

PENGARUH ARANG CANGKANG BIJI PALA SEBAGAI PENGUAT KOMPOSIT TERHADAP PROPERTIS MATERIAL KAMPAS REM

Aprianti Arsyadin¹⁾, Arthur Y. Leiwakabessy²⁾, Antoni Simanjuntak³⁾

¹⁾S1 Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Pattimura

Email: apriantiiii04@gmail.com

²⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Pattimura

Email: arthur.leiwakabessy@gmail.com

³⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Pattimura

Email: antoni.simanjuntak.s15@gmail.com

Abstrak Kampas rem merupakan komponen dalam sistem pengereman yang berfungsi untuk menghasilkan gaya gesek untuk memperlambat atau menghentikan laju putaran roda. Selama ini kampas rem berbasis asbestos banyak digunakan karena ketahanan gesekannya, namun penggunaannya menimbulkan risiko kesehatan serius seperti gangguan pernapasan sehingga perlu dikembangkan material alternatif yang lebih aman dan ramah lingkungan. Salah satu limbah yang berpotensi dimanfaatkan adalah cangkang biji pala, yang cukup melimpah di Maluku namun belum dimanfaatkan secara optimal. Permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh variasi komposisi arang cangkang biji pala sebagai bahan penguat terhadap sifat mekanik kampas rem, khususnya kekerasan dan laju keausan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai optimal kekerasan Rockwell dan laju keausan dari komposit kampas rem berbahan arang cangkang biji pala dengan campuran serbuk kuningan, magnesium karbonat, dan resin polyester. Penelitian dilakukan dengan metode eksperimen. Spesimen dibuat melalui proses kompaksi dan sintering dengan variasi komposisi arang cangkang biji pala 35–55%. Selanjutnya, dilakukan pengujian keausan menggunakan tribometer pin on disc dan pengujian kekerasan menggunakan alat uji Rockwell. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi komposisi berpengaruh signifikan terhadap sifat mekanik komposit. Komposisi terbaik diperoleh pada 50% arang cangkang biji pala, 20% serbuk kuningan, 20% magnesium karbonat, dan 10% resin polyester dengan nilai laju keausan terendah sebesar $5,10 \times 10^{-8}$ g/mm²·detik serta kekerasan Rockwell seimbang antara HRF (94,1) dan HRB (64,78). Hal ini membuktikan bahwa arang cangkang biji pala berpotensi besar sebagai bahan penguat alternatif dalam pembuatan kampas rem non-asbestos.

Kata kunci: Arang Cangkang Biji Pala, Komposit Kampas Rem, Kekerasan Rockwell, Laju Keausan, Material Non-Asbestos.

1. PENDAHULUAN

Kampas rem memiliki peran penting dalam sistem pengereman, dengan beban kerja mencapai 90% dari komponen lainnya (Yudhanto et al., 2019). Terdapat dua jenis utama material kampas rem, yaitu asbestos dan non-asbestos. Asbestos telah lama digunakan, tetapi karena risiko kesehatan yang menyebabkan penyakit pernapasan yang serius, penggunaannya kini mulai ditinggalkan. Sebagai alternatif, berbagai bahan non asbestos mulai dikembangkan seperti bahan organik non asbestos (NAO), semi metalik dan keramik. Salah satu bahan alternatif yang berpotensi digunakan adalah cangkang biji pala.

Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Maluku pada tahun 2017, luas areal perkebunan pala di Maluku mencapai 31.624 HA, dengan jumlah produksi sekitar 5.512,10 ton per tahun. Dari jumlah tersebut, limbah cangkang biji pala yang tidak termanfaatkan diperkirakan sebesar 3,96% dari hasil panen (Lientje Kakerissa, 2020).

Meskipun cangkang pala cukup berlimpah di Maluku, penelitian mengenai penggunaannya sebagai bahan baku komposit, khususnya untuk aplikasi otomotif seperti kampas rem masih sangat terbatas.

Pembuatan komposit berdasarkan penelitian terdahulu dilakukan dengan tujuan mengetahui nilai dari sifat mekanik. Penggunaan serbuk dengan berbagai material berbeda menunjukkan potensi penggunaan bahan alami sebagai bahan komposit seperti, penggunaan serbuk kayu jati dan serbuk kuningan bermatriks resin epoxy dengan fraksi volume tertentu dapat meningkatkan nilai kekerasan dan laju keausan (Alamsyah & Gundara, 2021). Selain itu penelitian oleh (Widjanarko & Iman, 2020) mengenai karakteristik komposit partikel arang kayu akasia juga menunjukkan potensi sebagai bahan alternatif kampas rem non asbestos.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul **“Pengaruh Arang Cangkang Biji Pala Sebagai Penguat Komposit Terhadap Propertis Material Kampas Rem”** Penelitian ini dilakukan dengan mempertimbangkan optimasi komposisi dan variasi terhadap sifat mekanik yang dihasilkan.

2. METODE

A. Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dan merupakan penelitian deskriptif yaitu memaparkan secara jelas hasil eksperimen terhadap sejumlah benda uji. Penelitian ini diadakan untuk mengetahui pengaruh variasi komposisi arang cangkang biji pala berpenguat kuningan bermatriks polyester pada kampas rem serta mengetahui nilai kekerasan rockwell, dan laju keausan.

a. Analisis laju keausan

Nilai laju keausan dihitung menggunakan persamaan (Riduan & Suhardiman, 2019):

$$W = \frac{w_0 - w_1}{A \cdot t} \text{ (gram/mm}^2 \cdot \text{detik)} \quad (1)$$

Dimana :

W : nilai laju keausan (gr/detik.mm³)

w₀ : berat awal material sebelum pengausan (gr)

w₁ : berat akhir material setelah pengujian (gr)

A : luas pengausan (mm²)

t : waktu/lama pengausan (detik)

b. Analisis kekerasan rockwell

Nilai kekerasan diperoleh langsung dari alat uji Rockwell. Prinsip perhitungan mengikuti rumus (diakses pada tanggal 23 oktober 2025, dari <https://www.alatuji.com/article/detail/919/>)

$$HR = E - e \quad (2)$$

Dengan:

E : konstanta tergantung indenter

e : kedalaman penekanan (mm)

B. Variabel penelitian

Dalam penelitian ini yang merupakan variabel bebas adalah variasi komposisi campuran spesimen.

Tabel 1. Variasi Komposisi Kampas Rem

Kode Sampel	I	II	III	VI	V
Arang cangkang biji pala (%)	35	40	45	50	55
Kuningan (%)	35	30	25	20	15
Magnesium karbonat (%)	20	20	20	20	20
Resin polyester (%)	10	10	10	10	10

Sumber : Penelitian.

Dalam penelitian ini yang merupakan variabel terikat adalah kekerasan rockwell dan laju keausan.

1) Kekerasan Rockwell

$$y_1 = f(x) \quad (3)$$

Dimana :

y_1 = nilai optimal kekerasan rockwell

x = persentase komposisi material dalam komposit kampas rem.

2) Laju keausan

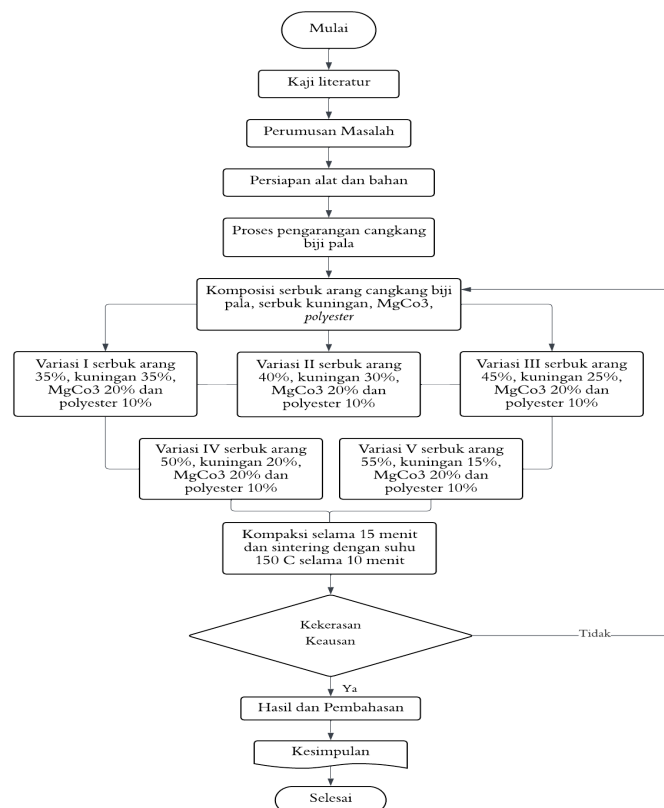
$$Y_2 = f(x) \quad (4)$$

Dimana:

Y_2 = nilai optimal laju keausan

x = persentase komposisi material dalam komposit kampas rem.

C. Alur Penelitian



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

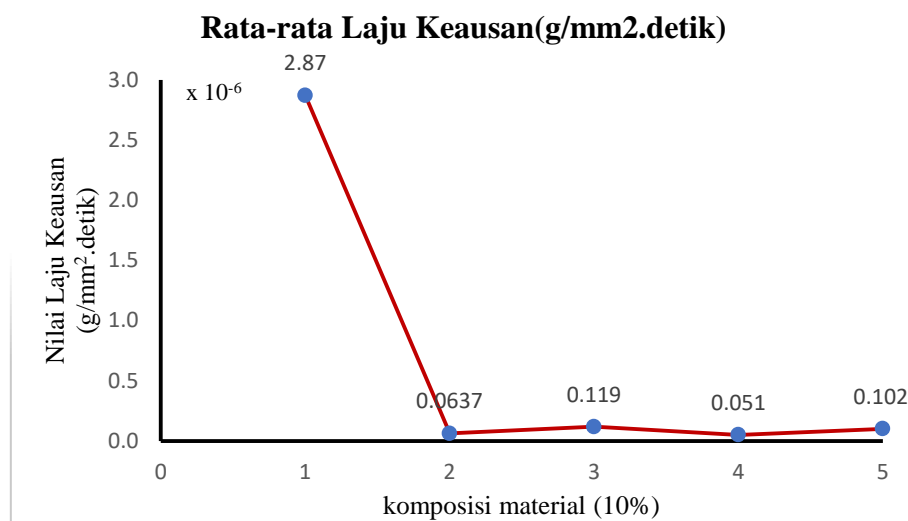
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Uji Laju Keausan

Tabel 2. Nilai Laju Keausan Rata-rata

No	Komposisi	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Sampel 4	Sampel 5	W (g/mm ² .detik)
1	Spesimen 1	$2,12 \times 10^{-8}$	$1,40 \times 10^{-5}$	$8,49 \times 10^{-8}$	$6,37 \times 10^{-8}$	$1,91 \times 10^{-7}$	$2,87 \times 10^{-6}$
2	Spesimen 2	$4,25 \times 10^{-8}$	$8,49 \times 10^{-8}$	$8,49 \times 10^{-8}$	$6,37 \times 10^{-8}$	$4,25 \times 10^{-8}$	$6,37 \times 10^{-8}$
3	Spesimen 3	$1,49 \times 10^{-7}$	$6,37 \times 10^{-8}$	$1,27 \times 10^{-7}$	$4,25 \times 10^{-8}$	$2,12 \times 10^{-7}$	$1,19 \times 10^{-7}$
4	Spesimen 4	$4,25 \times 10^{-8}$	$6,37 \times 10^{-8}$	$4,25 \times 10^{-8}$	$4,25 \times 10^{-8}$	$6,37 \times 10^{-8}$	$5,10 \times 10^{-8}$
5	Spesimen 5	$4,25 \times 10^{-8}$	$6,37 \times 10^{-8}$	$2,55 \times 10^{-7}$	$8,49 \times 10^{-8}$	$6,37 \times 10^{-8}$	$1,02 \times 10^{-7}$

Uji keausan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui nilai keausan dari material yang dilakukan pengujian (Hidayattullah, 2023), diketahui bahwa bahan komposit ini digunakan sebagai alternatif pengganti bahan kampas rem konvensional. Nilai rata-rata yang diperoleh dari pengumpulan data 5 kali untuk setiap 5 variasi komposisi adalah data yang dihasilkan. Hal ini dilakukan untuk memperoleh pengukuran yang akurat. Hasil penelitian menunjukkan pengaruh pada setiap penguat, yang ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Nilai Rata-rata Laju Keausan

Berdasarkan hasil pengujian laju keausan rata-rata, terdapat perbedaan signifikan pada ketahanan aus tiap spesimen. Spesimen 1 menunjukkan laju keausan tertinggi ($2,87 \times 10^{-6}$ g/mm².detik), sedangkan Spesimen 4 memiliki performa terbaik dengan nilai terendah ($5,10 \times 10^{-8}$ g/mm².detik). Spesimen 2 juga sangat baik dengan nilai $6,37 \times 10^{-8}$ g/mm².detik, mendekati Spesimen 4. Spesimen 3 dan 5 masih tergolong cukup baik dengan nilai keausan masing-masing $1,19 \times 10^{-7}$ dan $1,02 \times 10^{-7}$ g/mm².detik. Hasil ini menunjukkan bahwa arang cangkang biji pala memengaruhi ketahanan aus: jumlah berlebih meningkatkan keausan karena sifatnya yang rapuh dan berongga, sedangkan pada kadar sekitar 50% diperoleh kinerja optimal. Selain itu, penggunaan serbuk kuningan 20% terbukti paling efektif meningkatkan ketahanan aus, sedangkan jumlah lebih tinggi justru menurunkan performa akibat ketidakseimbangan komposisi.

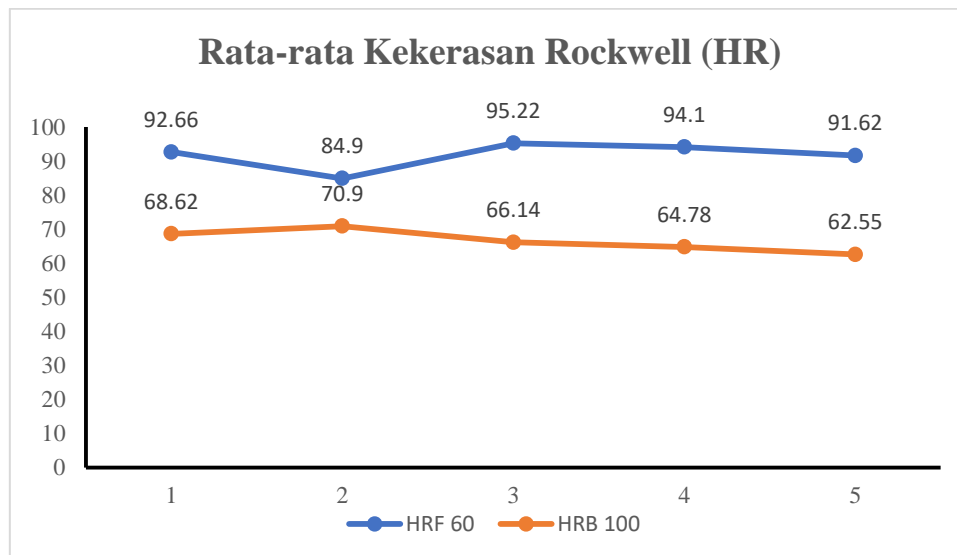
B. Uji Kekerasan Rockwell

Dalam penelitian ini, uji kekerasan menggunakan dua skala beban berbeda, yaitu HRF dengan beban 60 kgf dan HRB dengan beban 100 kgf.

Tabel 3. Tabel Nilai Rata-rata Kekerasan Rockwell (HR)

Spesimen	Nilai Rata-Rata Kekerasan Rockwell	
	HRF 60	HRB 100
1	92,66	68,62
2	84,9	70,9
3	95,22	66,14
4	94,1	64,78
5	91,62	62,55

Dari hasil uji kekerasan didapatkan nilai rata-rata pengujian untuk setiap spesimen yang terdapat pada tabel akan dimasukkan ke diagram pada gambar 2 berikut:



Gambar 2. Grafik Nilai Rata-rata Kekerasan Rockwell

Hasil pengujian kekerasan menunjukkan bahwa pada beban 60 kgf, spesimen 2 (40% arang, 30% kuningan, 20% MgCO₃) memiliki nilai tertinggi 70.9 HRF, sedangkan spesimen 5 (55% arang, 15% kuningan, 20% MgCO₃) terendah 62.55 HRF. Pada beban 100 kgf, spesimen 3 (45% arang, 25% kuningan, 20% MgCO₃) menghasilkan kekerasan tertinggi 95.22 HRB, sementara spesimen 2 justru terendah 84.9 HRB. Perbedaan HRF dan HRB dipengaruhi oleh respon material terhadap tekanan uji, di mana peningkatan fraksi arang menurunkan HRB karena sifat rapuh dan berpori. Kekerasan optimal tercapai pada komposisi seimbang arang dan kuningan. Spesimen 5 bahkan mengalami patah pada beban 100 kgf akibat dominasi arang yang membuat struktur rapuh dan minim dukungan logam.

4. SIMPULAN

Berdasarkan pengujian laju keausan dan kekerasan Rockwell, variasi komposisi bahan penyusun kampas rem terbukti berpengaruh signifikan terhadap sifat mekaniknya. Spesimen 4 (50% arang, 20% kuningan) menunjukkan performa terbaik dengan laju keausan terendah

($5,10 \times 10^{-8}$ g/mm²·detik) sekaligus kekerasan yang stabil, menandakan adanya keseimbangan optimal antara bahan alami dan logam. Sebaliknya, Spesimen 1 (35% arang, 35% kuningan) memiliki laju keausan tertinggi ($2,87 \times 10^{-6}$ g/mm²·detik), sehingga paling cepat aus. Kandungan arang yang berlebih menurunkan ketahanan karena sifatnya berpori dan rapuh. Pada uji kekerasan, Spesimen 3 unggul pada beban 60 kgf (95,22 HRF), sedangkan Spesimen 2 tertinggi pada beban 100 kgf (70,9 HRB). Penurunan HRB seiring bertambahnya arang menunjukkan pengaruh sifat rapuh arang terhadap daya tahan. Secara keseluruhan, Spesimen 4 dinilai sebagai komposisi terbaik karena mampu menggabungkan ketahanan aus tinggi dengan kekerasan yang seimbang, sehingga berpotensi sebagai material alternatif kampas rem.

DAFTAR PUSTAKA

- Alamsyah, M. H., & Gundara, G. (2021). Analisis Sifat Mekanik Komposit Bahan Kampas Rem Dengan Penguat Serbuk Kayu Jati Dan Serbuk Kuningan. *R.E.M. (Rekayasa Energi Manufaktur) Jurnal*, 5(1), 9–13. <https://doi.org/10.21070/r.e.m.v5i1.870>
- Hidayattullah, M. T. (2023). Analisa Pengujian Performa Kampas Rem Variasi Komposisi Campuran Cangkang Telur, Alumina, Logam Seng, Steel Fiber, Dan Grafit Dengan Perekat Resin Epoxy. *Journal Untirta*.
- Lientje Kakerissa, A. (2020). *PEMANFAATAN LIMBAH TEMPURUNG BIJI PALA SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF BRIKET ARANG BIOMASSA*.
- Riduan, M., & Suhardiman. (2019). analisis tingkat keausan komposit polymer yang diperkuat serbuk serabut kelapa sebagai. In *Seminar Nasional Industri dan Teknologi (SNIT)*.
- Widjanarko, D., & Iman, N. (2020). *Karakteristik Komposit Partikel Arang Kayu Akasia Bermatrik Epoxy Sebagai Salah Satu Alternatif Kampas Rem Non-Asbestos* (Vol. 22, Issue 1).
- Yudhanto, F., Dhewanto, S. A., & Yakti, S. W. (2019). KARAKTERISASI BAHAN KAMPAS REM SEPEDA MOTOR DARI KOMPOSIT SERBUK KAYU JATI. *Quantum Teknika : Jurnal Teknik Mesin Terapan*, 1(1). <https://doi.org/10.18196/jqt.010104>
- Alamsyah, M. H., & Gundara, G. (2021). Analisis Sifat Mekanik Komposit Bahan Kampas Rem Dengan Penguat Serbuk Kayu Jati Dan Serbuk Kuningan. *R.E.M. (Rekayasa Energi Manufaktur) Jurnal*, 5(1), 9–13. <https://doi.org/10.21070/r.e.m.v5i1.870>
- Bhernama Gita, B., & Nurhayati. (2022). *PEMANFAATAN LIMBAH CANGKANG BIJI PALA (Myristica fragransi) SEBAGAI MEMBRAN SELULOSA ASETAT*. 7 oktober 2022. https://repository.ar-raniry.ac.id/id/eprint/32497/1/57_9x-LAPORAN_AKHIR_UPLOAD_OK_-_Bhayu_Gita_Bhernama.pdf
- Charis, I. (2013). *Perbandingan Proses Hot Compacting Dan Cold Compacting Terhadap Distribusi Kekerasan Dan Porositas Powder Metallurgy Pada Bushing Duralumin*. <http://repository.ub.ac.id/id/eprint/142266>
- Doda, N., & Faturrahman. (2022). pengaruh abu cangkang biji pala sebagai Substitusi filler Terhadap campuran lapisan ac-wc. *Peradaban Sains, Rekayasa Dan Teknologi*, 10(1), 194–2017. https://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=2822124&val=16461&title=PENGARUH_ABU_CANGKANG_PALA_SEBAGAI_SUBSTITUSI_FILLER_TERHADAP_CAMPURAN_LAPISAN_AC-WC
- Hidayattullah, M. T. (2023). Analisa Pengujian Performa Kampas Rem Variasi Komposisi Campuran Cangkang Telur, Alumina, Logam Seng, Steel Fiber, Dan Grafit Dengan Perekat Resin Epoxy. *Journal Untirta*.
- Muhamad, F. (2019). *pengaruh besar butiran aluminium silikon dan karbon sekam padi dengan menggunakan polyester bqtn 157 terhadap nilai pengujian kekerasan keausan dan koefisien gesek kampas rem*. <http://v2.eprints.ums.ac.id/archive/etd/78773/12/7>
- Nur Shodiq, F. (2020). *pengaruh serbuk serabut kelapa (SiO₂) terhadap kekerasan permukaan dan koefisien gesek pada material resin epoxy dan serbuk serabut kelapa*. 62.
- Nurul Ihsan, M., Wicaksono, D., & Sehono, S. (2022). Uji Keausan Kampas Rem Berbahan Limbah Organik Menggunakan Metode Ogoshi. *Teknika STTKD: Jurnal Teknik, Elektronik, Engine*, 8(1), 92–96. <https://doi.org/10.56521/teknika.v8i1.559>