

ANALISA KEAUSAN *PIN-ON-DISC* BESI COR DENGAN KEKASARAN PERMUKAAN BUATAN DAN *ELECTROPLATING HARDCHROME*

Sugeng Priyono*, Imam Syafa'at dan Helmy Purwanto
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim
Jl. Menoreh Tengah X/22, Sampangan, Semarang 50236
*Email: cupreecupliz@gmail.com

Abstrak

Electroplating hardchrome sering dipakai untuk Industri pelapisan peralatan atau komponen mesin industri yang bergerak, karena electroplating hardchrome memiliki sifat ketahanan gores dan keausan. Salah satu bahan komponen mesin yang dilapisi hardchrome adalah besi cor. Dua buah specimen besi cor (FCD) berbentuk disc dengan kandungan derajat kimia yang berbeda dilakukan kekasaran permukaan buatan (knurling DIN 82) dan electroplating hardchrome. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kekasaran setelah pelapisan, nilai volume keausan, dan tinggi keausan kontak besi cor. Pengujian tribometer pin-on-disc (POD) dipakai untuk mengetahui nilai keausan tersebut. Perhitungan keausan dengan menggunakan metode Archard yang menunjukkan hasil tinggi keausan tertinggi sebesar 0,153 m dengan jarak 600 m pada disc B (FCD 60) dan terendah sebesar 0,025 m dengan jarak 200 m pada disc A (FCD 50). Serta volume keausan dengan hasil terbesar pada disc B berkisar 15,721 mm³ dengan jarak 600 m. Dan volume keausan terendah pada disc A sebesar 0,741 mm³ dengan jarak 200 m. Hasil kekasaran permukaan setelah plating masing-masing sebesar 4,38 μm (disc A) dan 5,16 μm (disc B) dengan jenis keausan yang terjadi adalah keausan abrasi.

Kata kunci: *electroplating hardchrome, derajat kimia, kekasaran buatan, keausan abrasi.*

PENDAHULUAN

Secara umum suatu komponen mesin dirancang dengan memperhitungkan aspek tidak hanya geometris saja. Biaya produksi, kekuatan materi bahkan perhitungan efisiensi energi atau daya tahan dari komponen sangat diperhatikan. Komponen mesin ada yang bergerak, digerakkan, bahkan tidak bergerak sama sekali. Komponen yang bergerak dan digerakkan memiliki spesifikasi yang lebih detail dari pada komponen yang tidak bergerak. Salah satu pokok utama dari komponen yang bergerak dan digerakkan adalah kondisi permukaan. Pengaruh dari kondisi permukaan ada yang menguntungkan dan ada yang merugikan. Kondisi permukaan yang buruk menyebabkan terjadinya keausan (kehilangan materi) ketika kontak gesek.

Electroplating hardchrome adalah salah satu metode penambahan lapisan permukaan yang memiliki ketahanan goresan serta abrasi ketika kontak sliding (Purwanto dan Huda, 2005). Untuk mengetahui nilai keausan akibat kontak *sliding*, dilakukan uji keausan dengan sistem tribometer *pin-on-disc* (POD). Penelitian mengenai keausan dengan sistem *tribometer* POD pernah dilakukan oleh peneliti sebelumnya seperti, Syafa'at (2010) yang melakukan permodelan keausan *steady state* terhadap *pin* (*ball bearing*) terhadap *disc*

berbahan material SKF. Metode yang digunakan adalah analitik dengan GIWM.

Ghufron (2016) melakukan penelitian keausan *ball bearing* dengan POD dan berkonsep variasi pembebanan 6 N, 8 N, serta 10 N dengan kondisi tanpa pelumas. Penelitian selanjutnya dilakukan Irfan (2017) mengenai keausan POD besi cor grafit bulat (FCD 50, 50 dan 60) tanpa pelumas dan beban 10 N. tingkat kekerasan besi cor berturut-turut 79,5 HRB, 82 HRB, dan 86,5 HRB terhadap *pin* dengan tingkat kekerasan 60 HRC berdiameter 9,5 mm berbentuk *ball bearing* AISI 52100. Kemudian Sugiharto (2017) melakukan analisis keausan terhadap FCD 50 dan FCD 60 dengan kekasaran buatan (*knurling* DIN 82) dan diuji POD tanpa pelumas dengan *pin* berbentuk bola standar AISI 52100 berdiameter 9,5 mm.

Berdasarkan literatur penelitian tersebut didapatkan kondisi permukaan dan kekerasan permukaan berpengaruh terhadap nilai keausan. Semakin besar nilai kekerasan dan kekasaran permukaan maka semakin kecil volume keausan dan kedalaman aus yang terjadi. Tujuan dari penelitian saat ini adalah mengetahui pengaruh kekasaran permukaan buatan dan keausan permukaan besi cor terhadap *electroplating hardchrome* dengan pengujian POD tanpa pelumas.

KAJIAN TEORI

Volume keausan

Volume keausan *disc* dapat diketahui nilainya dengan mengukur bekas keausan kontak *sliding*. Lebar keausan dijadikan parameter dan dihitung menggunakan persamaan 1 yang dicetuskan oleh peneliti bernama Bayer (2004). Hasil dari nilai volume keausan tersebut dalam penelitian ini disimbolkan sebagai volume keausan eksperimen.

$$V = \frac{\pi}{6} \times d \times \frac{W^3}{R} \quad (1)$$

$$V = k_D \times F_N \times s \quad (2)$$

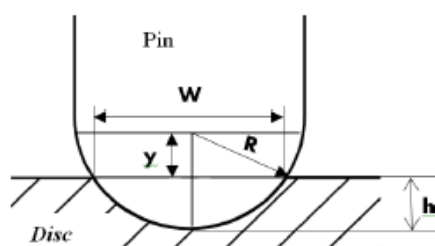
$$K = k_D \times H \quad (3)$$

$$\frac{V}{s} = k \frac{F_N}{H} \quad (4)$$

Volume keausan eksperimen tersebut disubstitusikan ke dalam persamaan 2 sebagai model keausan Archard (1953). Hasil perhitungan ini untuk menentukan nilai koefisien keausan berdimensi k_D sebagai klasifikasi tingkat kekerasan material.

Dari nilai keausan berdimensi dapat diketahui nilai keausan tak berdimensi dengan persamaan 3. Dimana H adalah kekerasan bahan yang selanjutnya dipakai untuk menghitung volume keausan *disc* dengan persamaan 4.

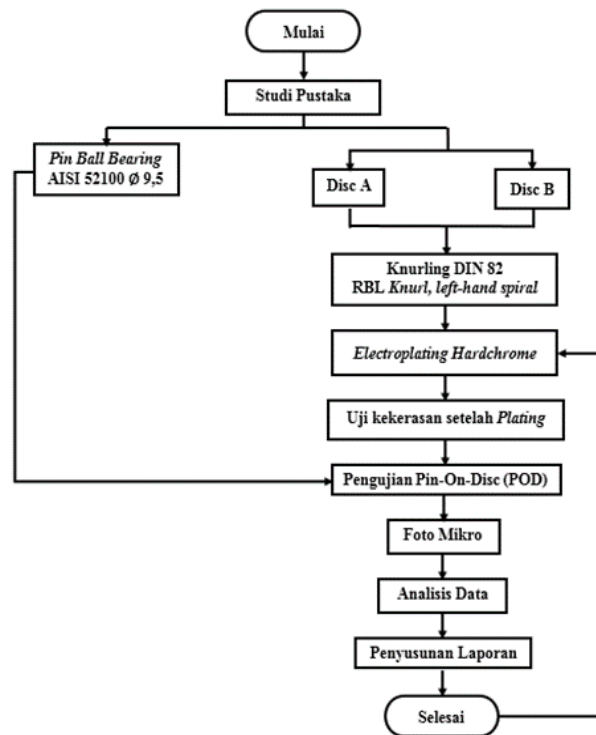
Tinggi Keausan



Gambar 1. Ilustrasi kedalaman aus *pin* dan *disc*.

Tinggi keausan merupakan dimensi kedalaman bekas gesekan antara permukaan *pin* dengan permukaan *disc*. Gambar 1 adalah ilustrasi dari *pin* terhadap permukaan *disc* untuk mencari tinggi keausan atau kedalaman aus. Nilai kedalaman aus dapat diketahui dengan menghitung menggunakan persamaan 5.

$$h = \frac{\left(\frac{1}{2}w\right)^2}{2R} \quad (5)$$



Gambar 2. Alur penelitian

METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan dengan tiga tahap, tahap pertama adalah membuat kekasaran permukaan, tahap kedua memberi perlakuan permukaan dengan *electroplating hardchrome*, dan tahap ketiga melakukan pengujian keausan dengan *tribometer* POD. Dalam garis besar, alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.

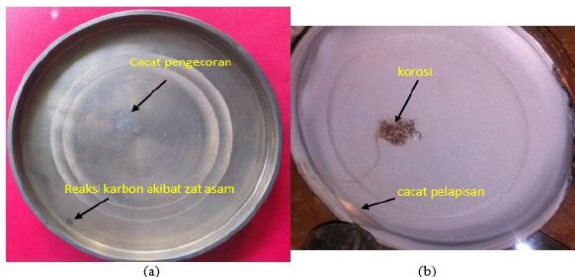
Tabel 1. Kandungan unsur besi cor

Disk	Unsur		
	Fe	C	Si
A	90,5%	6,5%	2%
B	92,2%	4,8%	2%

Bahan untuk penelitian terdiri dari dua buah besi cor berbentuk *disc* berdiameter 150,50 mm dengan kandungan unsur kimia seperti pada Tabel 1. Masing-masing permukaan *disc* dilakukan kekasaran buatan (*knurling* DIN 82), kemudian dilapisi krom keras. *Pin* yang digunakan *ball bearing* AISI 52100 berdiameter 9,5 mm. Dengan

jarak *sliding* pengujian 200 m, 300 m, 400 m, 500 m, dan 600 m tanpa pelumas.

HASIL DAN PEMBAHASAN Permukaan Disc

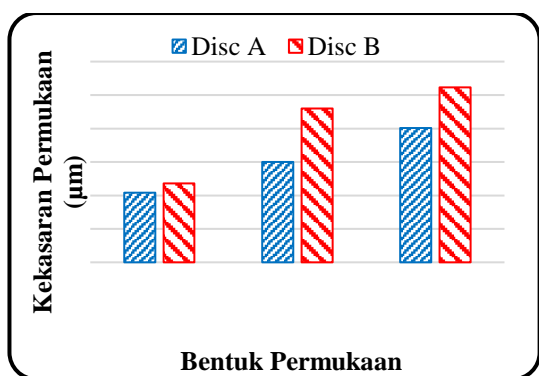


Gambar 3. (a) sebelum pelapisan *hardchrome* (b) sesudah pelapisan *hardchrome*

Dari gambar 3 terlihat perbedaan warna sebelum dan sesudah pelapisan. Gambar 3a tampak berwarna keperakan dengan bercak berwarna kehitaman. Bercak kehitaman muncul setelah dilakukan pembersihan dengan menggunakan larutan asam sesaat sebelum proses pelapisan.

Secara kimiawi kandungan karbon pada besi cor akan bereaksi terhadap larutan asam. Dan Gambar 3b tampak berwarna putih keabu-abuan merupakan hasil dari *electroplating hardchrome*.

Kekasaran Permukaan



Gambar 4. Nilai kekasaran permukaan besi cor disc A dan disc B

Nilai kekasaran permukaan dari hasil pengukuran baik sebelum pelapisan dan sesudah pelapisan dapat dilihat pada Gambar 4. Terjadi peningkatan nilai kekasaran meskipun permukaan disc A dan B mendapat penambahan lapisan permukaan. Hal ini dikarenakan hasil dari proses penambahan lapisan listrik krom keras akan

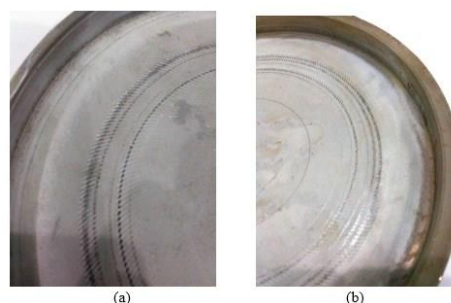
mengikuti bentuk topografi permukaan bahan dasar.

Hasil Pengujian Kekerasan Lapisan Krom Keras Permukaan Disc

Kekerasan bahan disc besi cor meningkat hampir empat kali (390%) dari kekerasan bahan dasar setelah diberi lapisan permukaan. Hal ini sesuai dengan teori bahwa sifat lapisan kekerasan krom memiliki tingkat kekerasan yang sangat tinggi. Bermula dari nilai kekerasan bahan disc A adalah 79,5 HRB meningkat menjadi 848,5 HV. Dan disc B dari 86,5 HRB menjadi 828,5 HV.

Hasil Pengujian Keausan Pada Disc

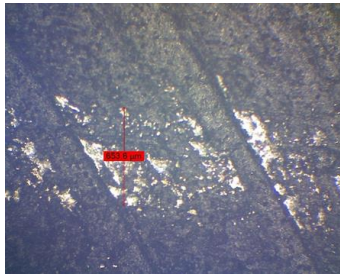
Hasil pengujian keausan disc A dan B dapat diketahui setelah diukur lebar kontak keausan dengan menggunakan mikroskop metalografi. Gambar 5 adalah visual bekas pijakan keausan akibat kontak *sliding* terhadap pin dengan disc A dan disc B. Bekas pijakan kontak *sliding* menunjukkan jenis keausan abrasi. Dan gambar (6) menunjukkan salah satu penampilan foto mikro keausan disc A pada jarak 200 m. Sama halnya pada disc B, dimana gambar (7) menunjukkan salah satu foto mikro bekas keausan disc B pada jarak 200 m. Gambar 6 menunjukkan salah satu penampilan foto mikro keausan disc A pada jarak 200 m. Sama halnya pada disc B, dimana Gambar 7 menunjukkan salah satu foto mikro bekas keausan disc B pada jarak 200m.



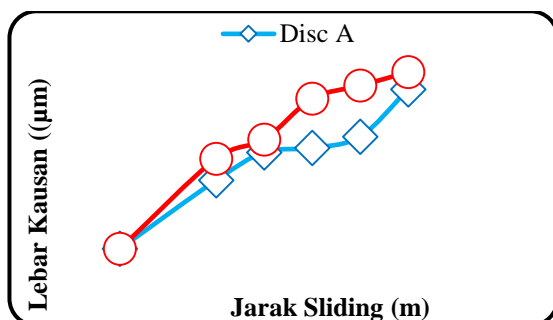
Gambar 5. Bekas pijakan setelah kontak *sliding pin* dengan (a) Disc A, (b) Disc B



Gambar 6. Foto mikro keausan disc A pada jarak 200 m

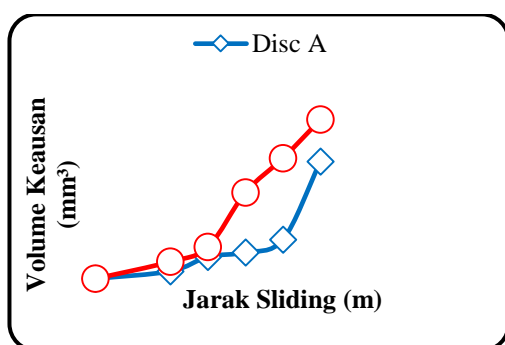


Gambar 7. Lebar keausan *disc B* pada jarak 200 m



Gambar 8. Perbandingan lebar keausan *disc A* dan *B*

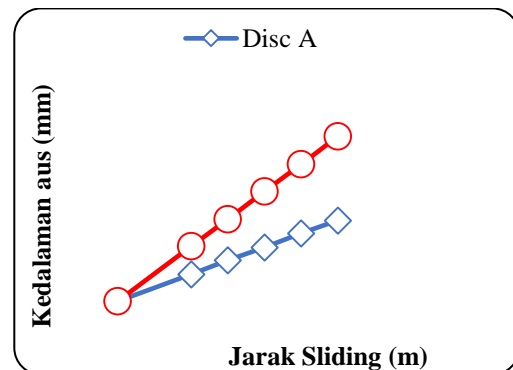
Lebar kontak keausan secara lengkap baik permukaan *disc A* dan *disc B* dapat disajikan dalam Gambar 8. Lebar keausan tertinggi dialami *disc B* dengan jarak 600 m, sebesar 1400,0 µm. Dan terendah dialami *disc A* dengan jarak 200 m, sebesar 542,9 µm. Lebar keausan tersebut sebagai parameter awal untuk menentukan volume keausan dan tinggi keausan setelah kontak *sliding*.



Gambar 9. Volume keausan *disc A* dan *disc B*

Masing-masing lebar keausan kedua *disc* dihitung dengan menggunakan Persamaan 1. Hasil volume keausan tersebut dijadikan sebagai volume keausan eksperimen, dan sebagai dasar untuk menentukan koefisien keausan berdimensi (kb). Koefisien keausan berdimensi berkaitan

dengan kekerasan material sebagai ketentuan koefisien keausan tak berdimensi terhadap volume keausan Archard, yakni Persamaan 2. Adapun hasil volume keausan masing-masing jarak tempuh yang dilalui *disc A* dan *disc B* dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 10. Tinggi keausan

Dari nilai volume keausan dapat ditentukan tinggi keausan masing-masing parameter kedua *disc* dengan menggunakan Persamaan 5. Hasil tinggi keausan masing-masing kedua *disc* dapat dilihat pada Gambar 10.

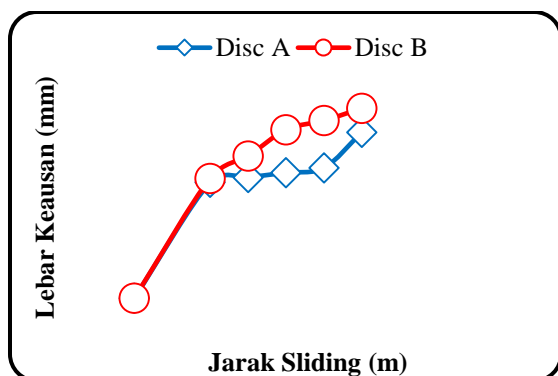
Hasil pengujian keausan pada *disc* dapat dirangkum sebagai berikut :

- 1) Hasil pengukuran kekasaran permukaan meningkat > 35% setelah dilapisi *hardchrome*. Hal ini dikarenakan bentuk lapisan permukaan akan mengikuti bentuk topografi benda dasar. Nilai kekasaran tertinggi pada *disc B* sebesar 5,32 µm dan terendah pada *disc A* sebesar 3,71 µm.
- 2) Kekerasan bahan *disc* besi cor sebelum dan sesudah mengalami peningkatan. Berawal dari kekerasan bahan *disc* besi cor A 86,5 HRB. Setelah mendapat perlakuan permukaan (*electroplating hardchrome*) nilai kekerasan permukaan meningkat terendah pada *disc A* sebesar 542,9 µm pada jarak 200 m. Akan tetapi, bekas keausan permukaan *disc B* cenderung tidak merata jika dibandingkan dengan *disc A*. Artinya jika dilihat dengan mikroskop, *debris* keausan *disc A* lebih banyak daripada *disc B*. Alhasil secara matematis volume keausan yang dialami *disc A* dan *B* tidak sesuai dengan kenyataan. Menjadi 848,5 HV. Hal ini sesuai teori bahwa *electroplating hardchrome* mampu meningkatkan kekerasan materi.

- 3) Hasil pengujian keausan pada *disc*, jenis keausan yang dialami adalah jenis keausan abrasi. Dengan lebar keausan tertinggi dialami oleh *disc* B sebesar 1400,0 μm pada jarak 600 m.

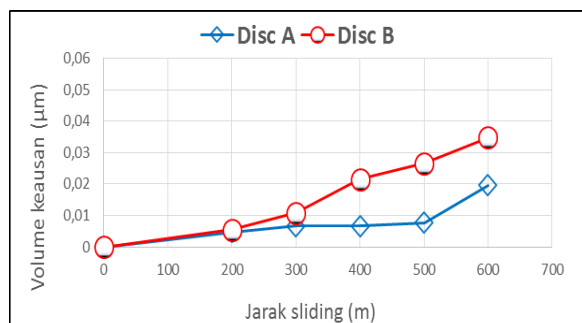
Kondisi Pin

Pin indenter dengan nilai kekerasan 60 HRC diberi beban 10 N dan menekan vertikal di atas permukaan *disc*. Mengalami keausan dari jarak 200 m hingga 600 m dengan putaran 60 rpm tanpa pelumas. Secara menyeluruh lebar keausan *pin* dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Lebar kontak keausan *pin*

Secara menyeluruh lebar keausan permukaan *pin disc* B lebih besar dari lebar keausan *pin disc* A. Perlu diketahui bahwa nilai kekasaran permukaan *disc* B lebih tinggi dari nilai kekasaran *disc* A. Disisi lain, tingkat kekerasan *pin* lebih lunak dari permukaan *disc* B dan puncak kekasaran *disc* B lebih banyak dari *disc* A. Akibatnya ketika *pin* menekan permukaan *disc* A dan B terjadi keausan abrasi yang mengikis permukaan *pin*.



Gambar 12. Volume keausan *pin*

Dari persamaan 2 lebar kontak keausan *pin* dijadikan parameter utama untuk menghitung

volume keausan *pin*. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada Gambar 12. Volume keausan terbanyak terjadi pada *pin* terhadap *disc* B sebesar 0,03472 mm^3 dengan jarak 600 m dan volume keausan terendah dialami *pin* terhadap *disc* A dengan jumlah 0,00479 mm^3 pada jarak 200 m.

KESIMPULAN

Dalam penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa :

- 1) Pengaruh kekasaran permukaan setelah mendapat penambahan lapisan permukaan krom keras menjadikan bentuk topografinya semakin kasar. Akan tetapi mengalami peningkatan pula terhadap kekerasan permukaan material. Dan akan berpengaruh terhadap nilai keausan.
- 2) Jenis keausan selama kontak *sliding* adalah keausan abrasi. Terbukti bahwa bentuk goresan secara menyeluruh tidak mencapai substrat bahan dasar.

DAFTAR PUSTAKA

- Archard, J. F. (1953). *Contact and Rubbing of Flat Surface*. J. Appl. Phys, 24, 981-988.
- Bayer, R. G. 2004. *Mechanical Wear Fundamentals and Testing Second Edition*. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Gawne, D.T., Gudyanga, T. F. P. 1984. *Durability of Chromium Plating Under Dry Sliding Conditions*. Butterworth and Co, Ltd. United Kingdom : Brunel University.
- Gufron, A., Syafa'at, I., Darmanto. 2016. Analisa Keausan Point Contact Menggunakan Tribometer *Pin-On-Disc* dan Pemodelan *Incremental Wear* dengan Variasi Pembebanan. Prosiding SNST ke-7. Fakultas Teknik. Universitas Wahid Hasyim. Semarang.
- Irfan, M., 2017. Analisa Keausan Besi Cor Grafit Bulat Menggunakan Tribotester *Pin-On-Disc*. Universitas Wahid Hasyim. Semarang.
- Kauzlarich, J. J., Williams, J. A. 2001. *Archard Wear and Component Geometry Proceeding of The Institution of Mechanical Engineering*. Part J : Journal of Engineering Tribology. Vol., 215. Hal. 387 – 403.
- Purwanto, Huda, S. 2005. *Teknologi Industri Elektroplating*. Badan Penerbit Universitas Diponegoro. Semarang.
- Sriraman, K. R., Strauss, H. W., Brahimi, S., Chromik, R. R., Szpunar, J. A., Osborne, J. H., Yue, S. 2012. *Tribological Behavior of Electrodeposited Zn, Zn-Ni, Cd and Cd-Ti*

Coatings on Low Carbon Steel Substrates.
McGill University. Canada : Montreal.
Elsevier : Tribology International 56, Hal.
107 – 120.

- Sugiharto, A. Syafa'at, I., Darmanto. 2017.
*Analisa Keausan Disc FCD Dengan Alur
Buatan Hasil Pembubutan Knurling DIN 82
Melalui Pengujian Tribometer Pin-On-Disc
Tanpa Pelumas.* Fakultas Teknik.
Universitas Wahid Hasyim.
- Syafa'at, I. 2010. *Pemodelan Keausan Steady
State,* Tesis. Universitas Diponegoro.
Semarang.