

Kaji Eksperimental Pengaruh Beban dan Bentuk Pin terhadap Laju Keausan dan Koefisien Gesek pada *Contact Pin-on-Disc*

DEDI ROSA PUTRA CUPU, YULIAN ZALIANORA

ABSTRACT

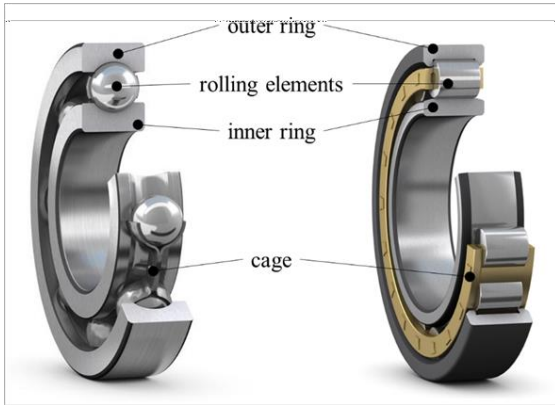
Friction is the resistance to motion in which it is inevitable whenever two solid bodies slide over each other. The dimensionless quantity to describe the friction is called coefficient of friction (or 'friction coefficient'). Along with the wear rate, the coefficient of friction determine the performance of any tribo-system, including roller element bearing. The present paper experimentally studies the effect of normal load and pin shapes on the coefficient of friction and wear rate of a dry pin-on-disc contact. The pin-on-disc contact illustrates the contact between a ball-rolling-element bearing and raceway of roller element bearing. The dry contact means that the contact is unlubricated. In this experiment, pin with normal load of 2-8 kg was pushed against the rotating disc with a 510 rpm normal speed for 135 minutes. Material of both pin and disc were the same to make sure that the material did not affect to the experimental test. The tests were carried out for both of hemispherical pin and flat pin cylinder to study the effect of the pin shapes as well. The mass of both pin and disc were weighted every one hour. Results show that the heavier the normal load working on the contact the lower the coefficient of friction and the higher the wear rate for both pin shapes. It is also found that wear rate of flat pin cylinder is higher than that of hemispherical pin.

Keywords: dry contact, koefisien gesek, laju keausan, roller element bearing, pin-on-disc contact

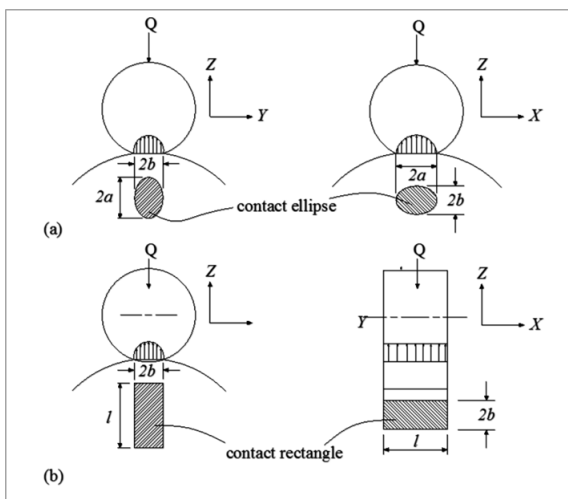
PENDAHULUAN

Rolling element bearing, biasa disingkat dengan *rolling bearing*, atau dikenal di Indonesia dengan istilah bantalan gelinding merupakan elemen mesin yang banyak digunakan saat ini untuk berbagai macam aplikasi dimana elemen mesin ini mampu mentransmisikan putaran dan beban dengan memanfaatkan putaran relatif antara komponen-komponen pada elemen mesin tersebut. Beban yang ditransmisikan dapat berupa beban radial ataupun beban aksial. Dibandingkan *journal bearing* (bantalan lurus), tingkat akurasi kelurusan poros pada *rolling bearing* lebih baik dan ukurannya yang lebih kecil menyebabkan biaya pembuatan dan pemeliharaan lebih rendah dan lebih mudah dalam pemasangan dan pembongkaran. Akan tetapi, gesekan yang terjadi pada *rolling bearing*, akibat adanya kontak antara *rolling element* dan *raceway ring*, cukup besar terutama pada kecepatan rendah. Secara umum

ada dua tipe *rolling element bearing* yaitu *ball bearing* dimana *rolling element*nya berbentuk bola dan *cylindrical roller bearing* yang mempunyai *rolling element* berbentuk silinder. Gambar 1 menunjukkan komponen pada elemen mesin *rolling element bearing* dimana terjadi kontak dan gerak relatif antara *rolling element* dan *inner raceway ring* dan antara *rolling element* dengan *outer raceway ring*. Berdasarkan geometri jejak yang dihasilkan oleh dua benda solid yang mengalami kontak, jenis kontak dapat dibagi atas dua yaitu *point contact* dan *line contact*. Kontak yang terjadi pada ball bearing merupakan salah satu contoh *point contact* di mana kontak awal yang terjadi sebelum diberikan beban adalah berupa titik (*point*). Setelah kontak tersebut diberikan beban maka jejak akan menjadi lingkaran. *Line contact* dapat dilihat pada aplikasi *cylindrical roller bearing* dan roda gigi, di mana kontak awal yang terjadi berupa garis (*line*). Jejak yang berupa garis ini akan berubah menjadi persegi empat ketika kontak tersebut diberikan beban. Gambar 2 menunjukkan perbedaan antara *point contact* dan *line contact*.



GAMBAR 1. Komponen pada elemen mesin *rolling element bearing* (SKF, 2019)

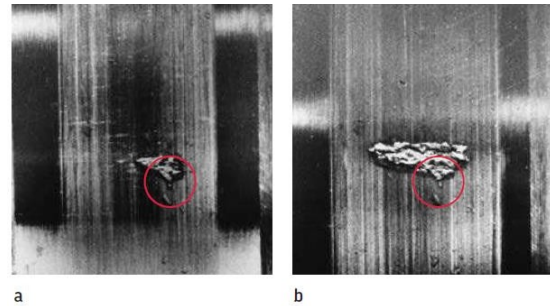


GAMBAR 2. Bentuk *footprint* (jejak) yang terjadi pada (a) Point contact; (b) ideal line contact (Haris, 2007)

Gerak relatif yang terjadi pada kontak *rolling element* dan *outer* ataupun *inner ring* pada *rolling bearing* ini akan menghasilkan gesekan. Gesekan yang terjadi secara terus-menerus menimbulkan keausan (*wear*) yang merupakan salah satu fenomena yang dipelajari di ilmu tribologi. Stachowiak (2005) mendefinisikan keausan (*wear*) adalah proses hilangnya substansi material secara progresif pada permukaan benda yang mengalami kontak dan bergerak secara relatif satu benda terhadap benda yang lainnya. Gambar 3 menunjukkan kerusakan berupa aus (*wear*) yang terjadi pada *inner raceway* yang diakibatkan karena adanya kontak langsung antara permukaan elemen tersebut.

Keausan merupakan penyebab utama terjadinya pemborosan material dan menurunnya kinerja dari mesin dimana faktor utama dari keausan itu sendiri adalah gesekan. Seperti dari sumber energi di dunia yang

digunakan saat ini diperlukan untuk mengatasi gesekan dan mengurangi terjadinya proses keausan (Stachowiak, 2005). Oleh karena itu, fenomena *wear* ini sangat penting untuk dipelajari yang berguna untuk memprediksi umur efektif suatu komponen/element mesin, menentukan jenis dan material yang akan digunakan termasuk sifat-sifat material tersebut, dan menentukan kondisi lingkungan yang tepat sebagai optimalisasi suatu sistem permesinan (Burhanuddin, 2012).



GAMBAR 3. Salah satu kerusakan yang terjadi pada *raceway roller element bearing* (SKF, 2019)

Beberapa faktor yang mempengaruhi gesekan dan keausan adalah beban normal, bentuk atau geometri kontak, gerak relatif yang terjadi, kecepatan luncur (*sliding speed*), kekasaran permukaan, jenis material, kondisi kontak, pelumasan, getaran dan lain-lain. Di antara faktor yang disebutkan di atas, beban yang bekerja dan kecepatan yang terjadi merupakan faktor yang paling berpengaruh pada proses terjadinya gesekan dan keausan (Chowdury, 2011).

Koefisien gesek dan laju keausan merupakan besaran tak-berdimensi (*dimensionless quantity*) yang menggambarkan kondisi kerja sistem tribologi, termasuk pada *rolling element bearing*. Pada penelitian ini, kontak yang terjadi antara *rolling element* berupa bola dan *outer raceway* digambarkan dengan *pin-on-disc contact*. Pada pengujian ini dilakukan pada kondisi kering tanpa pelumas atau disebut juga dengan *wet contact* untuk melihat pengaruh bentuk pin serta beban yang bekerja pada kontak terhadap koefisien gesek dan laju keausan diukur dengan menggunakan *pin-on-disc tribometer*.

METODE PENELITIAN

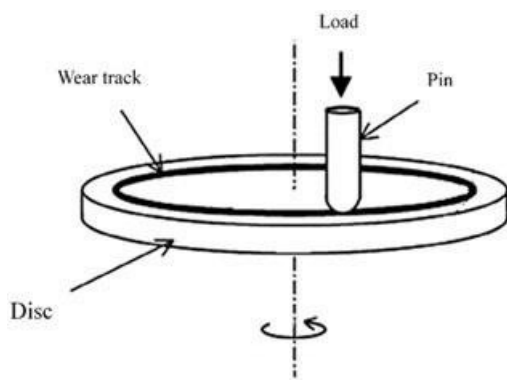
Gambar 4 menunjukkan gambar skematik dari sebuah alat uji gesek (tribometer) tipe *pin-on-disc* yang terdiri dari *pin* yang ditekan dengan beban tertentu dan *disc* yang berputar dengan kecepatan 510 rpm. Pengujian ini merujuk kepada standar ASTM 99. Material kedua *pin* dan *disc* dipilih sama yaitu ST37 untuk memastikan bahwa jenis material tidak mempengaruhi hasil penelitian ini. Sebelum dan setelah dilakukan pengujian, massa *pin* dan *disc* ditimbang untuk melihat jumlah massa yang hilang. Volume yang hilang dihitung dari jumlah massa yang hilang dibagi dengan densitas material. Dengan menggunakan data volume yang hilang tersebut maka laju keausan (*wear rate*) dapat dihitung. Koefisien gesek dihitung dengan menggunakan persamaan (1) di mana F_k adalah gaya gesek yang terjadi dan N adalah gaya normal yang diberikan pada kontak.

$$\mu = \frac{F_k}{N} \quad (1)$$

Laju keausan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2).

$$\text{wear rate} = \frac{\Delta V}{F \cdot L} \quad (2)$$

dimana ΔV adalah volume material yang hilang, F adalah beban yang bekerja dan L adalah panjang lintasan. Panjang lintasan dihitung dari radius putaran dari jejak yang dihasilkan (*footprint*) oleh *pin* pada permukaan *disc* dikalikan dengan kecepatan putaran dari *disc* tersebut.



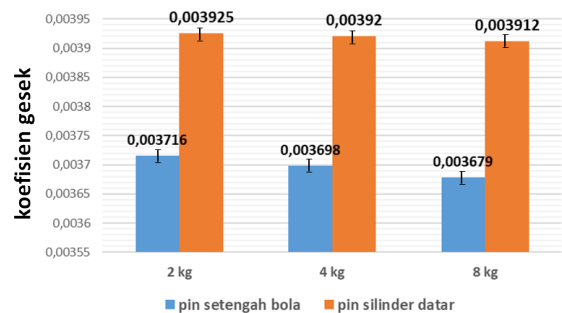
GAMBAR 4. Skematik pin-on-disc contact

Pada penelitian ini, permukaan pin dengan bentuk setengah bola dan silinder datar diuji pada variasi beban 2 kg, 4 kg dan 8 kg. Kecepatan putaran *disc* sama yaitu 510 ± 5 rpm. Pengujian dilakukan selama 135 menit dan setiap 45 menit ditimbang massa *pin* dan *disc*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengaruh bentuk pin dan beban pada koefisien gesek

Nilai koefisien gesek dari masing-masing bentuk pin dengan variasi beban ditampilkan dalam bentuk grafik seperti terlihat pada Gambar 5. Dari gambar tersebut secara umum dapat dikatakan bahwa koefisien gesek yang terjadi pada kontak antara pin dengan bentuk silinder datar dan *disc* lebih tinggi daripada kontak antara pin berbentuk setengah bola (*hemispherical*) dengan *disc*. Hal ini karena bidang kontak yang terjadi pada pin berbentuk silinder datar lebih besar daripada bidang kontak pada pin berbentuk setengah bola. Selain itu, dari grafik tersebut juga dapat disimpulkan bahwa semakin besar beban yang bekerja pada kontak maka semakin kecil nilai koefisien gesek yang diperoleh. Namun demikian, pengaruh beban terhadap koefisien gesek pada kontak antara pin silinder datar tidak signifikan dibandingkan pada kontak pin setengah bola. Pada kontak pin yang berbentuk silinder datar, persentase pengurangan koefisien gesek untuk beban 2 kg dan 4 kg sebesar 0,127 %, sedangkan persentase pengurangan koefisien gesek untuk pin dengan bentuk setengah bola adalah 0,48 %. Begitu juga untuk beban 4 kg dan 8 kg, persentase pengurangan koefisien gesek pada kontak pin berbentuk silinder datar dan setengah bola adalah 0,204 % dan 0,514 %.

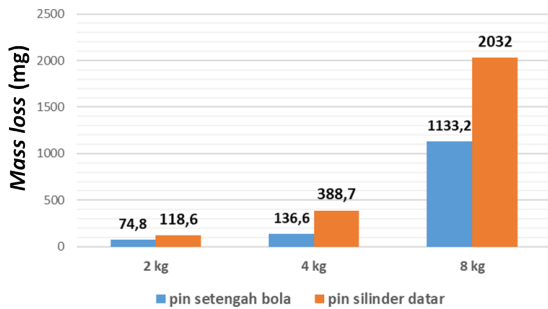


GAMBAR 5. Pengaruh beban terhadap koefisien gesek pada pin setengah bola dan pin silinder datar

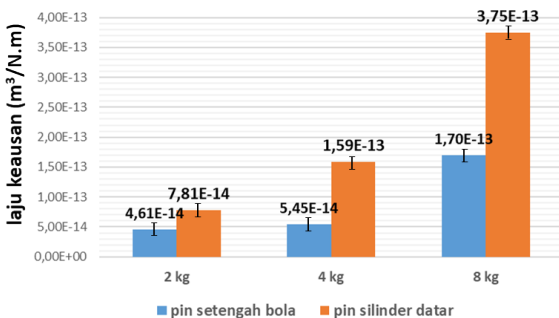
2. Pengaruh bentuk pin dan beban pada laju keausan

Gambar 6 menunjukkan grafik massa yang hilang dalam miligram pada pengujian dengan menggunakan pin berbentuk setengah bola dan silinder datar dengan beban yang bervariasi

yaitu 2 kg, 4 kg dan 8 kg. Pada pengujian ini, kecepatan putaran *disc* tetap 510 ± 5 rpm selama 135 menit. Dengan menggunakan data pada Gambar 6, perhitungan laju keausan dengan persamaan (2) di atas menghasilkan grafik seperti pada Gambar 7.



GAMBAR 6. Massa yang hilang (mg) setelah dilakukan pengujian selama 215 menit untuk pin berbentuk setengah bola dan silinder datar dengan variasi beban 2 kg, 4 kg dan 8 kg.



GAMBAR 7. Laju keausan (*wear rate*) setelah dilakukan pengujian selama 215 menit untuk pin berbentuk setengah bola dan silinder datar dengan variasi beban 2 kg, 4 kg dan 8 kg.

Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa massa yang hilang meningkat seiring dengan besarnya beban yang diberikan pada kontak, baik pada pin berbentuk setengah bola maupun pin dengan bentuk silinder datar. Pada kontak dengan beban 2 kg, massa yang hilang setelah dilakukan pengujian selama 215 menit adalah 74,8 mg dan 118,6 mg, berturut-turut untuk pin setengah bola dan pin silinder datar. Pada beban yang lebih besar, yaitu 8 kg, massa yang hilang mencapai 1133, 2 mg untuk pin berbentuk bola dan 2032 mg untuk pin berbentuk silinder padat.

Laju keausan (*wear rate*) yang ditampilkan pada Gambar 7 menunjukkan peningkatan laju keausan terjadi secara signifikan terhadap beban yang bekerja pada kontak, baik pada pin yang berbentuk setengah bola ataupun pada pin yang berbentuk silinder datar. Pada beban yang lebih besar (8 kg), laju keausan pada kontak pin setengah bola adalah $1,7 \times 10^{-13}$

$m^3/N.m$, tiga kali lipat dibandingkan dengan laju keausan pada saat beban 4 kg, yaitu $5,45 \times 10^{-14} m^3/N.m$. Sedangkan pada pin silinder datar, laju keausan pada saat kontak diberikan beban 8 kg meningkat hanya sekitar 2 kali lipat dibandingkan beban 4 kg.

KESIMPULAN

Dari hasil pengujian menggunakan tribometer tipe *pin-on-disc* pada kondisi kering (*dry contact*) yang telah dilakukan pada dua bentuk pin yang berbeda dengan variasi beban, maka dapat disimpulkan bahwa bentuk pin mempengaruhi sifat tribologi pada kontak seperti koefisien gesek dan laju keausan. Pada pin setengah bola (*hemispherical*) pada permukaan *disc* yang datar, koefisien gesek dan laju keausan yang terjadi lebih rendah dibandingkan kontak pin silinder datar. Hal ini berlaku pada ketiga variasi beban yang diuji. Selain itu, pengaruh beban tidak signifikan pada koefisien gesek yang terjadi pada kontak pin silinder datar. Akan tetapi, variasi beban berdampak signifikan terhadap laju keausan baik pada pin setengah bola maupun pin berbentuk silinder datar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Riau atas bantuan dana penelitian yang diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alwahab, R.M. & Al-Qurna, H.H. (1995). Fiber reinforced cohesive soils for application in compacted earth structure. *Proceeding of Geosynthetic Conference*, Nashville, Tennessee, Vol. 2, (pp.433-446).
- Burhanuddin, A., Krisnandi, D. D., Armanto, E., Prabowo, D., Nugroho, S. & Jamari. (2012). Studi Eksperimen Pengaruh Beban terhadap Perubahan Koefisien Gesek pada *Rolling Contact* dengan Tribometer *Pin-on-Disc* Fase *Running-In*. Prosiding SNST ke-3 Fakultas

Teknik Universitas Wahid Hasyim
Semarang.

Chowdury, M. A., Khalil, D. K., Nuruzzaman,
D. M. & Rahaman, M. L. (2011). The
Effect of Sliding Speed and Normal
Load on Friction and Wear Property of
Aluminium. *International Journal of
Mechanical & Mechatronics
Engineering*, 11 (1), 45-49.

Harris, T. A. & Kotzalas, M. N. (2007).
*Essential Concept of Bearing
Technology*. Taylor & Francis Group.

SKF. (2019).
<https://www.skf.com/group/products/bearings-units-housings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/single-row/index.html>

Stachowiak, G. W. (2005). *Engineering
Tribology Third Edition*, Elsevier Inc.
USA.

PENULIS:

Dedi Rosa Putra Cupu

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik,
Universitas Riau, Pekanbaru.

Email: dedi.cupu@lecturer.unri.ac.id

Yulian Zalianora

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik,
Universitas Riau, Pekanbaru.