

## Pengaruh Variasi Komposisi Serbuk Kulit Jagung, Kuningan, dan Aluminium terhadap Kekerasan dan Ketangguhan Komposit Kampas Rem Non-Asbes

(Effect of Composition Variations of Corn Husk Powder, Brass Powder, and Aluminum Powder on the Hardness and Toughness of Non-Asbestos Brake Pad Composites)

Prantasi Harmi Tjahjanti<sup>1)\*</sup>, Edi Widodo<sup>2)</sup>, Metatia Intan Mauliana<sup>3)</sup>,  
Candra Darmawan<sup>4)</sup>.

<sup>1,2,3,4)</sup> Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo  
E-mail: <sup>1)</sup> prantasiharmi@umsida.ac.id\*, <sup>2)</sup> ediwidodo@umsida.ac.id,  
<sup>3)</sup> metatiaintan@umsida.ac.id

### Abstrak

Kampas rem non-asbes diperlukan sebagai alternatif yang aman dan ramah lingkungan untuk menggantikan kampas rem berbahan asbes. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi komposisi serbuk kulit jagung, serbuk kuningan, dan serbuk aluminium terhadap kekerasan dan ketangguhan komposit kampas rem. Tiga variasi komposisi disiapkan dengan perubahan fraksi serat kulit jagung sebesar 50%, 40%, dan 30%, sementara fraksi logam ditingkatkan secara proporsional. Pengujian meliputi uji kekerasan Shore D dan uji impak Charpy. Hasil menunjukkan bahwa peningkatan kandungan logam meningkatkan kekerasan komposit dari 62 menjadi 78 Shore D, sedangkan penurunan kandungan kulit jagung menurunkan energi impak dari 12,57 J menjadi 6,98 J. Komposisi 50% kulit jagung, 25% kuningan, dan 25% aluminium memberikan keseimbangan paling optimal antara kekerasan dan ketangguhan. Komposit ini dinilai potensial sebagai material kampas rem non-asbes yang aman dan memiliki performa mekanik memadai.

**Kata kunci:** kampas rem non-asbes, komposit, serbuk kulit jagung, uji impak, uji kekerasan.

### abstract

*Non-asbestos brake pads are needed as a safer and more environmentally friendly alternative to asbestos-based materials. This study aims to analyze the effect of varying compositions of corn husk powder, brass powder, and aluminum powder on the hardness and impact toughness of composite brake pads. Three compositions were prepared by adjusting the fraction of corn husk fibers (50%, 40%, and 30%) while proportionally increasing the metal content. Mechanical evaluation included Shore D hardness testing and Charpy impact testing. The results indicate that higher metal content increases hardness from 62 to 78 Shore D, whereas reduced corn husk content decreases impact energy from 12.57 J to 6.98 J. The composition containing 50% corn husk, 25% brass, and 25% aluminum provides the optimal balance between hardness and toughness. This composite shows strong potential as a safe and mechanically reliable non-asbestos brake pad material.*

**Keywords:** non-asbestos brake pad, composite, corn husk powder, impact test, hardness test.

## 1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi otomotif menuntut ketersediaan material yang berkinerja tinggi, aman, dan ramah lingkungan. Salah satu komponen vital yang sedang mengalami perkembangan signifikan adalah kampas rem, karena kualitas penggereman sangat bergantung pada karakteristik material gesek yang digunakan. Kampas rem konvensional berbahan dasar asbes terbukti efektif, tetapi bersifat karsinogenik dan menimbulkan risiko kesehatan yang serius. Oleh karena itu, pengembangan kampas rem bebas asbes menjadi fokus krusial dalam upaya menciptakan teknologi otomotif yang lebih aman dan berkelanjutan [1], [2].

Bahan komposit menjadi pilihan pengganti asbes yang semakin populer karena memiliki rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi, daya tahan yang baik terhadap keausan, serta kemampuannya untuk menggabungkan beragam jenis serat dan material penguat. Peningkatan penggunaan serat alami sebagai bahan penguat juga sedang diteliti lebih jauh karena sifatnya yang dapat diperbarui, kemampuan terurai secara alami, dan kandungan selulosa yang tinggi, yang berkontribusi dalam meningkatkan ikatan mekanis di dalam resin. Salah satu sumber serat alami yang berpotensi adalah serbuk kulit jagung, yang melimpah di Indonesia namun masih belum dimanfaatkan secara maksimal [3], [4].

Selain serat alami, penggunaan bubuk logam seperti aluminium dan kuningan juga terbukti dapat memperbaiki kekerasan, daya tahan aus, serta kestabilan suhu dari bahan komposit. Penggabungan serat alami dengan bubuk logam memiliki potensi untuk menciptakan material komposit yang seimbang antara fleksibilitas, kekerasan, dan ketahanan yang menjadi ciri penting untuk efektivitas sistem rem [5], [6].

Meskipun sejumlah studi sudah dilaksanakan mengenai komposit yang tidak mengandung asbes, kajian yang memadukan serbuk kulit jagung sebagai penguat serat dengan serbuk kuningan dan aluminium sebagai pengisi logam masih sangat jarang. Hanya sedikit tulisan yang menguraikan pengaruh variasi komposisi ketiga material ini terhadap sifat mekanis dari bantalan rem, khususnya yang berhubungan dengan kekerasan dan ketangguhan impak. Ini menciptakan celah penelitian yang perlu diatasi [7]–[9].

Berdasarkan kebutuhan tersebut, studi ini dilaksanakan untuk mengevaluasi dampak perbedaan komposisi bubuk kulit jagung, bubuk kuningan, dan bubuk aluminium terhadap karakteristik mekanis dari komposit rem non-asbes. Pengujian dilakukan dengan menggunakan metode kekerasan Shore D dan uji impak Charpy untuk memperoleh gambaran kuantitatif mengenai kualitas mekanis dari material yang dihasilkan[10], [11].

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi komposisi serbuk kulit jagung, serbuk kuningan, dan serbuk aluminium terhadap kekerasan komposit kampas rem. Selain itu juga untuk mengetahui pengaruh variasi komposisi tersebut terhadap ketangguhan impak. Lebih jauh, penelitian ini juga bisa digunakan untuk menentukan komposisi yang memberikan kinerja mekanis terbaik sebagai kandidat material kampas rem non-asbes. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi pada pengembangan material komposit berbasis serat alam dan logam yang aman, ekonomis, dan memiliki kinerja mekanis yang kompetitif sebagai pengganti kampas rem asbes.

## 2. METODE

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo antara bulan Juli hingga Desember 2024. Seluruh rangkaian kegiatan mencakup persiapan material, proses pembuatan komposit, dan pengujian mekanik pada spesimen rem non-asbes. Bahan utama yang digunakan meliputi serbuk kulit jagung yang berfungsi sebagai penguat berbasis serat alami, serbuk kuningan dan serbuk aluminium yang berfungsi sebagai bahan pengisi logam, resin epoxy yang berperan sebagai matriks, serta katalis yang berfungsi sebagai pengeras. Tiga variasi komposisi komposit yang diteliti dibentuk berdasarkan proporsi serbuk kulit jagung, masing-masing 50%, 40%, dan 30%, sementara fraksi serbuk kuningan dan aluminium disesuaikan secara proporsional untuk setiap spesimen.

Proses pembuatan sampel diawali dengan menyaring semua serbuk bahan melalui alat penyaring berukuran mesh 50 untuk mendapatkan ukuran partikel yang konsisten. Setelah itu, bahan ditimbang sesuai dengan proporsi yang telah ditentukan dan dicampurkan sampai merata. Ketika campuran serbuk sudah

seragam, resin epoxy dan katalis dicampurkan dan diaduk hingga semua bahan tercampur dengan baik. Campuran komposit kemudian dituangkan ke dalam cetakan yang memiliki ukuran  $55\text{ mm} \times 10\text{ mm} \times 10\text{ mm}$  dan dibiarkan mengeras pada suhu ruangan selama 24 jam hingga proses pengeringan selesai. Setelah mengeras, sampel yang dihasilkan kemudian diangkat dari cetakan dan dirapikan untuk memastikan ukuran yang seragam.

Pengujian tentang karakteristik mekanis dilakukan dengan dua pendekatan utama, yaitu analisis kekerasan dan pengujian impak. Analisis kekerasan dijalankan menggunakan Durometer Shore D, yang mengacu pada kriteria ASTM D2240. Setiap sampel diperiksa di tiga lokasi yang berbeda, dan nilai akhir dari kekerasan ditentukan berdasarkan rata-rata dari ketiga pengukuran tersebut. Di sisi lain, pengujian impak dilakukan memakai perangkat Uji Charpy yang memiliki kapasitas 200 Joule sesuai dengan standar ASTM D6110. Energi impak dihitung berdasarkan perbedaan energi potensial dari pendulum sebelum serta sesudah mengenai sampel, sehingga diperoleh ukuran ketahanan material terhadap tekanan tumbukan.

Secara umum, tahapan penelitian ini digambarkan dalam gambar 1. Diagram alir penelitian.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### a. Hasil Uji Kekerasan Komposit

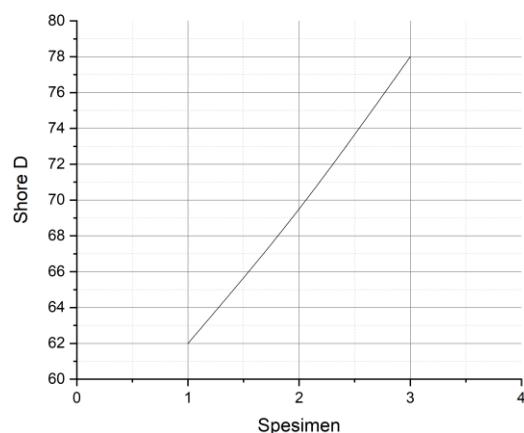
Pengujian kekerasan dilakukan menggunakan durometer skala Shore D, yang umum digunakan untuk material komposit termoset. Nilai kekerasan diperoleh dari

tiga kali replikasi, dan diambil nilai rata-ratanya. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 1. Hasil Uji Kekerasan Durometer

No	Komposisi Spesimen	Kekerasan (Shore D)
1	Kulit Jagung 50%, Kuningan 25%, Aluminium 25%	62
2	Kulit Jagung 40%, Kuningan 30%, Aluminium 30%	69.5
3	Kulit Jagung 30%, Kuningan 35%, Aluminium 35%	78

Tabel 2 memperlihatkan bahwa tingkat kekerasan bertambah seiring dengan berkurangnya fraksi serbuk jagung dan meningkatnya fraksi serbuk logam (baik kuningan maupun aluminium). Penjelasan ilmiahnya adalah sebagai berikut: Serbuk logam mempunyai modulus elastis yang lebih tinggi dibandingkan serat jagung, sehingga ketika kandungan logam bertambah, matriks komposit menjadi lebih kaku [12], [13]. Serat jagung terdiri dari material selulosa yang lebih elastis dan mampu menyerap energi, sehingga semakin banyak kandungannya, kekerasan komposit akan semakin rendah [14][15]. Kuningan dan aluminium berfungsi sebagai penguat partikel yang keras, yang meningkatkan daya tahan permukaan terhadap penetrasi oleh durometer [16][17]. Dengan demikian, campuran 30% kulit jagung + 35% kuningan + 35% aluminium (spesimen 3) menghasilkan angka kekerasan tertinggi, yaitu 78 Shore D.



Gambar 2. Grafik Kekerasan Komposit

### b. Hasil Uji Ketangguhan Komposit

Uji Ketangguhan Material atau uji impak Charpy dilakukan untuk mengetahui kemampuan material dalam menyerap energi impak. Nilai impak dihitung berdasarkan energi yang diserap oleh spesimen saat patah. Hasil pengujian disajikan pada Tabel 3.

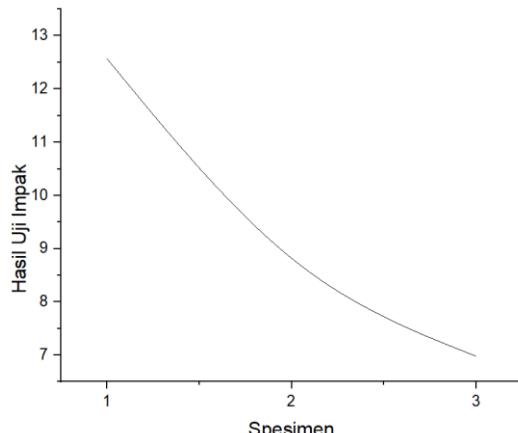
Tabel 2. Hasil Uji Impak Komposit

No	Komposisi Spesimen	Hasil Uji Impak (Joule)
1	Kulit Jagung 50%, Kuningan 25%, Aluminium 25%	12,57
2	Kulit Jagung 40%, Kuningan 30%, Aluminium 30%	8,82
3	Kulit Jagung 30%, Kuningan 35%, Aluminium 35%	6,98

Hasil dari pengujian impak menunjukkan bahwa variasi dalam komposisi serbuk jagung, serbuk kuningan, dan serbuk aluminium memiliki efek yang signifikan terhadap kekuatan komposit kampas rem. Serbuk jagung, sebagai bahan yang berasal dari selulosa, menunjukkan karakteristik elastis dan dapat menyerap energi melalui proses deformasi mikro. Kandungan serat yang lebih banyak meningkatkan mekanisme *crack bridging* dan dissipasi energi, sehingga material memerlukan energi yang lebih besar untuk memperluas retak saat mengalami tekanan benturan [18], [19]. Ini tercermin dari hasil energi impak tertinggi pada sampel yang mengandung 50% kulit jagung, yang mencapai 12,57 Joule. Saat proporsi kulit jagung menurun menjadi 40% dan 30%, kemampuan material untuk menyerap energi juga berkurang, yang terlihat dari penurunan nilai impak menjadi 8,82 Joule dan 6,98 Joule.

Sebaliknya, peningkatan jumlah serbuk logam seperti kuningan dan aluminium justru berakibat pada penurunan tingkat ketangguhan. Meskipun kuningan dan aluminium memiliki tingkat kekerasan yang tinggi, mereka cenderung menjadi lebih getas saat menghadapi beban kejutan. Kehadiran partikel logam memang memperkokoh struktur material, namun juga menyebabkan komposit menjadi lebih kaku, sehingga tidak efektif dalam menahan penyebaran retak. Ketika menerima

benturan, partikel logam mempercepat awal terbentuknya retak dan mempercepat proses patah terjadi, yang mengakibatkan energi yang terakumulasi menjadi lebih rendah [20], [21]. Kondisi ini sangat jelas terlihat pada spesimen yang memiliki komposisi logam tertinggi (35% kuningan dan 35% aluminium), menghasilkan nilai impak terendah yakni 6,98 Joule. Secara keseluruhan, temuan ini mengindikasikan bahwa ketangguhan komposit sangat tergantung pada keseimbangan antara serat alami yang bersifat ulet dan partikel logam yang menambah kekakuan tetapi mengurangi kemampuan untuk menyerap energi.



Gambar 3. Grafik Energi Impak Komposit

### c. Hubungan Kekerasan dan Ketangguhan Komposit

Hasil studi mengindikasikan adanya hubungan yang berlawanan antara kekerasan nilai dan ketangguhan impak pada komposit rem non-asbes. Penambahan proporsi bubuk logam seperti kuningan dan aluminium menghasilkan peningkatan yang signifikan dalam nilai kekerasan, karena kedua jenis material tersebut memiliki karakteristik mekanik yang lebih kaku yang meningkatkan daya tahan terhadap perubahan bentuk permukaan. Namun, peningkatan kekakuan ini disertai dengan penurunan ketangguhan impak, karena partikel logam cenderung bersifat rapuh dan tidak efektif dalam menyerap energi tumbukan. Situasi ini adalah suatu karakteristik umum pada material komposit, di mana peningkatan kekerasan sering kali berakibat pada penurunan kemampuan material dalam menahan tekanan mendadak atau deformasi, menghasilkan trade-off antara kekerasan dan ketangguhan. Dalam aplikasi kampas rem, penting untuk menemukan keseimbangan antara kedua sifat itu sehingga material tidak cepat aus akibat

gesekan yang tinggi, namun tetap memiliki ketangguhan yang memadai untuk mencegah kegagalan material yang mendadak.

Berdasarkan evaluasi mekanik yang mencakup kekerasan dan ketangguhan impak, formula paling ideal dalam penelitian ini adalah perpaduan yang terdiri dari 50% serbuk kulit jagung, 25% serbuk kuningan, dan 25% serbuk aluminium. Kombinasi ini menunjukkan keseimbangan terbaik antara kekerasan dan ketangguhan, di mana tingkat kekerasan yang diperoleh masih dalam kisaran yang sesuai untuk penggunaan pada kampas rem, sedangkan nilai energi impaknya mencapai 12,57 Joule, yang merupakan yang tertinggi di antara dua komposisi lainnya. Tingginya proporsi serbuk kulit jagung dalam campuran ini berperan krusial dalam meningkatkan kemampuan material untuk menyerap energi benturan melalui mekanisme deformasi mikro dan crack bridging, yang memberikan ketangguhan yang baik. Di sisi lain, kandungan serbuk logam yang tidak terlalu berlebihan tetap dapat meningkatkan kekerasan tanpa membuat material menjadi terlalu rapuh. Dengan kombinasi karakteristik tersebut, campuran ini dianggap paling sesuai untuk digunakan sebagai kandidat material kampas rem non-asbes karena dapat menawarkan performa mekanik yang stabil, aman, dan memenuhi kebutuhan kerja komponen rem yang memerlukan ketahanan aus serta ketangguhan terhadap beban kejutan.

#### **4. Penutup**

##### **a. Kesimpulan**

Penelitian ini mengungkapkan bahwa variasi dalam proporsi serbuk kulit jagung, kuningan, dan aluminium memiliki dampak yang signifikan terhadap karakteristik mekanis dari komposit rem non-asbes. Kenaikan bagian logam memperkuat kekerasan komposit, sementara peningkatan kadar serbuk kulit jagung memberikan ketangguhan impak yang lebih tinggi. Komposisi optimal ditemukan pada pencampuran 50% serbuk kulit jagung, 25% kuningan, dan 25% aluminium, yang menghasilkan keseimbangan terbaik antara kekerasan dan kemampuan untuk menyerap energi. Secara keseluruhan, gabungan serat alami dan partikel logam berpotensi untuk digunakan sebagai alternatif yang aman dan berkinerja baik dalam material kampas rem non-asbes.

**b. Saran**

Penelitian yang dilakukan ini menunjukkan bahwa komposit yang terbuat dari serbuk kulit jagung, kuningan, dan aluminium memiliki potensi sebagai bahan kampas rem yang tidak mengandung asbes. Untuk langkah penelitian berikutnya, disarankan agar dilakukan pengujian tambahan seperti uji ketahanan aus, pengukuran koefisien gesekan, dan analisis mikroskopis agar dapat lebih memahami cara ikatan antarpartikel dengan lebih mendetail. Variasi ukuran partikel dan perlakuan terhadap serat juga harus dinilai untuk meningkatkan homogenitas serta kinerja komposit. Selain itu, pengujian pada kondisi suhu tinggi dan lingkungan lembab sangat penting untuk meniru kondisi kerja kampas rem dengan lebih akurat dan menjamin kestabilan kinerjanya.

**5. Daftar Pustaka**

- [1] e. Ekpruke, c. V ossia, and a. Big-alabo, “recent progress and evolution in the development of non-asbestos based automotive brake pad- a review,” *j. Manuf. Eng.*, vol. 17, pp. 51–63, jun. 2022, doi: 10.37255/jme.v17i2pp051-063.
- [2] suhardiman and m. Syaputra, “analisa keausan kampas rem non asbes terbuat dari komposit polimer serbuk padi dan tempurung kelapa,” *j. Inovtek polbeng*, vol. 7, no. 2, pp. 210–214, 2017.
- [3] w. E. Pramaningtyas, suheni, and f. A. Pradana, “pengaruh ukuran partikel serbuk bonggol jagung terhadap sintesis komposit kampas rem non-asbestos,” *j. Iptek*, vol. 22, no. 1, pp. 45–52, 2018.
- [4] z. Ammar, h. Ibrahim, m. Adly, i. Sarris, and s. Mehanny, “influence of natural fiber content on the frictional material of brake pads — a review,” *j. Compos. Sci.*, vol. 7, no. 72, 2023.
- [5] m. H. Alamsyah and g. Gundara, “analysis of mechanical properties character of mechanics composite brake pads material reinforced by teak wood powder and brass powder,” *rekayasa energi manufaktur*, vol. 5, no. 1, pp. 1–5, 2020, doi: 10.21070/rem.v.
- [6] a. Borawski, d. Szpica, and g. Mieczkowski, “polytetrafluoroethylene and aluminum powder as an alternative to copper in car brakes composite friction materials,” *materials (basel)*., vol. 18, no. 589, 2025.
- [7] f. Marentiko, d. Luqyana, v. Rizkia, and muslimin, “jurnal mekanik terapan karakteristik sifat mekanik pada pembuatan komposit terhadap performa kampas rem non-asbestos,” *j. Mek. Terap.*, vol. 5, no. 3, pp. 160–167, 2024, doi: 10.32722/jmt.v5i3.7098.

- [8] h. Nasution, “kaji eksperimental penggunaan komposit kampas rem serbuk bonggol jagung pada sepeda motor.” Surakarta, indonesia, 2016. [online]. Available: <https://digilib.uns.ac.id/>
- [9] g. G. Di confieng and m. G. Faga, “ecological transition in the field of brake pad manufacturing : an overview of the potential green constituents,” *sustainability*, vol. 14, no. 2508, 2022.
- [10] kunarto *et al.*, “analisis sifat mekanik komposit faba, serat bambu, dan batu krokos dengan matriks epoksi: studi pengaruh komposisi terhadap kekuatan impak dan kekerasan,” *tek. Mesin*, vol. 13, no. 1, 2024.
- [11] m. K. Anam and e. Widodo, “studi kekuatan impak dan kekuatan kekerasan pada komposit diperkuat serat sansevieria dengan variasi penambahan amilum.” Pp. 1–17.
- [12] y. Feng and y. Liu, “mechanical properties of iron powder-reinforced polyurea elastomer,” *j. Compos. Sci.*, vol. 8, no. 440, 2024.
- [13] f. Hasfi and f. I. Aryanti, “pengaruh penambahan serbuk alumina ( al 2 o 3 ) terhadap kuat tarik dan sifat termal komposit hdpe / serbuk kayu mahoni,” *j. Polym. Chem. Eng. Technol.*, vol. 1, no. 1, pp. 9–16, 2024, doi: 10.52330/jpcet.v1i1.236.
- [14] p. K., g. S. V., a. Kumar, and p. P. Patil, “effect of corn husk fiber length and diameter on load bearing, fatigue, and dma properties of biosilica toughened epoxy composite,” *polym. Compos.*, vol. 44, no. 6, pp. 3469–3476, 2023, doi: <https://doi.org/10.1002/pc.27334>.
- [15] a. Ramadhani, s. H. B. Prastowo, and r. D. Handayani, “pengaruh fraksi volume pada komposit serat kulit jagung dengan matriks polyester terhadap kekuatan tarik sebagai bahan baku industri papan,” *din. Tek. Mesin*, vol. 12, no. 2, pp. 129–136, 2022.
- [16] y. M. Abbas, w. A. Hussein, a. J. Farhan, and m. Genanu, “investigation of some mechanical and thermal properties of micro al /polymer composites,” *aip conf. Proc.*, vol. 2922, no. 1, p. 190002, 2024, doi: 10.1063/5.0183060.
- [17] m. Darsin, i. F. Ramadhan, sumarji, d. Dwilaksana, h. Sutjahjono, and s. K. Ales, “hardness and microstructure of fdm 3d printed parts using self-made pla-brass filaments,” *sinergi*, vol. 28, no. 3, pp. 443–450, 2024.
- [18] n. Herlina sari and s. Suteja, “corn husk fibers reinforced polyester composites: tensile strength properties, water absorption behavior, and morphology,” *iop conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 722, p. 12035, jan. 2020, doi: 10.1088/1757-899x/722/1/012035.
- [19] j. Liu and c. Lv, “durability of cellulosic-fiber-reinforced geopolymers: a review,” *molecules*, vol. 27, pp. 1–23, 2022.
- [20] t. Lei, j. L. Wardini, o. K. Donaldson, and t. J. Rupert, “in situ mechanical testing of an al matrix composite to investigate compressive plasticity and failure on multiple length scales,” *j. Mater. Sci.*, vol. 56, no. 13, pp. 8259–

8275, jan. 2021, doi: 10.1007/s10853-021-05789-2.

- [21] a. Kar, a. Sharma, and s. Kumar, “a critical review on recent advancements in aluminium-based metal matrix composites,” *crystals*, vol. 14, 2024.