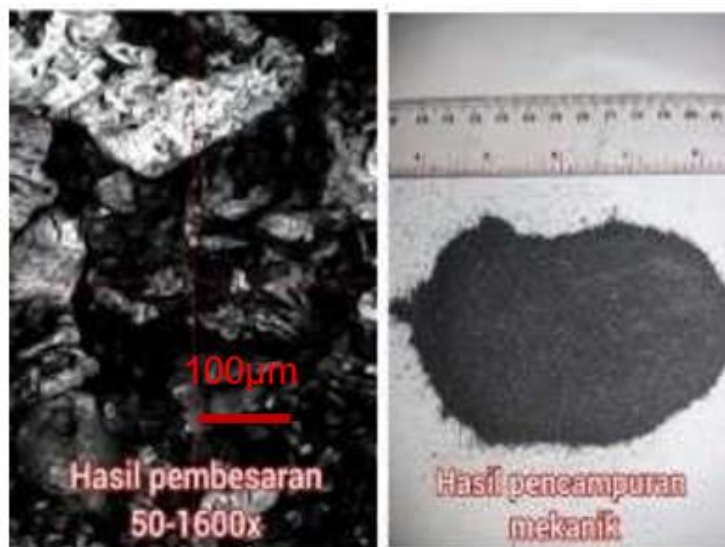
alat uji *portable*. Pengetesan kekerasan mengarah pada ASTM E110-14.

#### 2.9. Pengolahan Data

Hasil data yang telah didapatkan setelah melakukan pengujian densitas dan kekerasan, selanjutnya nilai yang didapat dimasukan kedalam tabel dan grafik. Pengujian ini dilakukan untuk melihat hasil dari uji sampel komposit matrik aluminium yang diperkuat alumina dan *baggage ash*.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

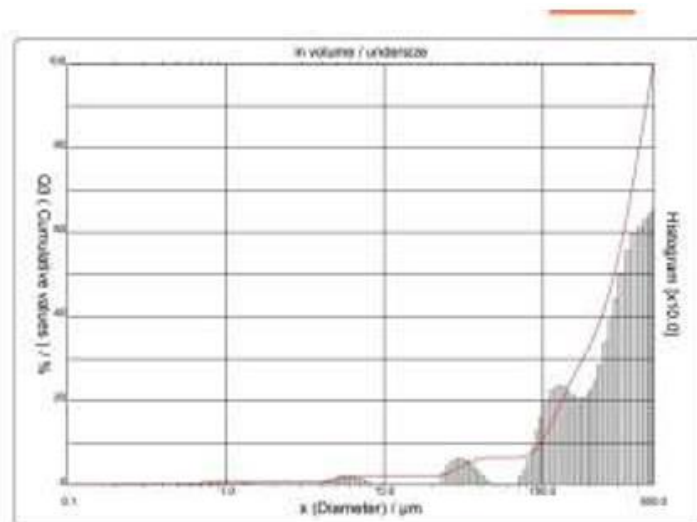
Hasil dari proses pepaduan mekanik selama 2 jam dapat dilihat pada Gambar 1. Dari Gambar 1 tersebut bisa ditinjau apabila struktur material setelah dilakukan proses *mechanical alloying* terlihat pada butiran serbuk mekanik yang homogen hal ini diakibatkan kekuatan benturan antar bola-bola giling kepada serbuk komposit dengan cara terus-menerus selama 2 jam.



Gambar 1. Foto Hasil Pencampuran Mekanik Selama 2 Jam

Hasil uji coba *particle size analyzer* pada pembagian dimensi serbuk komposit setelah metode pepaduan mekanik yakni berdimensi D50: 230,42. Pencampuran padatan dengan dimensi matrik aluminium

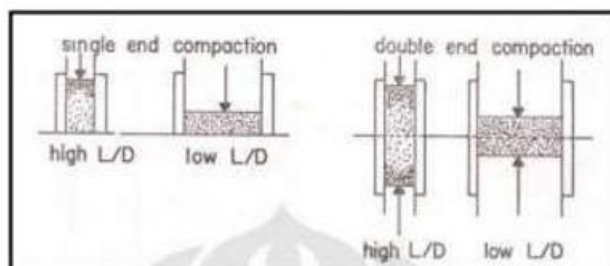
D50: 283 serta dimensi serbuk penguat alumina D50:66 berubah menjadi dimensi D50:283 setelah dilakukan *mechanical alloying* selama 2 jam menggunakan *machine ball mil horizontal*.



Gambar 2. Diagram Tebaran Dimensi Bubuk D50: 230,42

Sampel pada penelitian ini berbentuk bulat, dengan diameter dalam 20 mm, diameter luar 50 mm, dan tebal sampel rata-rata 7-10 mm. Berat paduan dalam sampel ini adalah 34-35 gram. Proses pemadatan diterapkan dari dua arah penekanan dengan tujuan pemadatan lebih bagus dengan area bagian luar lebih keras dan Hanya pada area terjauh saja yang memiliki densitas rendah atau bagian titik pusat beratnya [16,17],

seperti ditunjukkan pada ilustrasi Gambar 3. Sedangkan pada Gambar 4 menunjukkan gambar foto dari hasil proses kompaksi 2 arah dengan 3 sampel penguat 5%, 3 sampel penguat 10% serta 3 sampel dengan penguat 15%. Prosedur kompaksi pada riset kali memakai penekanan dua arah. Pada riset ini nilai kekerasan tertinggi berada di bagian atas dan nilai kekerasan terendah berada di tengah.



Gambar 3. Penekanan Satu-arah dan Dua Arah [18]



Gambar 4. Sampel Kompaksi 2 Aspek Penekanan

### 3.1. Hasil Uji Densitas

Kesimpulan pada pengujian densitas memakai standar ASTM B962-17 kepada 9 sampel itu didapat hasil pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Hasil Densitas Pengaruh Penguat

### 3.2. Hasil Uji Kekerasan

Kesimpulan tes kekerasan *Rockwell Brinell* memakai standar ASTM E110-14.

pada kesimpulan kompaksi dua aspek penekanan itu dihasilkan pada Gambar 6. diagram hasil perbedaan penguat pada sifat kekerasan komposit, pada SDEV.P.=1,5.



Gambar 6. Diagram Hasil Kekerasan Pengaruh Penguat

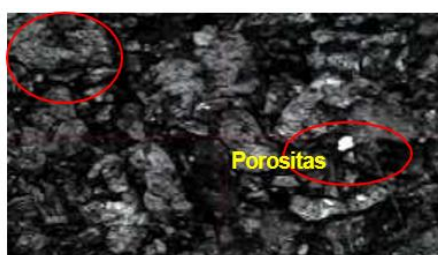
### 3.3. Hasil Uji Mikroskopik

Setelah selesai di proses kompaksi selanjutnya sampel akan di uji mikroskopik untuk dilihat *interlocking* antar partikel

dengan menggunakan digital microscope pembesaran 50x - 1600x untuk melihat pengaruh terhadap nilai kekerasan dan densitas. Hasil uji mikroskopik dapat dilihat pada Gambar 7.



(a)



(b)



(c)

Gambar 7. (a) Penguat 5 %, (b) Penguat 10 %, (c) Penguat 15 %

#### 4. SIMPULAN

Menurut data, keterangan dan analisa, maka dapat disimpulkan hasil tes kekerasan memperlihatkan angka semakin meningkat dengan banyaknya matrik yang dipakai. Sampel dengan fraksi volume 95%, nilai kekerasan 41,6 HB sedangkan hasil uji densitas nilai tertinggi 2,228 g/cm<sup>3</sup>. Menurut analisis dari hasil tes struktur mikro, disimpulkan keadaan ini terjadi akibat waktu ketika pemaduan mekanik yang relatif rendah yang menyebabkan terjadi penggumpalan serbuk penguat, serta mengakibatkan ikatan *interlocking* semakin rendah dengan bertambahnya serbuk penguat yang digunakan pada riset kali. Kerapatan sampel yang paling baik terjadi pada sampel yang berpenguat 5% tidak ada keretakan, penggumpalan dan porositas lebih sedikit dibandingkan sampel yang berpenguat 10% dan 15%.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Anisya, Y. F. Andriana, and H. Islamsyah, "Eksplorasi Limbah Ampas Tebu (Bagasse) untuk Material Produk Ecofashion," J. IKRA-ITH Hum., vol. 4, no. 1, pp. 235-243, 2020.
- [2] F. L. Matthews and R. D. (Rees D. Rawlings, "Composite materials: engineering and science," p. 470, 1994, Accessed: Jun. 22, 2023.
- [3] H. A. O. R. Sanam, "Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha," J. Pendidik. Tek. Mesin Undiksha, vol. 10, pp. 94-106, 2022.
- [4] Q. Liu, S. Long, C. Cai, and P. Wang, "Effects of heat treatment on microstructure and mechanical properties of die casting Al-7Si-5.5Cu-0.4Mg alloy," Tezhong Zhuzao Ji Youse Hejin/Special Cast. Nonferrous Alloy., vol. 36, no. 9, pp. 954-957, 2016, doi: 10.15980/j.tzzz.2016.09.015.
- [5] J. Wang, "Mechanical alloying of amorphous Al-SiO<sub>2</sub> powders," J. Alloys Compd., vol. 456, no. 1-2, pp. 139-142, 2008, doi: 10.1016/j.jallcom.2007.02.027.
- [6] N. L. L. Amie and A. Nugraha, "Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu Melalui Desain Produk Perlengkapan Rumah," J. Tingkat Sarj. Senirupa dan Desain, no. 1, pp. 1-7, 2014.
- [7] D. W. va. Krevelen and K.te Nijenhuis, properties of polymer. 1994.
- [8] Sukanto, R. Soenoko, W. Suprpto, 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.
- [9] Sukanto, R. Soenoko, W. Suprpto, Y.S., Irawan, (2019). Parameter Optimization of Ball Milling Process for Silica Sand Tailing. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 494, 012073. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/494/1/012073>.
- [10] M. Adri, "Metalurgi Serbuk (Powder Metallurgy)," Univ. Muhammadiyah Malang Publ., pp. 6-30, 2021, [Online]. Available: [http://eprints.umm.ac.id/40681/3/jiptu\\_mmpg-gdl-muhammadri-48594-3-babii.pdf](http://eprints.umm.ac.id/40681/3/jiptu_mmpg-gdl-muhammadri-48594-3-babii.pdf)
- [11] Sukanto, W. Suprpto, R. Soenoko, and Y. S. Irawan, "The effect of milling time on yhe alumina phase transformation in the AMC powder metalurgy reinforced by silica," EUREKA, Phys. Eng., no. 1, pp. 103- 117, 2022, doi: 10.21303/2461-4262.2022.001906.
- [12] T. Rusianto, T. Mesin, T. Industri, I. Sains, & Teknologi, and A. Yogyakarta, "Hot Pressing Metalurgi Serbuk Aluminium Dengan Variasi Suhu Pemanasan," J. Teknol., vol. 2, no. 1, pp. 89-95, 2009.
- [13] Sultan Achmad Dodo and Mahadi S.T., M.T, "Pengaruh variasi tekanan dan suhu pada pengadukan serbuk aluminium (Al), Magnesium (Mg), dan Seng (zn) terhadap sifat mekanik logam dengan metode metalurgi serbuk," Dinamis, vol. 8, no. 2, p. 9, 2020, doi: 10.32734/dinamis.v8i2.7451.
- [14] ASTM E110-14, "Standard Test Method for Rockwell and Brinell Hardness of Metallic Materials by Portable Hardness Testers," ASTM B. Stand., pp. 1-5, 2014, doi: 10.1520/E0110-14.2.

- [15] ASTM International, "Standard Test Methods for Density of Compacted or Sintered Powder Metallurgy (PM) Products Using Archimedes' Principle," Astm B962-17, vol. i, pp. 1-7, 2017, doi: 10.1520/B0962-17.2 [18]. ASTM E110-14.
- [16] R. Irwansyah, Rodika, A. Wanto, M. Wahyudi, and Sukanto, "Pengaruh Pemadatan Dua-arrah Penekanan Terhadap Densitas dan Kekerasan AMC diperkuat Serbuk Silikon Dioksida," Infotekmesin, vol. 14, no. 2, pp. 265-272, 2023, doi: 10.35970/infotekmesin.v14i2.1902.
- [17] M. Asep, Sugiyarto, Somawardi, A. Rusdy dan Sukanto, "Pengaruh Variasi Tekanan Kompaksi Panas terhadap Densitas dan Kekerasan AMC Diperkuat SiO<sub>2</sub>" Machine: Jurnal Teknik Mesin Univesitas Bangka Belitung, Vol:9 No.1., 2023.
- [18] M. Saleh, "Prosiding Seminar Nasional Hardiknas," Merdeka Belajar di Teng. Pandemi Covid-19, no. Merdeka belajardi tengah pandemi, pp. 51-56, 2020.