

## STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH BEBAN TERHADAP KOEFISIEN GESEK PADA *SLIDING CONTACT* FASE *RUNNING-IN* DENGAN TRIBOMETER *PIN-ON-DISC*

Didi Dwi Krisnandi<sup>\*</sup>), Aan Burhanudin, Eko Armanto, Dian Prabowo, Sulardjaka, Jamari.

Magister Teknik Mesin UNDIP  
Jl.Prof. Sudarto, SH, Tembalang Semarang  
<sup>\*</sup>email: didi.dwi.krisnandi@gmail.com

### Abstrak

Kontak permukaan antar komponen merupakan salah satu fenomena yang tak terpisahkan dalam suatu sistem permesinan. Kontak permukaan suatu sistem permesinan dapat berupa *sliding contact* dan *rolling contact*. Ketika kontak tersebut diberikan suatu gaya mekanik maka akan terjadilah fenomena tribologi yang disebut sebagai *wear* (keausan). Kajian tribologi sangat penting dalam kaitannya efisiensi dan peningkatan performance suatu sistem permesinan. Proses keausan terbagi menjadi tiga tahapan, yaitu *running-in*, *steady state*, dan *wear out*. Tahapan *running-in* merupakan tahapan awal dari proses keausan. Tahapan ini berlangsung sangat cepat dan memiliki pengaruh yang sangat penting terhadap kehandalan dan efisiensi suatu sistem permesinan. Penelitian ini membahas pengaruh beban terhadap koefisien gesek yang terjadi pada fase *running-in* pada material aluminium dan kuningan dengan menggunakan tribometer *pin-on-disc*. Material aluminium memiliki  $H: 0.24 \text{ Gpa}$ ,  $E: 75.2 \text{ Gpa}$  dan  $\nu: 0.34$ . Sedangkan material kuningan memiliki  $H: 1.8 \text{ GPa}$ ,  $E: 115 \text{ GPa}$ , dan  $\nu: 0.34$ . Variasi beban yang digunakan yaitu  $2\text{N}$ ,  $3\text{N}$  dan  $5\text{N}$ . Sedangkan kecepatan yang digunakan (*sliding speed*)  $10 \text{ rpm}$ . Sebagai pin digunakan material bola baja (*chrome steel ball*) diameter  $10\text{mm}$ ,  $Ra:0.01\mu\text{m}$ ,  $E:430 \text{ Gpa}$  dan  $\nu:0.17$ . Bola baja diasumsikan tidak mengalami keausan. Dari hasil pengujian didapatkan koefisien gesek pada fase *running-in* akan menurun sejalan bertambahnya jarak *sliding* sampai fase *steady-state* dan akan memiliki nilai koefisien yang hampir sama. Besarnya koefisien gesek pada fase *running-in* berbanding lurus dengan besarnya beban yang diberikan (*gaya normal*). Besarnya koefisien gesek pada material kuningan lebih besar dibanding dengan gaya gesek yang timbul pada aluminium. Untuk beban dan kecepatan yang sama, fase *running-in* pada aluminium lebih singkat dari pada yang terjadi pada aluminium. Fase *running-in* pada aluminium terjadi sampai  $\pm 40$  detik (6~7 putaran), sedangkan untuk kuningan pada 70 detik (11~12 putaran).

**Kata kunci:** koefisien gesek, keausan, *sliding*, *running-in*

### PENDAHULUAN

Suatu sistem permesinan akan terdapat kontak antar permukaan *part*, yaitu kontak yang dapat berupa *point contact* (kontak titik), *surface contact* (kontak permukaan), dan *line contact* (kontak garis). Ketika kontak antar *part* tersebut dikenakan sebuah gaya mekanik, maka akan timbul suatu fenomena yang disebut sebagai keausan (*wear*). Dawson, 1998 telah menyampaikan sejarah panjang tentang tribologi. Tribologi adalah masalah krusial dalam permesinan yang melibatkan proses *sliding* dan *rolling*. Jika tribologi diterapkan dengan semestinya, maka finansial dapat dihemat sampai sebesar US\$16 milyar di Negara Amerika dan £500 juta di Inggris. Hal ini bisa dilihat dari laporan H.P. Jost, Menteri Pendidikan Inggris pada tahun 1966. Dalam laporannya yang terkenal dengan nama *The Jost Report*, pemborosan terutama disebabkan oleh keausan karena gesekan, munculnya panas akibat gesekan mengakibatkan material menjadi lunak dan memungkinkan rusak pada kontak permukaannya. Hal ini sejalan dengan penelitian Robinowicz yang mengemukakan bahwa kehilangan fungsi suatu komponen mesin 70% disebabkan oleh kerusakan pada permukaan logam yang meliputi keausan (55%) dan korosi (15%). Dimana mekanisme keausan yang dominan adalah keausan adesif (25%) dan abrasif (20%), sedang sisanya disebabkan oleh mekanisme keausan yang lain (Suryanto, 2007). Kehrwald tahun 1998 menyatakan bahwa dengan melakukan prosedur yang tepat saat *running-in*, dapat meningkatkan *life time* suatu sistem permesinan sebesar 40% lebih, dan juga dapat mengurangi gesekan mesin tanpa melakukan perubahan material (R. Ismail, dkk,1997).

---

Data-data di atas menunjukkan bahwa fenomena keausan sangat penting dalam kaitannya umur pakai dan *performance* komponen dalam suatu sistem permesinan. Oleh karena itu penelitian tentang *wear* akan sangat berguna untuk meningkatkan efisiensi suatu sistem permesinan, mempertimbangkan dan menentukan jenis dan propertis material yang akan digunakan, dan menentukan kondisi lingkungan yang tepat sebagai optimalisasi suatu sistem permesinan.

## LANDASAN TEORI

Kontak *sliding* adalah kontak dengan kecepatan relatif antara dua benda atau permukaan pada pusat kontak dalam bidang *tangent* (MB. Peterson, 1969). Pengaruh dari adanya kontak *sliding* adalah hilangnya sebagian material dari permukaan yang saling kontak yang *dinamakan* keausan. Keausan dalam ASTM didefinisikan sebagai kerusakan permukaan benda yang secara umum berhubungan dengan peningkatan hilangnya material yang disebabkan oleh pergerakan relatif benda dan sebuah substansi kontak (Blau,1997). Keausan didefinisikan sebagai kehilangan substansi secara progresif dari permukaan operasi dari benda akibat gerak relatif dari permukaan terhadap benda lain (Stachowiak, 2005) . Archard (1953) mengemukakan suatu model pendekatan untuk mendeskripsikan keausan *sliding*, yang merupakan babak baru dalam perkembangan ilmu tribologi. Archard berasumsi bahwa parameter kritis dalam keausan *sliding* adalah medan tegangan di dalam kontak dan jarak *sliding* yang relatif antara permukaan kontak. Model ini sering dikenal sebagai hukum keausan Archard, yang sering dikenal dengan *Archard's wear law* (Holm, 1946). Model Archard didasarkan pada pengamatan-pengamatan bersifat percobaan. Bentuk sederhana dari model keausan ini adalah:

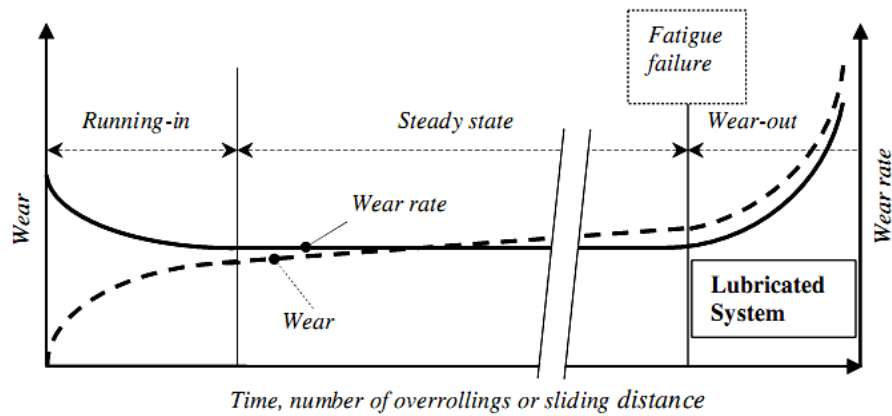
$$V = k_D \cdot F_N \cdot s \quad (1)$$

dimana  $V$  adalah volume material yang hilang akibat keausan,  $s$  adalah jarak *sliding*,  $F_N$  adalah beban normal,  $k$  adalah koefisien keausan tak berdimensi (tidak memiliki satuan) yang merupakan suatu konstanta yang didapatkan untuk mencocokkan perhitungan antara teori dan pengujian,  $k_D$  adalah koefisien keausan yang berdimensi yang didapat dari:

$$k_D = k/H \quad (2)$$

$H$  adalah kekerasan dari material yang mengalami keausan.

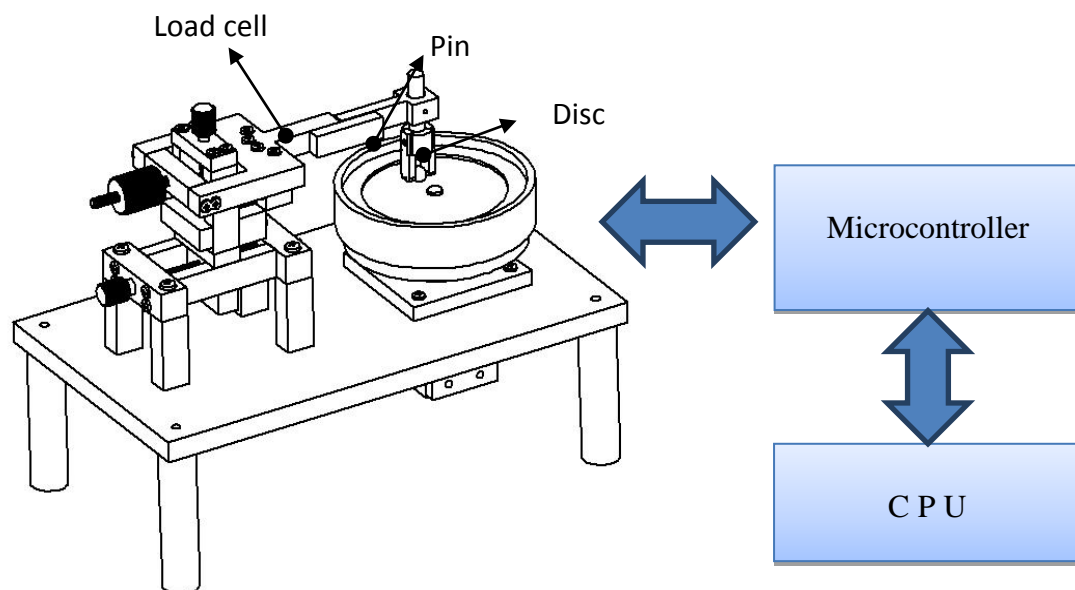
Tahapan keausan (Gb.1) dalam hubungannya dengan waktu pakai terdiri tiga tahap (Jamari, 2006). Tahap pertama yaitu tahap *running-in*. Pada tahap ini keausan mengalami peningkatan secara signifikan, tetapi laju keausan berkurang seiring dengan bertambahnya waktu ataupun jarak *sliding* ataupun *rolling*. Tahap kedua adalah *steady state*, dimana keausan masih meningkat tetapi tidak sebesar tahap pertama (*running-in*). Laju keausan (*wear rate*) berjalan konstan dan tidak berubah dengan berjalannya waktu ataupun jarak *sliding* ataupun *rolling*. Keadaan ini berakhir sampai terjadi *fatigue wear*. Tahap terakhir disebut *wear-out*, pada tahap ini keausan dan laju keausan mengalami peningkatan tajam, sampai akhirnya permukaan kontak mengalami kerusakan. Pada kondisi inilah awal dari kegagalan lelah.



Gambar 1. Grafik tahapan keausan (Jamari,2006)

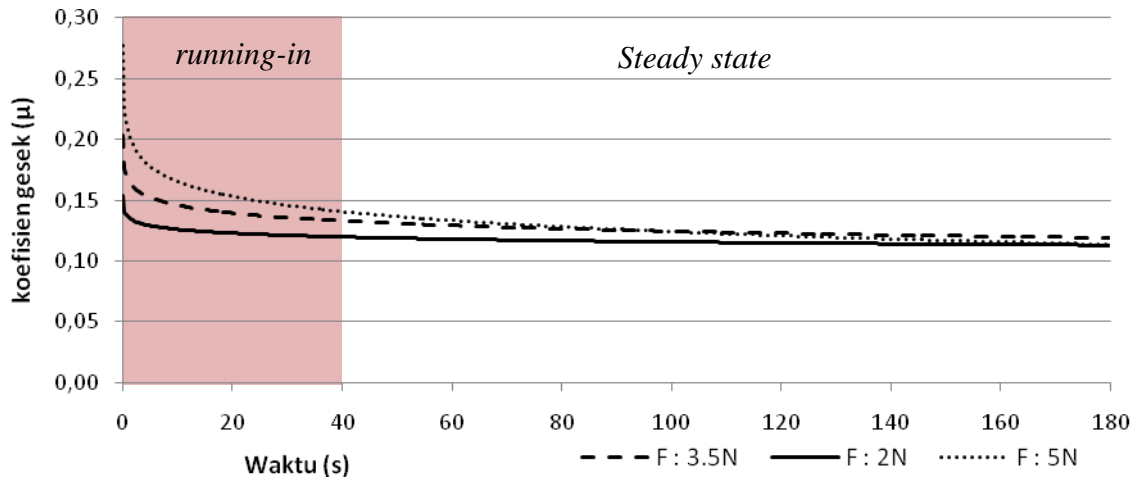
### PROSEDUR PENELITIAN

Penelitian yang akan dilakukan menggunakan alat yang disebut tribometer *pin-on-disc* (Gb.2) , tipe *sliding* pada fase *running-in* dengan material aluminium dan kuningan sebagai *disc* dan bola baja (*chrome steel ball*) sebagai *pin* dengan variasi pembebanan (2 N, 35 N, dan 5 N). Bola baja yang digunakan berdiameter 10mm,  $Ra:0.01\mu\text{m}$ ,  $E:430\text{ Gpa}$  dan  $\nu:0.17$  dengan lapisan *chrome*. Bola baja diasumsikan tidak mengalami keausan, sehingga yang dilakukan pengamatan hanya pada *disc* saja. Material aluminium yang digunakan memiliki  $H: 0.24\text{ Gpa}$ ,  $E: 75.2\text{ Gpa}$  dan  $\nu: 0.34$ . Sedang material kuningan memiliki  $H: 1.8\text{ GPa}$  ,  $E: 115\text{ GPa}$ , dan  $\nu: 0.34$ . Permukaan benda uji memiliki kekasaran  $\pm 1.27\ \mu\text{m}$  untuk aluminium, dan  $1.28\ \mu\text{m}$  untuk material kuningan. Kecepatan yang digunakan dalam pengujian sebesar 10 m/s.

Gambar 2. *Pin-on-disc* tribometer

## HASIL DAN PEMBAHASAN

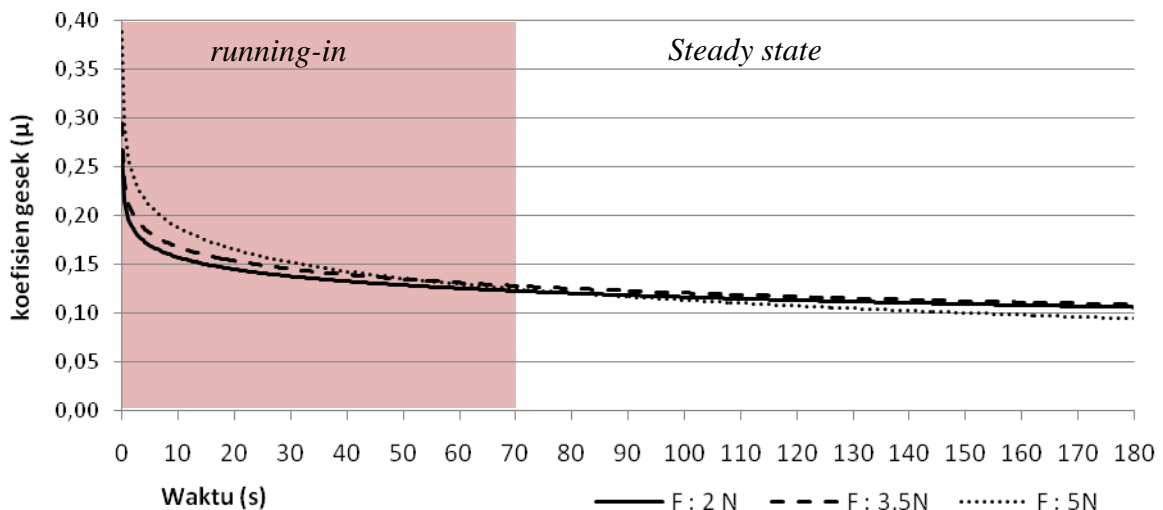
### 1. Hasil Pengujian untuk Material Alumunium



Gambar 3. Grafik koefisien gesek material alumunium untuk  $v$ : 10rpm, beban 2 N, 3.5 N, dan 5 N

Fase *running-in* terjadi pada awal proses keausan (Gb. 3). Untuk material alumunium fase *running-in* terjadi secara singkat. Dari grafik gaya gesek di atas menunjukkan bahwa *running-in* terjadi sampai  $\pm 40$  detik. Jika putaran yang digunakan 10 rpm berarti pada putaran ke  $\pm 6-7$ . Gaya gesek akan menurun untuk menuju fase *steady-state*. Penurunan gaya gesek tersebut terjadi karena permukaan material semakin halus, dimana asperiti-asperiti terdeformasi secara plastis akibat proses keausan abrasi. Sejalan dengan penurunan gaya gesek, koefisien gesek akan menurun pula dan akan terjadi kesetabilan sampai fase *steady state*. Koefisien gesek pada *running-in* berbanding lurus dengan besarnya beban (gaya normal). Seiring jarak sliding, koefisien gesek pada fase *running-in* akan menurun dan akan memiliki nilai yang hampir sama pada fase *steady-state* walaupun dengan beban yang berbeda.

### 2. Hasil Pengujian Material Kuningan



Gambar 4. Grafik koefisien gesek material kuningan untuk  $v$ : 10 rpm dengan variasi pembebanan.

Fase *running-in* pada material kuningan lebih lama dibanding pada material alumunium (Gb.3 dan 4). Hal ini dipengaruhi oleh kekerasan material yang lebih tinggi dibanding kekerasan

aluminumium. Sama seperti material aluminium, fase *running-in* akan berlangsung sampai terjadi kesetabilan, dimana koefisien gesek yang terjadi tidak akan mengalami kenaikan ataupun penurunan yang signifikan. Untuk material kuningan, fase *running in* terjadi kurang lebih sampai detik ke 70, atau pada putaran ke 11~12. Nilai koefisien gesek pada fase ini berbanding dengan besarnya beban, dan akan menurun sampai fase *steady state* dengan nilai yang hampir sama.

## KESIMPULAN

Koefisien gesek pada material aluminium pada kontak *sliding* lebih kecil dibanding pada material kuningan, ini dipengaruhi oleh kekerasan material itu sendiri. Besarnya koefisien gesek pada fase ini akan berbanding lurus dengan besarnya gaya normal (beban), dan akan mengalami penurunan sampai fase *steady state*. Besarnya koefisien gesek pada fase *steady state* memiliki nilai yang hampir sama, walaupun dengan beban yang berbeda. Fase *running-in* pada proses keausan merupakan tahapan yang krusial, karena tahapan ini akan mempengaruhi dari karakteristik keausan yang terjadi selanjutnya. Karena tahapan ini akan menentukan besarnya gesekan yang terjadi ketika fase *steady state*, dan akan berpengaruh terhadap efisiensi dan performa sistem permesinan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Archard, J.F.1953. *Contact and rubbing of flat surfaces*, Journal of Applied Physics, 24, pp. 981-988,
- Archard, J.F.1980. *Wear theory and mechanisms*, In: Peterson MB, Winer WO, editors. *Wear control handbook*. New York: ASME.
- Dowson, D. *History of Tribology*, Second edition, London: Professional Engineering Publishing, 1998.
- Holm .R, 1946. *Electric Contacts*. Almquist and Wiksells Akademiska Handböcker, Stockholm
- Hu, Y.Z., Li, N. and Tønder, K. 1991. *A dynamic system model for lubricated sliding wear and running-in*. *ASME-Journal of Tribology* **113**, pp. 499 – 505.
- Ismail, R. 1997. *Topographical Change of Engineering Surface due to Running-in of Rolling Contacts*. Laboratory for Surface Technology and Tribology, University of Twente
- Jamari, J. 2006. *Running-in of Rolling Contacts*, PhD thesis, Twente University, The Netherland
- Peterson M.B,dkk. 1980. *Glossary of terms and definitions in the field of friction, wear and lubrication*. Research Group on Wear of Engineering Materials, Organisation for Economic Co-operation and Development, reprinted in *Wear Control Handbook* (eds), American Society of Mechanical Engineers, pp. 1143–1303.
- Shirong, G. and Gouan, C. 1999. *Fractal prediction models of sliding wear during the running-in process*. *Wear* **231**, pp. 249 – 255.
- Stachowiak, 2005.G.W. *Engineering Tribology Third Edition*, Elsevier Inc. USA.
- Suryanto, H.2007. *Pengaruh Penambahan Grafit Sebagai Reinforcement Komposit Perunggu Terhadap Sifat Ketahanan Aus*.
- Wang,W; dkk.2000. *Experimental Study of the Real Time Change in Surface Roughness During Running-in for PEHL Contact*. Shanghai University, Shanghai, China, 2000.
- Xiao, L. 2006. *The influence of surface roughness and the contact pressure distribution on friction in rolling/sliding contact*. *Tribology International* **40**, pp. 694–698.