Terbit *online* pada laman web jurnal : http://inomet.ft.unand.ac.id

INoMeT: Jurnal Inovasi Rekayasa Mekanikal dan Termal

| ISSN (Online) 3025-2598 |

Artikel Penelitian

Studi Eksperimental Pengaruh Temperatur dan Kecepatan Putar terhadap Keausan pada Kontak Pin-on-Disc dengan Pelumas Oli SAE 30

Devi Chandra [a], *Dedison Gasni* [a], *Muhammad Raihan* [b]

[a] *Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Padang, 25163*
[b] *Alumni Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Padang, 25163*

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:
Diterima Redaksi: 12 Desember 2025
Revisi Akhir: 19 Desember 2025
Diterbitkan *Online*: 26 Desember 2025

KATA KUNCI

Pin On Disc
Oli SAE 30
Keausan
Temperatur
Kecepatan Putar

KORESPONDENSI

E-mail: devichandra@eng.unand.ac.id

A B S T R A C T

This study investigates the effect of temperature and rotational speed on wear behavior in a pin-on-disc tribological system lubricated with SAE 30 oil. The operating parameters examined include test temperatures of 28°C, 60°C, and 100°C, and rotational speeds of 500 rpm and 1400 rpm, under a constant normal load of 50 N. The tribological performance was evaluated based on wear rate and changes in surface texture (scar width). The experimental results indicate that at a low rotational speed of 500 rpm, an increase in temperature leads to a consistent increase in wear rate. This behavior is attributed to the reduction in the viscosity of SAE 30 oil at elevated temperatures, which weakens the lubricant film and promotes boundary lubrication conditions. In contrast, at a high rotational speed of 1400 rpm, increasing temperature results in a reduction in wear rate. This phenomenon is associated with higher fluid shear forces at elevated speeds, which help maintain a stable lubricant film and shift the lubrication regime toward hydrodynamic lubrication, thereby minimizing direct contact between the pin and disc surfaces. Surface texture analysis, including scar width measurements, supports these findings and reveals a strong interaction between rotational speed, temperature, and lubrication regime. The results of this study contribute to a better understanding of the tribological behavior of SAE 30 lubricant and provide guidance for optimizing operating parameters to minimize mechanical wear in industrial applications.

1. PENDAHULUAN

Keausan (*wear*) dan gesekan (*friction*) merupakan fenomena penting dalam ilmu *tribologi*, yaitu cabang ilmu yang mempelajari interaksi permukaan yang saling bergerak serta peran pelumasan untuk mengurangi kerusakan dan kehilangan energi pada komponen mekanik. Tribologi tidak hanya berfokus pada besaran gesekan dan laju keausan, tetapi juga pada mekanisme pelumasan yang terjadi antara permukaan kontak agar umur pakai komponen dapat diperpanjang serta efisiensi sistem meningkat.

Salah satu alat yang umum digunakan untuk mempelajari fenomena keausan dan pelumasan adalah tribometer *pin-on-disc*. Perangkat ini memungkinkan simulasi kondisi kontak geser antara dua permukaan di bawah berbagai parameter operasi seperti beban normal, kecepatan putar, temperatur, dan jenis pelumas yang digunakan. Alat ini telah banyak dimanfaatkan untuk mengukur laju keausan dan karakter gesekan material dalam lingkungan pelumasan beragam, termasuk pelumas mineral standar seperti SAE-series [1].

Pelumas memiliki peran penting dalam menentukan performa tribologis pada kontak permukaan. Viskositas pelumas, yang dipengaruhi oleh temperatur, menentukan ketebalan film pelumas dan kemampuan pelumas dalam memisahkan permukaan yang bersentuhan. Pada temperatur

https://doi.org/10.25077/inomet.3.2.1-6.2025
Attribution-NonCommercial 4.0 International. Some rights reserved

tinggi, viskositas cenderung menurun sehingga film pelumas menjadi lebih tipis dan kondisi pelumasan lebih mungkin berada dalam rezim *boundary lubrication* di mana kontak langsung antar asperitas permukaan meningkat dan laju keausan bertambah. Sebaliknya, pada kecepatan putar tinggi, gaya geser fluida dapat membantu pembentukan film pelumas kontinu yang memindahkan sistem ke rezim *hydrodynamic lubrication*, sehingga mengurangi kontak langsung antar permukaan dan laju keausan. Sejumlah studi eksperimen sebelumnya juga menunjukkan bahwa variabel operasi seperti beban, kecepatan, dan pelumasan memengaruhi karakteristik keausan pada permukaan kontak.

Penggunaan alat *pin-on-disc* dalam berbagai penelitian menunjukkan bahwa pelumasan memiliki efek signifikan dalam menurunkan laju keausan, meskipun efek tersebut sangat bergantung pada kondisi operasi. Penelitian tentang pengaruh langsung temperatur dan kecepatan terhadap laju keausan dengan pelumasan oli SAE 30, khususnya, masih relatif terbatas dalam konteks variasi kedua parameter tersebut secara bersamaan, sehingga diperlukan kajian lebih lanjut. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang lebih komprehensif terhadap pemahaman mekanisme keausan pada kontak geser dengan pelumasan di berbagai kondisi temperatur dan kecepatan operasi.

2. METODOLOGI

2.1. Bahan

Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini adalah :

a. Pelumas
   Pelumas yang digunakan adalah Oli SAE 30 dengan kekentalan tunggal *(single grade)* yang memiliki nilai kekentalan yang tetap pada berbagai suhu, khususnya pada suhu operasional mesin. Spesifikasi SAE 30 memiliki nilai kekentalan kinematik sekitar 10.3 - 12.5 mm²/s pada suhu 100°C. Oli ini cocok untuk mesin yang beroperasi pada suhu sedang dan direkomendasikan untuk mesin-mesin tua atau yang membutuhkan pelumas dengan tingkat kekentalan yang stabil.
b. *Pin*
   Pin berbentuk bola yang terbuat dari logam. Pin bersentuhan langsung dengan disc saat digunakan. Ketika diberi beban, pin akan menekan dan membentuk kontak dengan disc yang sedang berputar. Bentuk pin ditunjukkan pada Gambar 1, sementara spesifikasi pin yang digunakan dalam penelitian ini tercantum pada Tabel 1.



Gambar 1. Pin

Tabel 1. Spesifikasi Pin

Tipe	*pin (ball bearing SKF)*
Material	*Stainless steel 440C*
Kekerasan	610 BHN
Diameter	8 mm

c. Disc
   Disc berfungsi sebagai permukaan yang bersentuhan langsung dengan Pin. Kekerasan disc ini lebih rendah dibandingkan dengan Pin. Bentuk *disc* dapat dilihat pada Gambar 2, dan spesifikasi *disc* yang digunakan dalam pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 2. Disc

Tabel 2. Spesifikasi Disc

Dimensi	Diameter luar 150 mm, Diameter dalam 26 mm, Tebal 5 mm
Kekerasan	45 HRC
Kekasaran Permukaan	0,972 mikrometer
Material	AISI 1015
Komposisi Kimia	99% Fe, 0,156% C

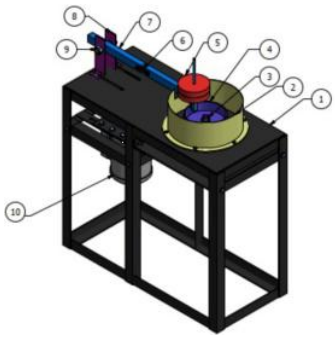
2.2. Peralatan

Pada penelitian ini digunakan beberapa peralatan utama :

a. Alat Uji Tribologi

 https://doi.org/10.25077/inomet.3.2.1-6.2025

Alat ini digunakan untuk mengukur keausan dan koefisien gesek yang terjadi antara pin dan disc yang saling bersentuhan. Fungsi utama alat uji ini adalah untuk menentukan tingkat keausan pada permukaan yang diuji. Bentuk alat uji ini dapat dilihat pada Gambar 3.



No	Part
1	Rangka
2	Dinding Disk
3	Poros
4	*Rotational Disc*
5	*Loadcell*
6	Penyambung Lengan
7	Legan Fleksibel
8	Kedudukan Lengan
9	Poros Lengan
10	Motor AC

Gambar 3. Alat Uji Tribologi

b. AC Motor Inverter
   Inverter berfungsi sebagai alat pengatur kecepatan motor yang mengontrol kecepatan putaran motor, di mana disc terhubung ke motor tersebut. Dengan menggunakan inverter, kecepatan putaran disc dapat disesuaikan sesuai dengan kebutuhan pengujian.
c. Heater
   Heater digunakan untuk memanaskan pelumas sampai temperatur 60°C dan 100°C dengan arus 2500 watt serta kapasitas 30 liter.
d. Mikroskop Optik Stereo
   Mikroskop optik stereo digunakan untuk mengamati tekstur permukaan disk (*wear scar*) dari hasil pengujian pada alat uji *pin on disc* berupa besarnya *scar width* dari disk dalam satuan μm. Cara melihat *width* dari disk yaitu mengukur lebar keausan atau goresan yang dihasilkan dari pertemuan antara pin dan disk, yang dilihat pada disk melalui mikroskop optik stereo. Mikroskop optik stereo dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Mikroskop Optik Stereo

2.3. Pengujian Keausan

Pengujian keausan dilakukan menggunakan alat uji tipe pin on disc dengan standar pengujian ASTM G99 [2]. Dalam pengujian ini, spesimen disc akan berputar, sementara spesimen pin akan menekan disc. Disc akan berputar dengan kecepatan 500 rpm dan 1400 rpm dan kontak antara pin dan disc akan menyebabkan keausan. Setelah pengujian, pin akan ditimbang untuk mengukur nilai keausan dan perubahan massa yang terjadi pada pin sebelum dan setelah pengujian.

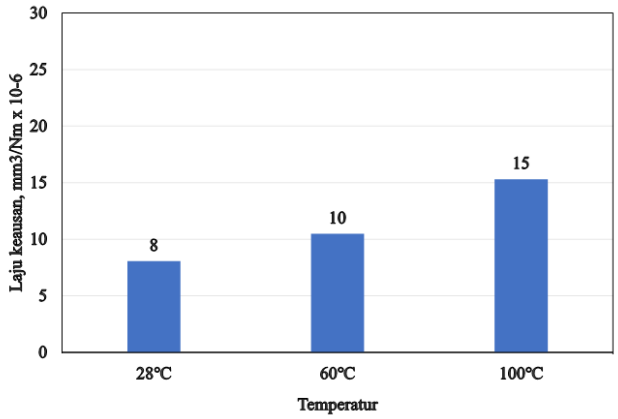
Berikut adalah langkah-langkah pengujian keausan:

1. Persiapkan semua peralatan dan bahan yang diperlukan untuk pengujian keausan.
2. Bersihkan permukaan pin dan disc untuk menghindari kotoran yang dapat mempengaruhi hasil pengujian.
3. Timbang berat awal pin dan disc sebelum pengujian dan catat hasilnya.
4. Pasangkan pin dan disc pada alat uji tribometer.
5. Tempatkan pin di atas disc sehingga keduanya saling bersentuhan.
6. Hidupkan alat uji pin on disc.
7. Berikan pembebanan 50 N pada alat uji.
8. Atur kecepatan putar alat uji dengan variasi 500 rpm dan 1400 rpm.
9. Berikan pembebanan 50 N.
10. Lakukan pengambilan data selama pengujian.
11. Matikan alat uji setelah pengujian selesai.
12. Timbang berat spesimen disc setelah pengujian, kemudian catat datanya pada rancangan pengujian keausan.
13. Lakukan perhitungan untuk memperoleh data yang diinginkan.

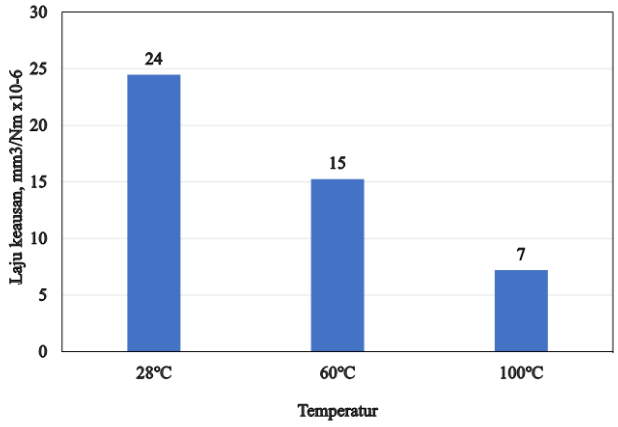
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengaruh Temperatur dan Kecepatan Putar terhadap Laju Keausan

Nilai laju keausan pada tiga variasi temperatur pelumas dengan kecepatan putar 500 rpm dan 1400 rpm dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 5. Laju Keausan Disk pada Putaran 500 rpm



Gambar 6. Laju Keausan Disk pada Putaran 1400 rpm

Hasil pengujian menunjukkan bahwa laju keausan pada sistem *pin-on-disc* dengan pelumasan oli SAE 30 sangat dipengaruhi oleh interaksi antara temperatur operasi dan kecepatan putar. Fenomena ini sejalan dengan prinsip dasar tribologi yang menyatakan bahwa perilaku gesekan dan keausan ditentukan oleh kombinasi sifat pelumas, kondisi kontak, dan parameter operasi [3].

Pada kecepatan putar 500 rpm, laju keausan meningkat seiring dengan kenaikan temperatur dari 28°C hingga 100°C. Peningkatan keausan ini berkaitan erat dengan penurunan viskositas oli akibat kenaikan temperatur, yang mengurangi kemampuan pelumas untuk mempertahankan ketebalan film pelumas di antara permukaan pin dan disc. Penurunan viskositas pelumas akibat temperatur tinggi telah dilaporkan secara luas dalam literatur sebagai faktor utama melemahnya film pelumas dan meningkatnya keausan pada kontak geser [4].

Dalam konteks rezim pelumasan, kondisi pada 500 rpm menghasilkan kecepatan relatif yang rendah sehingga nilai parameter pelumasan juga relatif kecil. Menurut teori kurva Stribeck, kondisi ini mendorong sistem beroperasi dalam rezim *boundary lubrication*, di mana kontak langsung antar asperitas permukaan menjadi dominan dan keausan meningkat. Oleh karena itu, kenaikan temperatur pada kecepatan rendah cenderung memperburuk kondisi pelumasan dan mempercepat proses keausan.

Sebaliknya, pada kecepatan putar 1400 rpm, hasil pengujian menunjukkan tren yang berlawanan, yaitu laju keausan menurun secara signifikan dengan meningkatnya temperatur. Pada kecepatan tinggi, peningkatan kecepatan relatif antar permukaan menghasilkan gaya geser fluida yang lebih besar, sehingga meskipun viskositas pelumas menurun akibat temperatur tinggi, film pelumas tetap dapat terbentuk dan dipertahankan. Kondisi ini mengarah pada pergeseran rezim pelumasan menuju *hydrodynamic lubrication*, yang efektif memisahkan permukaan kontak dan menurunkan keausan [5].

Pei et al. (2019) melaporkan bahwa pada kontak geser yang dilumasi, peningkatan kecepatan geser dapat mengimbangi efek negatif penurunan viskositas akibat temperatur tinggi, sehingga laju keausan justru menurun pada kecepatan tinggi [5]. Temuan tersebut konsisten dengan hasil penelitian ini, khususnya pada kondisi 1400 rpm dan temperatur 100°C.

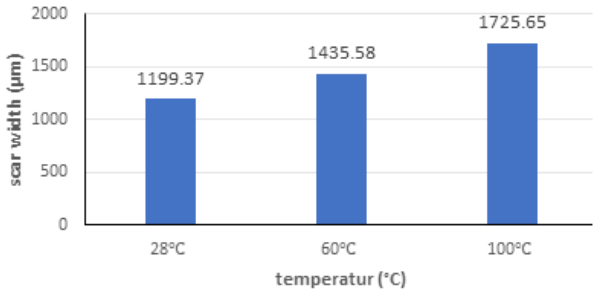
Dengan membandingkan kedua kondisi kecepatan tersebut, dapat disimpulkan bahwa temperatur tidak dapat dipandang sebagai parameter tunggal dalam analisis keausan. Sebaliknya, temperatur harus dianalisis bersama dengan kecepatan putar karena keduanya secara simultan menentukan rezim

 https://doi.org/10.25077/inomet.3.2.1-6.2025

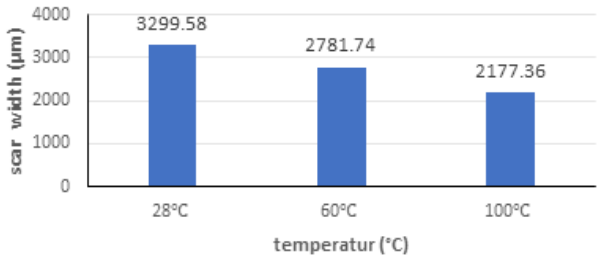
pelumasan yang dominan dan mekanisme keausan yang terjadi.

3.2. Pengujian Tekstur Permukaan Disc

Pengujian tekstur permukaan disc melalui pengukuran *scar width* bertujuan untuk mengevaluasi tingkat kerusakan permukaan akibat kontak geser pada sistem *pin-on-disc* dengan pelumasan oli SAE 30. Lebar bekas keausan (*scar width*) merupakan indikator penting dalam analisis tribologi karena secara langsung mencerminkan luas kontak, tingkat deformasi plastis, serta mekanisme keausan yang terjadi pada permukaan disc [3].



Gambar 7. Lebar *scar width* pada putaran 500 rpm



Gambar 8. Lebar *scar width* pada putaran 1400 rpm

Gambar 7 dan 8 memperlihatkan nilai scar width disk pada tiga variasi temperature dengan kecepatan putar 500 rpm dan 1400 rpm. Pada kecepatan putar 500 rpm, hasil pengujian menunjukkan bahwa *scar width* meningkat seiring dengan kenaikan temperatur. Nilai *scar width* tercatat sebesar 1199.37 µm pada 28°C, meningkat menjadi 1435.58 µm pada 60°C, dan mencapai 1725.65 µm pada 100°C. Tren ini menunjukkan bahwa kenaikan temperatur memperparah kerusakan permukaan disc pada kecepatan rendah. Menurut teori kurva Stribeck, kondisi ini mengindikasikan dominasi rezim *boundary lubrication*, di mana film pelumas tidak mampu sepenuhnya memisahkan permukaan yang bersentuhan sehingga kerusakan permukaan menjadi lebih signifikan [3].

Berbeda dengan hasil pada 500 rpm, pengujian pada kecepatan putar 1400 rpm menunjukkan tren yang berlawanan. Nilai *scar width* tertinggi terjadi pada temperatur 28°C sebesar 3299.58 µm, kemudian menurun menjadi 2781.74 µm pada 60°C, dan mencapai nilai terendah sebesar 2177.36 µm pada 100°C.

Penurunan *scar width* ini menunjukkan bahwa pada kecepatan tinggi, peningkatan temperatur justru memperbaiki kondisi pelumasan. Kecepatan relatif yang tinggi meningkatkan gaya geser fluida dan laju aliran pelumas di daerah kontak, sehingga meskipun viskositas pelumas menurun akibat temperatur tinggi, film pelumas masih dapat terbentuk dan dipertahankan. Kondisi ini mendorong peralihan rezim pelumasan menuju *hydrodynamic lubrication*, yang efektif mengurangi kontak langsung antar permukaan dan membatasi kerusakan permukaan disc [6]. Zhen et al (2016) melaporkan bahwa pada kontak geser terlumasi, peningkatan kecepatan geser dapat mengurangi lebar bekas keausan meskipun temperatur operasi meningkat [6]. Temuan tersebut sejalan dengan hasil penelitian ini pada putaran 1400 rpm.

Perbandingan hasil *scar width* pada kedua kecepatan putar menunjukkan adanya interaksi yang kuat antara temperatur dan kecepatan dalam menentukan tingkat kerusakan permukaan disc. Pada temperatur yang sama, *scar width* pada 1400 rpm secara umum lebih besar dibandingkan 500 rpm, yang menunjukkan bahwa energi geser dan beban kontak efektif pada kecepatan tinggi tetap memberikan kontribusi signifikan terhadap deformasi permukaan. Namun, tren penurunan *scar width* pada temperatur tinggi di 1400 rpm menunjukkan bahwa efek perlindungan dari film pelumas hidrodinamik lebih dominan dibandingkan efek destruktif dari geser mekanis. Sebaliknya, pada 500 rpm, kenaikan temperatur secara konsisten memperlebar *scar width*, menandakan bahwa degradasi film pelumas akibat penurunan viskositas tidak dapat dikompensasi oleh kecepatan geser yang rendah. Hal ini mempertegas bahwa pada kecepatan

rendah, temperatur tinggi berperan sebagai faktor yang mempercepat keausan dan memperburuk tekstur permukaan.

Hasil *scar width* ini konsisten dengan tren laju keausan yang diperoleh sebelumnya. Lebar bekas keausan yang meningkat sejalan dengan peningkatan laju keausan pada 500 rpm, sedangkan penyempitan *scar width* pada 1400 rpm sejalan dengan penurunan laju keausan pada temperatur tinggi. Hal ini menegaskan bahwa *scar width* merupakan parameter yang valid untuk mendukung analisis kuantitatif laju keausan dalam studi tribologi [7]

4. KESIMPULAN

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian pada sistem *pin-on-disc* dengan pelumasan oli SAE 30, dapat disimpulkan bahwa:

1. Kenaikan temperatur operasi pada kecepatan putar rendah (500 rpm) menyebabkan peningkatan laju keausan.
2. Pada kecepatan putar tinggi (1400 rpm), kenaikan temperatur operasi menyebabkan penurunan laju keausan.
3. Lebar bekas keausan (*scar width*) pada permukaan disk meningkat dengan kenaikan temperatur pada 500 rpm, sedangkan pada 1400 rpm *scar width* menurun pada temperatur yang lebih tinggi.
4. Temperatur dan kecepatan putar merupakan parameter yang saling berinteraksi dalam mempengaruhi karakteristik keausan dan tekstur permukaan pada sistem *pin-on-disc* dengan pelumasan oli SAE 30.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Roziqin, I. N. (2023). *Analisa pengaruh variasi pelumas terhadap keausan baja St 60 dengan tribometer Pin-On-Disc*. Quantum Teknika : Jurnal Teknik Mesin Terapan, 4 (2), 102–106. https://doi.org/10.18196/jqt.v4i2.14220

[2] "Standard Test Method for Wear Testing with a Pin-on-Disk Apparatus 1."

[3] Bhushan, B. (2013). *Principles and applications of tribology*. John wiley & sons.

[4] Lee, Y.-S., Yamagishi, S., Tsuro, M., Ji, C., Cho, S., & Kim, Y. (2021). *Wear behaviors of stainless steel and lubrication effect on transitions in lubrication regimes in sliding contact*. Metals**,** 11 (11), 1854. https://doi.org/10.3390/met11111854

[5] Pei, Y., Xia, D., Wang, S., Cong, L., Wang, X., & Wang, D. (2019). *Effects of temperature on the tribological properties of NM600 under sliding wear*. Materials, 12 (23), 4009. https://doi.org/10.3390/ma12234009

[6] Zhen, J., Zhu, S., Cheng, J., Qiao, Z., Liu, W., & Yang, J. (2016). *Effects of sliding speed and testing temperature on the tribological behavior of a nickel-alloy based solid-lubricating composite*. Wear, 368–369, 45–52. https://doi.org/10.1016/j.wear.2016.09.004

[7] Hiratsuka, K., & Inagaki, M. (2012). *Effects of temperature, sliding velocity and non-friction time on severe-mild wear transition of iron*. Tribology International, 49, 39–43. https://doi.org/10.1016/j.triboint.2011.12.004