
**STUDI EKSPERIMEN PENGARUH BEBAN
TERHADAP PERUBAHAN KOEFISIEN GESEK PADA *ROLLING CONTACT*
DENGAN TRIBOMETER *PIN- ON- DISC* FASE *RUNNING-IN***

**Aan Burhanudin^{*}), Didi Dwi Krisnandi, Eko Armanto, Dian Prabowo,
Sri Nugroho, Jamari,**

Magister Teknik Mesin Universitas Diponegoro
Jl.Prof. Sudarto, SH, Tembalang Semarang
^{*}E-mail: aan.burhanuddin@gmail.com

Abstrak

*Dalam dunia industri dan rekayasa perancangan, tribologi merupakan salah satu ilmu penting yang mempunyai kontribusi efisien pada suatu komponen permesinan. Tribologi mempelajari tentang fenomena gesekan, keausan dan pelumasan pada dua buah benda yang saling berkontak. Hal tersebut berpengaruh terhadap umur pakai suatu komponen, khususnya yang bergerak pada kondisi cepat dengan tingkat pembebanan besar. Kontak permukaan suatu sistem permesinan dapat berupa *sliding contact* (kontak luncur) dan *rolling contact* (kontak menggelinding). Dalam *rolling contact*, para peneliti membagi keausan menjadi tiga fase yaitu: *running-in*, *steady state*, dan *wear out*. Pada kondisi *running-in* awal terjadi kontak sampai pada proses keausan *steady state*. Tanapan ini terjadi secara cepat dan mempunyai pengaruh terhadap kehandalan serta efisiensi suatu permesinan. Penelitian ini menggunakan alat berupa *pin-on-disc* untuk mengukur perubahan gaya gesek, koefisien gesek pada material kuningan, aluminium pada kondisi *running-in*. Material aluminium mempunyai $H = 0.24$ GPa, $E = 75$ GPa, $\nu = 0.34$, sedang untuk material kuningan mempunyai $H = 1.8$ GPa, $E = 115$ GPa, $\nu = 0.35$. Untuk kecepatan yang digunakan dengan kecepatan rendah antara 10 rpm, dimana proses *running-in* terjadi secara cepat, bola atau pin berupa baja dengan asumsi tidak mengalami keausan. Material bola berupa baja krom dengan diameter 10 mm, $H = 7.5$ GPa, $E = 430$ GPa, $\nu = 0.3$. Dari hasil pengujian didapatkan gaya gesek yang timbul pada kuningan lebih besar dibanding dengan gaya gesek yang timbul pada aluminium. Demikian pula koefisien gesek pada kuningan lebih tinggi dibanding pada aluminium. Fase *running-in* yang terjadi pada kuningan lebih lama (± 340 second) dibanding fase *running-in* pada aluminium (± 210 second).*

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

1. PENDAHULUAN

Suatu sistem permesinan akan terdapat kontak antar part, yaitu kontak statis 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 tribologi yang disebut sebagai keausan (*wear*).

Wear didefinisikan sebagai kehilangan substansi secara progresif dari permukaan operasi dari benda akibat gerak relatif dari permukaan terhadap benda lain (Stachowiak, 2005). *Wear* merupakan hal yang penting dalam rekayasa permesinan. Namun hal ini sering diabaikan. Proses *wear* sangat sulit untuk diamati secara kasat mata, walaupun mudah untuk dikenali. Proses *wear* berlangsung secara berangsur-angsur secara alami dan bukan merupakan sifat dasar material, melainkan respon material terhadap sistem luar (kontak permukaan), ketika ada permukaan material yang saling begesekan (Gb. 1).

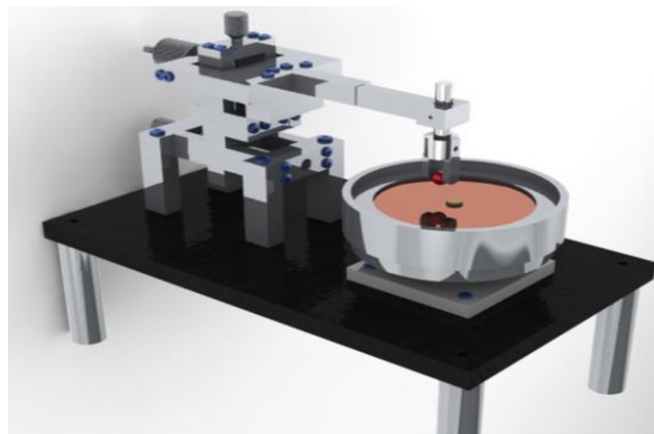
Fenomena *wear* lebih lanjut dipelajari dalam ilmu yang disebut *tribology*, yaitu ilmu pengetahuan dan teknologi yang membahas tentang interaksi antar permukaan dua benda atau lebih dalam gerak relatif yang meliputi gesekan (*friction*), keausan (*wear*), dan pelumasan (*lubrication*). Sejarah panjang tentang Tribologi telah disampaikan oleh (Dowson,1998). Robinowicz 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). Data tersebut menunjukkan bahwa fenomena

keausan sangat penting dalam kaitannya umur pakai dan performance komponen dalam suatu sistem permesinan. Oleh karena itu penelitian tentang wear ini akan sangat berguna untuk memprediksi umur efektif suatu part (*wear rate*), mempertimbangkan dan menentukan jenis dan propertis material yang akan digunakan, dan menentukan kondisi lingkungan yang tepat sebagai optimalisasi suatu sistem permesinan.



Gambar 1. Contoh part pada sistem permesinan yang mengalami keausan

Penelitian yang akan dilakukan menggunakan alat yang disebut tribometer *pin on disc* (Gb. 2), pada kondisi *running-in* tipe *sliding* dan *rolling* dengan material aluminium sebagai *disc* dan *steel ball* sebagai *pin* dengan variasi kekasaran permukaan (*surface roughness/Ra*).

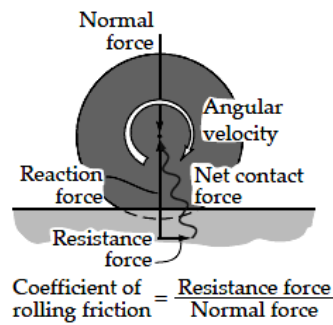


Gambar 2. Tribometer *pin on disc rolling contact*

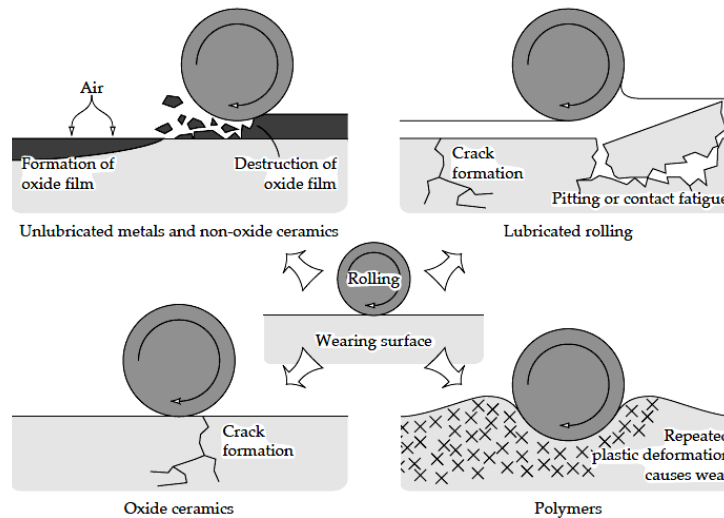
2. LANDASAN TEORI

Untuk benda yang dapat menggelinding, terdapat jenis gaya gesek lain yang disebut gaya gesek menggelinding (*rolling friction*) yang ditunjukkan oleh (Gb. 3). Untuk kasus *rolling*, jika bekerja tanpa beban maka hampir tidak ada gaya gesek atau sangat kecil sekali. Menurut Gwidon Stachowiak, besarnya *rolling friction* antara 0.01 sampai 0.001. Koefisien ini merupakan suatu gaya yang dibutuhkan agar tidak menggelinding (Gb. 4).

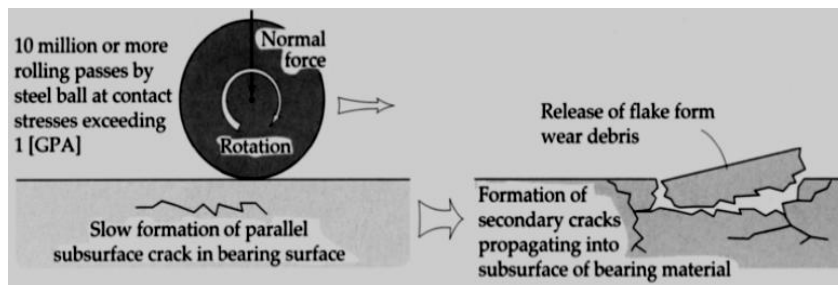
Pada *rolling contact*, tegangan yang terjadi pada area permukaan kontak sangat besar, hal ini karena tegangan terkonsentrasi di satu titik. Bisa dikatakan antara ujung asperiti dengan ujung asperiti material kontak.



Gambar 3. Koefisien *rolling friction* (Stachowiak, 2005)



Gambar 4. Mekanisme keausan pada *rolling contact* (Stachowiak, 2005)

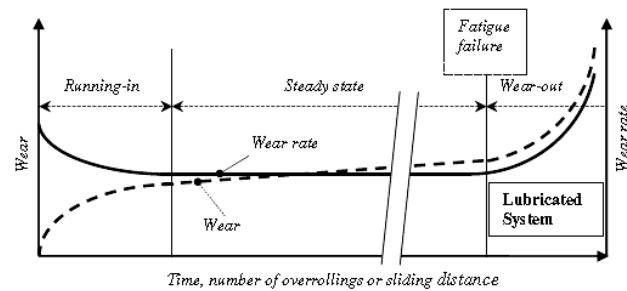


Gambar 5. Mekanisme pembentukan *crack* pada *fatigue wear* (Stachowiak, 2005)

Kegagalan material pada *rolling contact* tergolong sebagai keausan *fatigue*, dimana mekanismenya digambarkan seperti pada gambar (4) dan (5) di atas.

2.1 *Running-in*

Tahapan keausan (Gb. 6) 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 6. Skema tahap keausan (jamari, 2006)

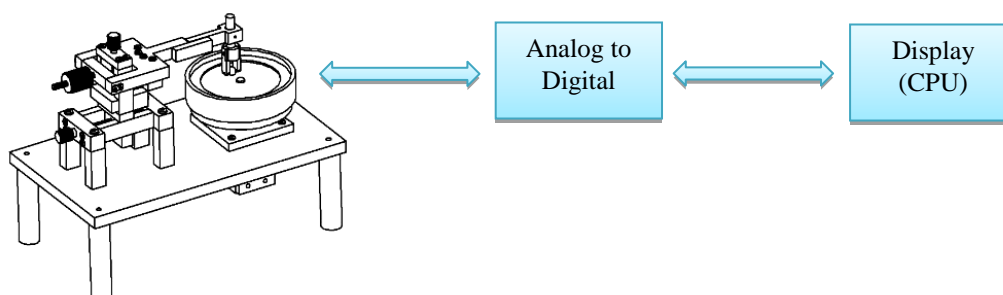
3. PROSEDUR PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan alat berupa *pin-on-disc* untuk mengukur perubahan gaya gesek, koefisien gesek pada material kuningan, aluminium pada kondisi *running-in*. Material aluminium mempunyai $H = 0.24$ GPa, $E = 75$ GPa, $\nu = 0.34$, sedang untuk material kuningan mempunyai $H = 1.8$ GPa, $E = 115$ GPa, $\nu = 0.35$. Untuk kecepatan yang digunakan dengan kecepatan rendah antara 10 rpm, dimana proses *running-in* terjadi secara cepat, bola atau *pin* berupa baja dengan asumsi tidak mengalami keausan. Material bola berupa baja krom dengan diameter 10 mm, $H = 7.5$ GPa, $E = 430$ GPa, $\nu = 0.3$. Uji kekerasan *rockwell hardness* dilakukan untuk mengetahui kekerasan dari material uji berupa *disc*, spesimen yang digunakan berupa *disc* dengan ketebalan 10 mm, dengan diameter 96 cm, *disc* yang akan diuji tersebut diukur tingkat kekerasannya, kemudian dibuat variasi kekasaran dengan nilai kekasaran mendekati $1.2 \pm 0.12 \mu\text{m}$.



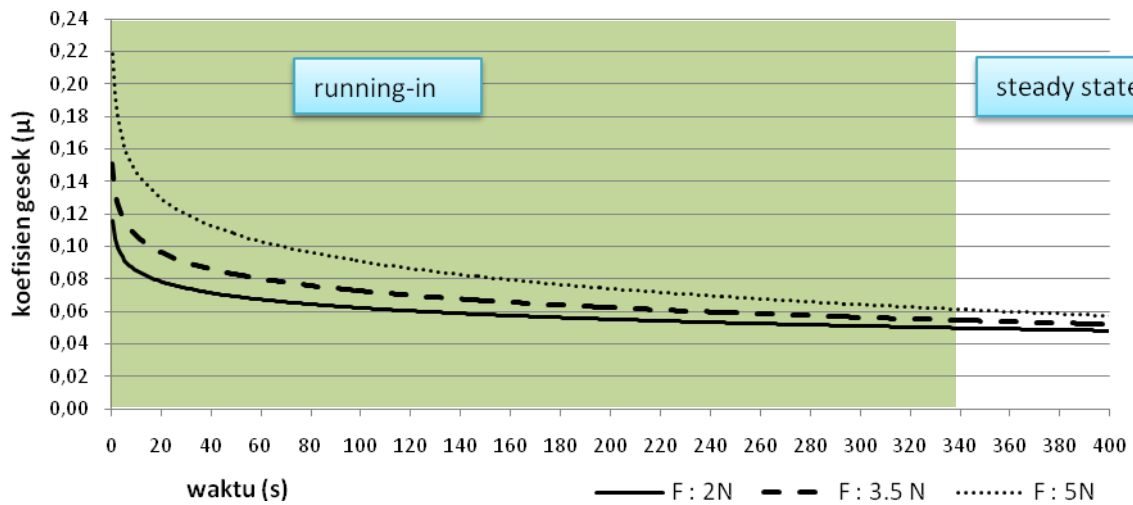
Gambar 7. Alat uji kekasaran mitutoyo SJ-301

Berbagai jurnal internasional telah melakukan penelitian untuk menghitung keausan dengan *pin-on-disc*. Penelitian tentang keausan (Hegadekatte, 2008) diantaranya dengan melakukan permodelan menggunakan *pin-on-disc*. W. Wang (2000) melakukan penelitian tentang perubahan kekasaran permukaan kondisi *running-in* dengan menggunakan tribometer jenis *twin disc*. Kemudian penulis melakukan penelitian keausan kondisi *running-in* pada aluminium, kuningan dan baja lunak dengan tribometer *pin-on-disc* tipe *rolling* tanpa menggunakan pelumas.

Gambar 8. Skema uji keausan *pin-on-disc*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

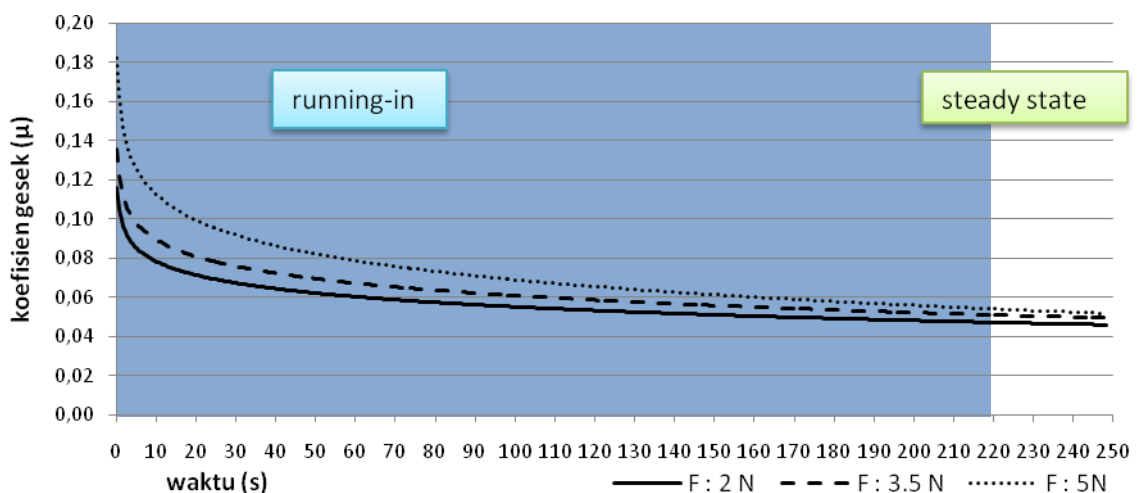
1. Pengujian material kuningan



Gambar 9. Grafik koefisien gesek material kuningan untuk v : 10 rpm, beban 2 N, 3.5 N, dan 5 N

Dari gambar diatas perubahan koefisien gesek pada material kuningan untuk fase *running-in* terjadi relatif singkat yaitu pada (\pm 340 s), pada putaran dengan kecepatan 10 rpm. Perbandingan bembebanan dilakukan untuk mengetahui perubahan koefisien gesek yang terjadi pada fase *running-in* tersebut. 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*.

2. Pengujian material aluminium



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

Fase *running-in* pada material kuningan lebih lama dibanding pada material aluminium. Hal ini dipengaruhi oleh kekerasan material yang lebih tinggi dibanding kekerasan aluminium. Sama seperti material aluminium, fase *running-in* akan berhenti sampai terjadi kesetabila, dimana

gaya gesek yang terjadi tidak akan mengalami kenaikan ataupun penurunan yang signifikan. Untuk material aluminium, fase *running-in* terjadi sampai data ke (± 220 s). *Rolling contact* pada material aluminium untuk fase *running-in* prosenya lebih cepat karena materialnya relatif lebih lunak dan tanpa pelumasan.

4. KESIMPULAN

Gaya gesek pada material aluminium pada kontak *rolling* lebih kecil dibanding pada material kuningan, ini dipengaruhi oleh kekerasan material itu sendiri. Fase *running-in* pada proses keausan merupakan tahapan yang relatif cepat, 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.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Archard, J.F. 1980. *Wear theory and mechanisms*, In: Peterson MB, Winer WO, editors. *Wear control handbook*. New York: ASME.
- Blau, P.J. 1989. *Friction and Wear Transitions of Materials: Break-in, Run-in, Wear-in*. Noyes Publications, Park Ridge, NJ, USA.
- Blau, P.J. 1996. *Friction Science and Technology*, Marcel Dekker, New York, USA.
- Dowson, D. 1998. *History of Tribology*, Second edition, London: Professional Engineering Publishing, 1998.
- Holm .R, 1946. *Electric Contacts*. Almqvist 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
- Lin, J.Y. and Cheng, H.S. 1989. *An analytical model for dynamic wear*. *ASME-Journal of Tribology* **111**, pp. 486 – 474.
- 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, G.W. 2005. *Engineering Tribology Third Edition*, Elsevier Inc. USA.
- Suryanto, H.2007. *Pengaruh Penambahan Grafit Sebagai Reinforcement Komposit Perunggu Terhadap Sifat Ketahanan Aus*.
- Wang, W. and Wong, P.L. 2000. *Wear volume determination during running-in for PEHL contacts*. *Tribology International* **33**, pp. 501 – 506.
- 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.