

# Pengujian Eksperimental Keausan Bahan Aluminium, Tembaga dan Baja Karbon Menggunakan Uji Keausan Skala Laboratorium Type *Pin on Disc*

Aswar<sup>1\*</sup>, Simon Parekke<sup>2</sup>, Harjuma<sup>3</sup>, Bambang Surono<sup>4</sup>, Sulis Dri Handono<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Prodi Rekayasa Perancangan Mekanik, Politeknik Sorowako

<sup>2</sup>Prodi Teknologi Rekayasa Pengelasan dan Fabrikasi, Politeknik Sorowako

<sup>3</sup>Prodi Perawatan dan Perbaikan Mesin, Politeknik Sorowako

Jl. Soemantri Brojonegoro No.1, Sorowako, Indonesia

<sup>4,5</sup> Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro

Jl. Ki Hajar Dewantara No. 116, Iringmulyo, Metro Timur, Kota Metro, Lampung 34111

\*Corresponding author: [aswar@politekniksorowako.ac.id](mailto:aswar@politekniksorowako.ac.id)

## Abstract

*Wear is a degradation mechanism that determines the performance and service life of mechanical components. This study presents an experimental evaluation of wear resistance for several engineering metals, including aluminum, copper, mild steel, alloy steel, and stainless steel, using a laboratory-scale Pin-on-Disc tribometer under dry friction conditions. Cylindrical specimens ( $\varnothing 10 \text{ mm} \times 30 \text{ mm}$ ) were prepared and tested for abrasive mass loss. The tests were conducted at a speed of 290 rpm, a track length of 150 m, and two load variations of 3.5 N and 4.0 N. The specific wear rate was calculated from the mass loss and applied load, followed by macroscopic observations to identify wear patterns. The results revealed clear differences among the materials. Stainless steel exhibited the best performance, with the lowest wear rate of  $0.8 \times 10^{-5} \text{ cm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$  and light abrasion patterns. Mild steel and alloy steel demonstrated high stability with low wear responses, showing 3.91% and 5.00% wear, respectively. Aluminum displayed the highest wear rate with a response up to 19.91%, showing signs of delamination and accumulation of wear debris. The correlation between quantitative results and surface observations confirms that a combination of high hardness, adequate toughness, and oxide layer stability are the key factors influencing wear resistance.*

**Keywords:** *Wear, Pin-on-Disc tribometer, Specific wear rate, Engineering materials, Abrasion*

## Abstrak

Keausan menentukan kinerja dan umur pakai komponen mekanik. Studi ini mengevaluasi ketahanan aus aluminium, tembaga, mild steel, alloy steel, dan stainless steel menggunakan tribometer *Pin-on-Disc* skala laboratorium pada gesekan kering. Spesimen silinder ( $\varnothing 10 \text{ mm} \times 30 \text{ mm}$ ) diuji pada kecepatan 290 rpm, lintasan 150 m, dengan dua variasi beban yaitu 3,5 N dan 4,0 N. Laju keausan spesifik dihitung dari perubahan massa dan beban, disertai observasi makroskopik pola keausan. Hasil menunjukkan perbedaan nyata antar material: stainless steel terbaik dengan laju keausan terendah  $1,1 \times 10^{-5} \text{ cm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$  dan pola abrasi ringan. *Mild steel* dan *alloy steel* menunjukkan stabilitas terhadap peningkatan beban dengan respon keausan rendah, masing-masing 3,9% dan 5,0%. Aluminium memiliki laju keausan tertinggi dan respons hingga 19,9%, dengan indikasi delaminasi serta akumulasi serpih aus. Korelasi antara data kuantitatif dan morfologi permukaan menegaskan bahwa kombinasi kekerasan tinggi, keuletan memadai, dan stabilitas lapisan oksida merupakan penentu utama ketahanan aus.

**Kata kunci:** Keausan, Tribometer Pin-on-Disc, Laju keausan spesifik, Material teknik, Abrasi

## 1. Pendahuluan

Keausan merupakan salah satu fenomena penting yang memengaruhi performa dan umur pakai komponen mekanik dalam berbagai aplikasi industri seperti otomotif, manufaktur, dan kedirgantaraan. Proses keausan terjadi akibat gesekan antara dua permukaan yang saling berinteraksi, sehingga menyebabkan

kerusakan lapisan permukaan secara bertahap dan menurunkan efisiensi sistem [1]. Dalam konteks industri, dampaknya sangat besar karena meningkatkan biaya perawatan dan penggantian komponen, bahkan diperkirakan mencapai 1–4% dari PDB tahunan suatu negara industri [2]. Oleh sebab itu, pemahaman yang mendalam mengenai mekanisme keausan menjadi

landasan penting untuk meningkatkan ketahanan material dan merancang sistem mekanik yang lebih efisien [1],[2],[3]

Metode pengujian *Pin on Disc* merupakan pendekatan yang paling banyak digunakan dalam penelitian tribologi karena kemampuannya mensimulasikan kondisi gesekan dengan parameter yang terkontrol dan terukur [3,4]. Metode ini memungkinkan analisis langsung terhadap laju keausan, koefisien gesek, dan efek variasi beban maupun kecepatan rotasi [5,6,7]. Keunggulan lain dari metode ini adalah kemampuannya memberikan hasil yang representatif dalam skala laboratorium dengan biaya yang relatif rendah. Penelitian terdahulu oleh Aliemeke et al. (2023) menunjukkan bahwa pengujian *Pin on Disc* efektif dalam membandingkan ketahanan aus aluminium dan logam baja [6], sementara Simioni et al. (2023) menegaskan bahwa pendekatan ini mampu menggambarkan mekanisme keausan material secara akurat pada kondisi gesekan kering [1],[7].

Selain perilaku material, perkembangan tribologi juga banyak diarahkan pada inovasi desain alat uji keausan yang presisi dan ekonomis. Kurniawan dan Institan (2022) berhasil mengembangkan mesin uji aus berbasis ASTM G65 yang terverifikasi melalui analisis getaran [8], sementara Bale et al. (2018) menerapkan metode VDI 2221 untuk memastikan konsistensi desain *Pin on Disc* sesuai standar ASTM G99 [9]. Penelitian lain oleh Setiawan et al. (2018) dan Kaarthik et al. (2019) menunjukkan bahwa alat uji skala laboratorium yang dirancang dengan baik mampu menghasilkan data keausan yang sebanding dengan mesin komersial, sekaligus membuka peluang pengembangan alat hemat biaya untuk kegiatan pendidikan dan riset [10], [11]. Inovasi dalam perancangan alat uji ini menjadi faktor penting dalam mendukung eksperimen tribologi yang lebih luas, terutama di institusi penelitian dengan keterbatasan sumber daya. Dari sisi material, perilaku keausan sangat dipengaruhi oleh sifat

mekanik dan struktur mikro. Aluminium, yang dikenal ringan dan mudah dibentuk, memiliki kekerasan rendah sehingga cenderung mengalami keausan lebih cepat akibat deformasi plastis [6]. Sebaliknya, *stainless steel* memiliki ketahanan aus tinggi berkat kekerasan permukaan dan kemampuan membentuk lapisan oksida pelindung yang memperlambat abrasi [12], [13]. Penelitian Sharma dan Gandhi (2020) menunjukkan bahwa meskipun *stainless steel* mengalami delaminasi lokal akibat deformasi plastis, sifat keuletannya mampu menahan propagasi retakan sehingga laju keausan tetap rendah [14]. Penelitian yang dilakukan Aswar et al. (2025) baja karbon memiliki karakteristik menengah; ketahanan ausnya dapat ditingkatkan secara signifikan melalui perlakuan termokimia seperti carburizing dan hardening [15], sebagaimana ditemukan oleh Gumilar dan Rumendi (2014) yang membuktikan peningkatan kekerasan permukaan dan penurunan laju keausan baja St 37 setelah perlakuan tersebut [16].

Sejumlah studi telah memberikan dasar teoritis penting mengenai mekanisme keausan logam, namun sebagian besar berfokus pada satu jenis material atau pada kondisi beban gesek tinggi. Kajian terhadap perilaku keausan beberapa logam teknik di bawah beban ringan (3,5–4,0 N) masih terbatas, padahal kondisi tersebut lebih representatif untuk aplikasi nyata seperti poros, bantalan, dan sistem transmisi ringan [9],[17]. Selain itu, pengujian komparatif antar material logam umum seperti aluminium, tembaga, dan baja karbon masih jarang dilakukan menggunakan alat uji *Pin on Disc* skala laboratorium hasil rancang bangun lokal. Kesenjangan penelitian ini menjadi peluang penting untuk dieksplorasi secara eksperimental, khususnya dalam konteks pendidikan tinggi dan penelitian teknik material.

Dengan mempertimbangkan latar belakang tersebut, penelitian ini difokuskan pada pengujian eksperimental keausan aluminium, tembaga, dan baja karbon menggunakan alat *Pin on Disc* skala

laboratorium dengan variasi beban ringan. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk menganalisis laju keausan spesifik, respon material terhadap perubahan beban, serta karakteristik permukaan pasca uji. Hasil yang diperoleh diharapkan dapat memberikan pemahaman baru mengenai hubungan antara sifat mekanik dan ketahanan aus logam teknik, sekaligus menjadi dasar pengembangan alat uji tribologi yang akurat, ekonomis, dan aplikatif. Penelitian ini penting karena tidak hanya memperkuat kajian tribologi eksperimental, tetapi juga berpotensi memberikan kontribusi praktis bagi industri dalam pemilihan material yang lebih tahan terhadap keausan serta bagi institusi pendidikan dalam pengembangan alat uji skala laboratorium yang efektif.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Persiapan Material Pengujian.

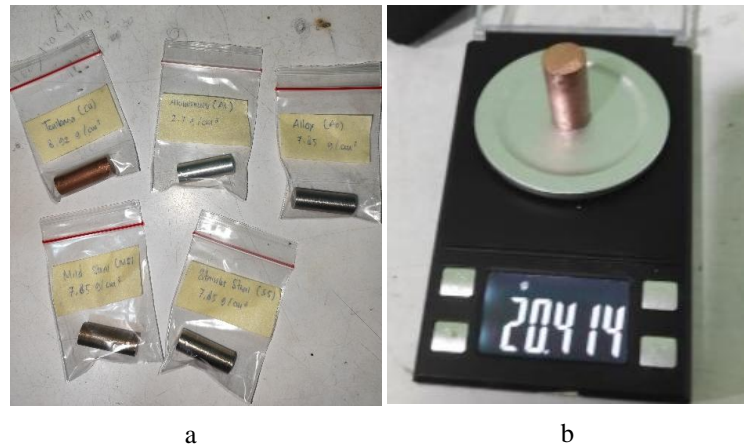
Penelitian ini menggunakan beberapa jenis logam teknik yang umum diaplikasikan dalam komponen mesin. Penelitian ini menggunakan lima jenis material berbeda sebagai spesimen dasar. Material diidentifikasi berdasarkan standar bahan (sesuai sertifikat bahan dari supplier). Setiap material memiliki karakteristik dari sifat mekanik dan sifat fisik berbeda, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1

Tabel 1. Daftar material uji dan informasi teknis

No	Jenis Material	Standar Material	Berat Jenis ( $\rho$ ) [g/cm <sup>3</sup> ]
1.	Aluminium	A6061	2,70
2.	Tembaga	C19024	8,92
3.	Mild Steel	AISI 1018	7,85
4.	Alloy Steel	AISI 4043	7,85
5.	Stainless Steel	AISI 304	7,85

Spesimen uji dibentuk berbentuk silinder dengan diameter 10 mm dan panjang 30 mm disediakan seperti pada gambar 1a, disesuaikan dengan dudukan pada alat *Pin on Disc*. Permukaan uji setiap spesimen dipersiapkan melalui proses pengamplasan menggunakan amplas silikon

karbida grade 800 (FEPA), untuk memperoleh kekasaran permukaan yang seragam dan bebas cacat. Setelah itu, spesimen dibersihkan menggunakan alkohol teknis untuk menghilangkan sisa partikel dan minyak, kemudian ditimbang menggunakan timbangan digital dengan ketelitian 0,001 g untuk memperoleh massa awal sebelum pengujian dilakukan, ditampilkan pada gambar 1b.



Gambar 1. Preparasi Bahan, a). Potongan spesimen uji, b). Penimbangan massa awal spesimen

### 2.2 Prosedur Pengujian

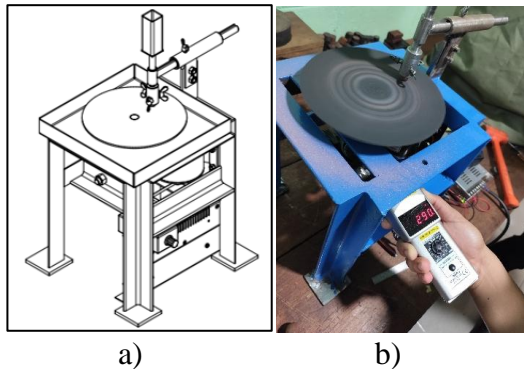
Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat *Pin on Disc* skala laboratorium yang mengacu pada prinsip tribometer standar, skematik dan bentuk mesin pada gambar 2a dan 2b. Parameter dan kondisi pengujian secara teknis disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kondisi dan Parameter Pengujian

Parameter	Nilai / Kondisi
Kecepatan putaran disk	290 rpm
Panjang lintasan geser	150 m
Variasi beban normal	3,5 N dan 4,0 N
Kondisi pengujian	Gesekan kering
Media permukaan cakram	Amplas abrasif grade 200 FEPA

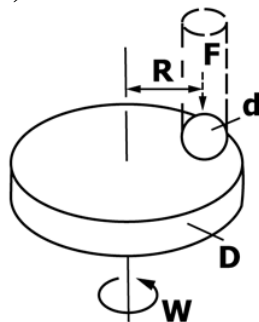
Dalam pelaksanaannya, setiap spesimen dipasang pada dudukan pin dan ditekan secara vertikal terhadap permukaan cakram berputar. Beban pengujian diatur sesuai variasi yang ditentukan (3,5 N dan 4,0

N). Pengujian dilakukan hingga spesimen menempuh jarak geser sejauh 150 meter pada kecepatan konstan 290 rpm. Setelah pengujian selesai, spesimen dilepas, dibersihkan kembali dari partikel hasil gesekan, dan ditimbang untuk memperoleh massa akhir. Selisih antara massa awal dan massa akhir menjadi nilai kehilangan massa yang digunakan dalam perhitungan laju keausan spesifik.



Gambar 2. Media *Pin on Disc*, a). Skematik Rancangan Media b). Penyetelan dan Kalibrasi Fungsi media

### 2.3 Prosedur Pengujian Keausan (sesuai ASTM-G99)



Gambar 3. Skema pengujian Pin on disk Test (ASTM- G99)

**Keterangan :**

- ω = Putaran disk
- D = diameter cakram
- d = diameter spesimen
- R = Radius Lintasan
- F = Gaya Normal

Pengujian keausan pada penelitian ini dilakukan menggunakan metode pin-on-disk dengan mengacu pada standar ASTM G99 [6] [15]. Skema pengujian ditunjukkan pada Gambar 3.

Pengujian menggunakan dua spesimen uji, yaitu spesimen pin dan disk,

yang saling berkontak secara langsung. Spesimen pin ditekan secara tegak lurus terhadap permukaan disk dengan gaya normal tertentu, kemudian disk diputar sehingga menghasilkan lintasan gesek berbentuk lingkaran pada permukaan disk. Selama pengujian, pin tetap berada pada posisi statis sementara disk berotasi pada kecepatan yang telah ditentukan.

Sebelum pengujian, seluruh spesimen dibersihkan menggunakan cairan pembersih non-klorin untuk menghilangkan kontaminan permukaan, kemudian dikeringkan. Massa awal spesimen pin diukur menggunakan timbangan digital dengan ketelitian tinggi. Spesimen disk dan pin kemudian dipasang pada alat uji pin-on-disk dan disetel agar posisi pin tegak lurus terhadap permukaan disk.

Pengujian dilakukan dengan variasi beban normal sesuai dengan rancangan penelitian, sedangkan kecepatan geser dan jarak geser dijaga konstan. Proses pengujian dijalankan tanpa interupsi hingga lintasan geser total yang ditentukan tercapai. Setelah pengujian selesai, spesimen dilepas dan dibersihkan dari sisa debris keausan, kemudian massa akhir spesimen pin diukur kembali untuk menentukan kehilangan massa akibat keausan.

### 2.4 Analisis Data

Analisis data dilakukan untuk menentukan laju keausan spesifik serta mengevaluasi perilaku keausan tiap material terhadap variasi beban. Nilai laju keausan spesifik dihitung dengan persamaan 1 [1-5]:

$$W_s = \frac{\Delta m}{\rho \cdot F \cdot L} \dots\dots\dots(1)$$

di mana:

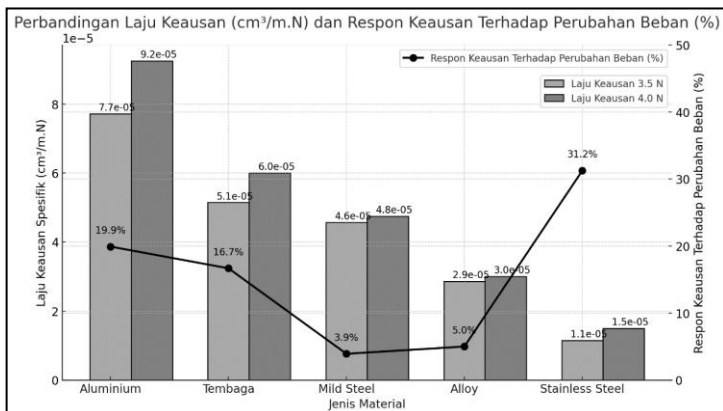
- $W_s$  = laju keausan spesifik ( $\text{cm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ )
- $\Delta m$  = kehilangan massa (g)
- $\rho$  = berat jenis material ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )
- $F$  = gaya normal (N)
- $L$  = jarak geser total (m)

Permukaan spesimen setelah pengujian diamati secara makroskopis menggunakan mikroskop optik untuk mengobservasi pola keausan yang terjadi. Data analisa dan observasi dibandingkan untuk menemukan korelasi antara sifat fisik

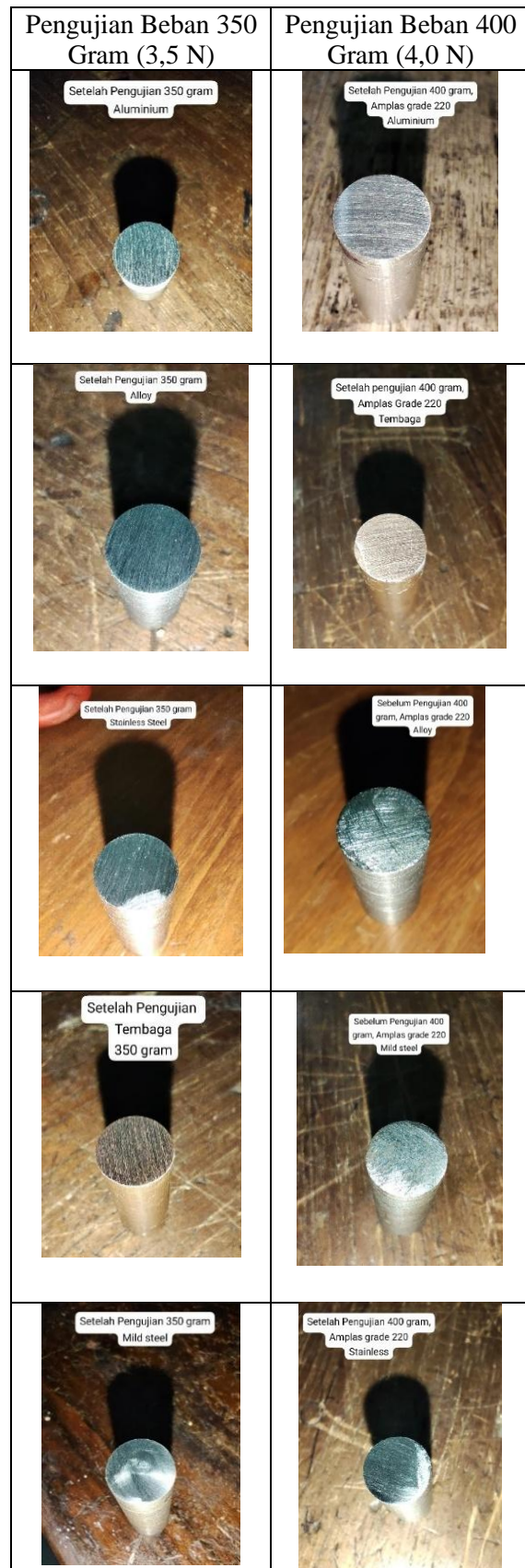
material, besarnya beban, dan pola keausan yang terjadi. Metodologi ini dirancang agar hasil pengujian dapat menggambarkan perilaku keausan secara objektif, memungkinkan analisis komparatif yang valid antar material, serta menjadi dasar untuk mengevaluasi efektivitas alat *Pin on Disc* skala laboratorium sebagai perangkat uji tribologi yang efisien dan ekonomis.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian laju keausan spesifik yang dilakukan pada material seperti Aluminium, Tembaga, *Mild Steel*, *Alloy Steel* dan *Stainless Steel*, menggunakan metode *Pin On Disc*. Skenario pengujian ini menggunakan abrasive paper grade 200 FEPA dengan kecepatan putaran sebesar 290 Rpm, hingga setiap material menempuh lintasan sejauh 150 meter. Hasil pengamatan visual pengujian setiap spesimen ditampilkan pada gambar 4, terlihat secara visual terjadi gesekan abrasive pada permukaan benda selama proses pengujian dengan pola berbeda satu sama lain. Selama proses gesekan sejumlah material terlepas dari spesimen sebagai *wear debris*. Pelepasan *wear debris* secara langsung menurunkan massa atau volume spesimen. selanjutnya data pengurangan volume spesifik dihitung untuk menentukan laju keausan spesifik dan respon terhadap perubahan beban, Grafik representatif hubungan antara perilaku keausan setiap spesimen ditampilkan pada gambar 5.



Gambar 5. Grafik hubungan antara perilaku keausan spesimen terhadap perubahan beban



Gambar 4. Visualisasi hasil pengujian setiap spesimen pada variasi beban

### 3.1 Laju Keausan Terhadap Perubahan Beban

Pengujian ini memungkinkan untuk mengukur secara langsung bagaimana masing-masing material bertahan terhadap keausan dalam kondisi abrasif kering dan di bawah pengaruh beban yang berbeda (3.5 N dan 4.0 N). Berdasarkan hasil yang diperoleh, terlihat perbedaan signifikan antara material dalam ketahanan terhadap keausan. Pada grafik, Aluminium tercatat sebagai material dengan laju keausan tertinggi baik pada beban 3.5 N maupun 4.0 N. Hal ini dapat dijelaskan melalui sifat aluminium yang ringan dan lunak, sehingga cenderung lebih rentan terhadap keausan. Studi sebelumnya menyebutkan bahwa aluminium, ketika diuji dalam kondisi keausan kering, menunjukkan tingkat stres yang lebih tinggi dibandingkan material lain seperti baja ringan. Aluminium mengalami keausan yang lebih cepat karena sifatnya yang lebih lunak, menyebabkan adhesi yang lebih besar pada permukaan uji. [6]

Pada bahan *Stainless Steel* memiliki laju keausan yang paling rendah di antara semua material pada pengujian ini. Ini disebabkan oleh kekerasan material serta sifat tahan karat dan keuletannya yang dimiliki *stainless steel*, yang membuatnya lebih sulit terabrasi/erosi dibandingkan aluminium atau tembaga. Penelitian terkait menunjukkan bahwa *stainless steel* memiliki ketahanan keausan yang sangat baik dalam berbagai kondisi uji gesekan kering, membuatnya cocok untuk aplikasi industri yang membutuhkan durabilitas tinggi dan minim perawatan terhadap beban gesek [17].

Laju keausan material Tembaga dan Mild Steel berada di antara aluminium dan *stainless steel*. Tembaga memiliki sifat yang relatif lunak dan cenderung menunjukkan laju keausan yang lebih tinggi pada beban 4.0 N. Ini konsisten dengan studi yang menunjukkan bahwa tembaga, meskipun memiliki daya tahan yang cukup baik, akan mengalami peningkatan laju keausan ketika beban kontak dan tekanan gesekan meningkat. Begitu pula, *Mild Steel*,

meskipun lebih keras daripada tembaga, masih rentan terhadap keausan dalam kondisi uji yang lebih berat, terutama pada kontak langsung dengan bahan abrasif [18]. Secara keseluruhan, material *Alloy* menunjukkan laju keausan yang lebih moderat dibandingkan material lainnya. *Alloy* memiliki elemen paduan C, Cr, Mn dan lainnya yang bertindak sebagai penguat untuk meningkatkan ketahanan terhadap keausan. Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa *alloy* memiliki keseimbangan yang baik antara kekerasan dan ketahanan terhadap keausan, membuatnya menjadi pilihan yang ideal untuk aplikasi teknik di mana daya tahan dan kekuatan material sangat penting [19].

### 3.2 Respon Keausan Terhadap Perubahan Beban

Respon keausan terhadap perubahan beban merupakan parameter penting yang menggambarkan ketahanan material dalam menghadapi peningkatan beban gesek. Semakin kecil nilai persentase respon keausan, semakin baik ketahanan material terhadap perubahan beban, dan ini menunjukkan ketangguhan yang lebih tinggi. Sebaliknya, angka respon keausan yang tinggi menunjukkan bahwa material lebih rentan terhadap peningkatan beban, yang mengakibatkan tingkat keausan yang lebih cepat.

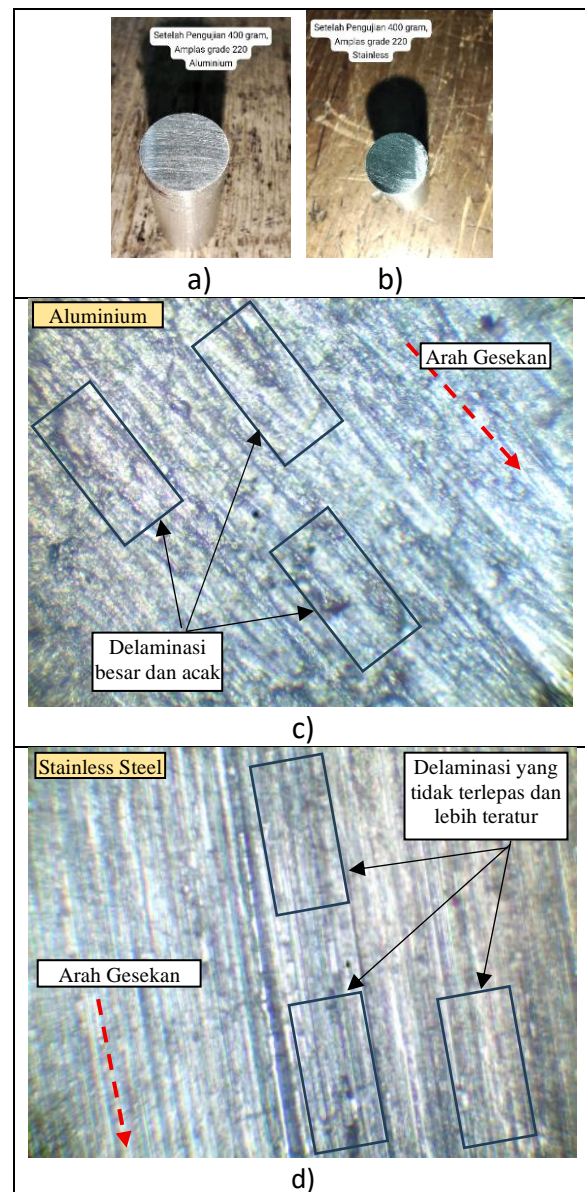
Pada grafik yang ditampilkan, *Stainless Steel* menunjukkan persentase respon keausan tertinggi (31,2%), yang mengindikasikan bahwa meskipun memiliki ketahanan aus yang tinggi pada beban awal, material ini mengalami perubahan yang signifikan ketika beban meningkat. Hal ini juga sesuai dengan penelitian yang menemukan bahwa *stainless steel* memiliki ketahanan aus yang baik dalam pengujian gesek kering, tetapi respon terhadap peningkatan beban bisa lebih signifikan dibandingkan material yang lebih lunak seperti aluminium [3][7]. Aluminium, di sisi lain, menunjukkan respon keausan sebesar 19.9%. Respon ini dapat dianggap cukup tinggi, mengingat aluminium secara alami lebih rentan terhadap keausan karena

sifatnya yang lunak. Studi yang dilakukan oleh Aliemeke et al. (2023) mengonfirmasi bahwa aluminium menunjukkan tingkat stres yang lebih tinggi dibandingkan baja ringan dalam kondisi gesekan, yang membuatnya lebih cepat mengalami keausan pada beban yang lebih besar [6] Dari data grafik, material dengan performa terbaik dalam menghadapi peningkatan beban adalah *Alloy* dan *Mild Steel*, yang masing-masing memiliki respon keausan sebesar 5,0% dan 3,9%. Angka respon yang rendah ini menunjukkan bahwa material tersebut lebih stabil dan tahan terhadap peningkatan beban siklik, tanpa mengalami perubahan keausan yang signifikan. Hal ini juga didukung oleh penelitian terbaru yang menyebutkan bahwa mild steel memiliki distribusi stres yang lebih baik saat menghadapi beban tinggi, yang membuatnya lebih tangguh terhadap peningkatan gesekan [12]. Secara keseluruhan, *Mild Steel* dan *Alloy* dapat dianggap sebagai material optimal dari grafik ini, karena tidak hanya memiliki laju keausan abrasive yang cukup rendah, tetapi juga menunjukkan stabilitas yang baik dalam menghadapi peningkatan beban. Ini menjadikannya pilihan yang tepat untuk aplikasi yang membutuhkan ketahanan tinggi terhadap keausan dan perubahan beban.

### 3.3 Observasi Makrografi Pola Keausan

Observasi makrografi pada aluminium diamati dan ditampilkan pada gambar 6a dan 6c, hasil menunjukkan adanya delaminasi besar yang terlihat jelas dengan banyaknya puing-puing erosi akibat keausan. Mekanisme delaminasi ini sering kali disebabkan oleh sifat aluminium yang relatif lunak dan rentan terhadap deformasi plastik selama proses gesekan atau abrasi. Puing-puing erosi yang terlihat merupakan hasil dari lapisan material yang terangkat atau terkelupas akibat stress gesekan, mengindikasikan mekanisme aus yang melibatkan partikel erosi yang terperangkap di antara permukaan aluminium dan permukaan uji, mempercepat laju keausan. Menurut studi oleh Szala et al. (2020),

aluminium cenderung menunjukkan ketahanan yang lebih rendah terhadap gesekan dibandingkan material lain seperti *stainless steel*, terlihat pada gambar 6b dan 6d terutama dalam kondisi gesekan kering, karena struktur materialnya yang lebih lunak dan mudah mengalami erosi dalam bentuk erosi tak beraturan atau *chunk detachment* [12].



Gambar 6. Pola keausan beban 4N a). Gesekan abrasif pada aluminium, b). Gesekan abrasif pada *Stainless Steel*, c). Makrografi pola keausan aluminium (mag. 50x) d). Makrografi pola keausan *stainless steel* (mag.50x)

Pada *stainless steel*, terlihat adanya delaminasi zona kecil yang cukup signifikan. Namun, berbeda dengan

aluminium, delaminasi pada *stainless steel* tidak terlepas secara total karena sifat material ini yang lebih ulet. Mekanisme delaminasi yang tidak sepenuhnya terlepas ini didukung oleh kekuatan material yang tinggi dan ketahanan terhadap deformasi, yang menyebabkan retakan delaminasi tetap tertahan di bawah permukaan material. Keuletan ini membantu *stainless steel* bertahan lebih baik di bawah beban yang tinggi, meskipun material mengalami delaminasi lokal. Penelitian oleh Sharma et al. (2020) menunjukkan bahwa *stainless steel* mengalami delaminasi yang dipicu oleh deformasi plastik, tetapi sifat uletnya menahan kerusakan lebih lanjut dan mengurangi laju keausan pada kondisi impact yang lebih rendah [14].

Pada aluminium, delaminasi umumnya terjadi karena mekanisme erosi abrasif yang menyebabkan potongan besar material terkelupas, dengan fragmentasi material yang lebih intensif. Sementara itu, pada *stainless steel*, meskipun delaminasi terjadi, sifat ulet material ini menyebabkan retakan lebih lambat berkembang menjadi fragmentasi total. Kondisi ini mendukung performa *wear resistance stainless steel*, yang mampu menahan laju keausan. Studi menunjukkan bahwa *stainless steel*, terutama tipe austenitik, menunjukkan ketahanan lebih baik terhadap keausan gesekan karena terbentuknya lapisan oksida yang memperkuat permukaan dan mencegah delaminasi yang luas [13].

#### 4. Kesimpulan

Pengujian keausan menggunakan metode *Pin on Disc* menunjukkan bahwa setiap material memiliki ketahanan aus yang berbeda terhadap variasi beban. *Stainless steel* memiliki ketahanan terbaik dengan laju keausan terendah sekitar  $1,1 \times 10^{-5} \text{ cm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ , diikuti oleh *mild steel* dan *alloy* yang menunjukkan stabilitas tinggi dengan respon keausan rendah masing-masing 3,91% dan 5,00%. Observasi permukaan memperlihatkan bahwa material keras cenderung mengalami abrasi ringan, sedangkan material lunak mengalami

delaminasi dan pembentukan *wear debris*. Secara keseluruhan, kombinasi kekerasan tinggi dan keuletan baik terbukti memberikan ketahanan optimal terhadap gesekan kering, serta mengonfirmasi efektivitas alat *Pin on Disc* skala laboratorium sebagai media uji tribologi yang akurat dan ekonomis.

#### Ucapan terimakasih

Ucapan terima kasih kepada LPPM Politeknik Sorowako yang mendukung kegiatan penelitian ini, baik dalam dukungan pembiayaan dan penyediaan sarana prasarana penelitian.

#### Referensi

- [1] Simioni, F. et al., 2023. Dry sliding wear of high-alloy austenitic steel: A comparative study. *Journal of Materials Engineering and Performance*, 32(6), 4773–4782. <https://doi.org/10.1007/s11665-023-07982-4>.
- [2] Koteswaran, P. J., 2017. Design and fabrication of wear testing machine. *International Journal of Modern Engineering Research (IJMER)*, 7(6), 37–44.
- [3] Maculotti, G. et al., 2022. Uncertainty-based comparison of conventional and surface topography-based methods for wear volume evaluation in pin-on-disc tribological test. *Tribology International*.
- [4] Abdulwahab, U. et al., 2022. Design and fabrication of a dual condition PIN-ON-DISC automated wear testing machine. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*.
- [5] Cupu, D. R. P. & Putra, O. A., 2022. Design of pin on disc tribometer test equipment using the Hatamura method. *The Journal of Ocean, Mechanical and Aerospace -science and engineering- (JOMAs)*.
- [6] Aliemeke, B. et al., 2023.

- Comparative analysis of abrasive wear between aluminium alloy and mild steel in a pin-on-disc tribological test. *Nigerian Journal of Technology*, 42(3), 210–217.
- [7] Yang, Y., 1999. Advanced tribological testing and surface analysis of automotive brake materials. *Wear*, 236(1–2), 79–86. [https://doi.org/10.1016/S0043-1648\(99\)00285-5](https://doi.org/10.1016/S0043-1648(99)00285-5).
- [8] Kurniawan, I. & Institan, Y. E., 2022. Rancang bangun mesin uji aus berbasis ASTM G65. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Manufaktur*, 4(2), 99–108. <https://doi.org/10.48182/jtrm.v4i2.99>.
- [9] Bale, J. S. et al., 2018. The application of VDI 2221 method on embodiment design of pin on disk wear test. *Prosiding SNTTM XVII*, 155–162, Universitas Nusa Cendana.
- [10] Setiawan, A. et al., 2018. Rancang bangun alat uji keausan berbasis sistem kontak disc-on-disc. *Jurnal Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Metro*, 7(1), 1–9.
- [11] Kaarthik, M. N. et al., 2019. Fabrication of wear testing machine. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 8(4), 175–180.
- [12] Szala, M. et al., 2020. Comparative study of cavitation erosion and sliding wear of different stainless steels. *Wear*, 460–461, 203–212. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2020.203212>.
- [13] Ye, C. et al., 2020. Study on failure mechanism and phase transformation of stainless steel under sliding wear conditions. *Wear*, 456–457, 203–213. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2020.203213>.
- [14] Sharma, D. D. & Gandhi, V., 2020. Erosion wear behavior of martensitic stainless steel under varied impact conditions. *Materials Research Express*, 7(8), 086523. <https://doi.org/10.1088/2053-1591/ab9c4c>.
- [15] Gumilar, T. S. & Rumendi, U., 2014. Analisa uji keausan material St 37 hasil carburizing dan hardening dengan menggunakan mesin uji keausan horizontal. *Seminar Nasional Polman Bandung*, 1–6.
- [16] Aswar, A. et al., 2025. Kajian Optimasi Material Pengganti Berbahan Baja Karbon AISI 1018 Pada Perbaikan Planetary Gear Mesin Mixer UMKM An-Nur. *TURBO: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 14(1). <http://dx.doi.org/10.24127/trb.v14i1.4083>
- [17] Ali, H. M. et al., 2021. Experimental study of a dry sliding wear for different materials using a pin-on-disk apparatus. *Materials Science Forum*, 1021, 78–86. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.1021.78>.
- [18] Bermúdez, M. et al., 2001. Dry and lubricated wear resistance of mechanically-alloyed aluminium-base sintered composites. *Wear*, 248(1-2), 178–186.
- [19] Dwivedi, D. K., 2006. Wear behaviour of cast hypereutectic aluminium silicon alloys. *Materials & Design*, 27(7), 610–616.