ANALISIS KEAUSAN BESI COR DENGAN LAPISAN *HARDCHROME* TANPA PELUMAS MENGGUNAKAN PENGUJIAN *PIN-ON-DISC*

Feri Adi Prayitno, Imam Syafa'at*, Darmanto
Jurusan Teknik mesin, Fakultas teknik, Universitas Wahid Hasyim
Jl. Menoreh Tengah X / 22, Sampangan, Semarang 50236
*Email: imamsyafaat@unwahas.ac.id

Abstrak

Gesekan merupakan faktor penting dalam mekanisme operasi sebagian besar peralatan atau mesin. Akibat gesekan antara komponen maka akan timbul adanya pengikisan permukaan komponen atau sering disebut keausan (wear). Hardchrome plating sering dipakai untuk melapisi peralatan atau komponen mesin industri yang bergerak, karena lapisan hardchrome memiliki kekerasan yang tinggi dan lebih tahan terhadap keausan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai keausan permukaan besi cor dengan hardchrome plating. Dua buah spesimen besi cor FCD 50 (disc A) dan FCD 60 (disc B) berbentuk disc diberi perlakuan permukaan hardchrome plating. Kemudian dilakukan pengujian point contact (pin-on-disc) dengan pin identor sesuai standar AISI 52100 berbentuk bola berdiameter 9,5 mm dengan menggunakan pembebanan 10 N dan 20 N tanpa pelumas. Dari hasil penelitian nilai volume keausan terbesar yaitu 8,5387 mm³ dan volume keausan terkecil yaitu 0,2083 mm³. Koefisien keausan terbesar yaitu 7,1156 $\times 10^{-7}$ mm³/N.mm dan koefisien keausan terkecil yaitu 1,48985 $\times 10^{-7}$ mm³/N.mm. tinggi keausan menggunakan penurunan metode Archard (1953) didapat tinggi keausan terbesar yaitu 0,071125222 mm, dan tinggi keausan terkecil yaitu 0,004248622 mm.

Kata kunci : *Hardchrome, plating,* koefisien, *wear*.

PENDAHULUAN

Gesekan merupakan faktor penting dalam mekanisme operasi sebagian besar peralatan atau mesin, Akibat gesekan antar komponen tersebut maka akan timbul adanya pengikisan permukaan komponen atau sering disebut keausan (*wear*). Keausan (*wear*) adalah hilangnya materi dari permukaan benda padat sebagai akibat dari gerakan mekanik (Syafa'at, 2008). Keausan yang besar terjadi pada bagian benda yang kekerasannya lebih rendah, sehingga keausan merupakan salah satu faktor yang akan mempengaruhi umur dari suatu peralatan atau komponen mesin.

Pengujian keausan bertujuan untuk mengetahui nilai tinggi (*volume*) keausan permukaan terhadap tekanan benda (beban). Serta untuk mengetahui laju keausan pada waktu tertentu atau diwaktu yang sudah ditentukan. Keausan secara umum dipelajari dalam ilmu tribologi, pengetahuan ini menyangkut gesekan, pelumasan dan keausan (Zum Gahr, 1987). Pengujian keausan dengan tribometer *Pin-on-disc* (POD) adalah sejenis alat pengujian keausan yang digunakan untuk mengevaluasi perilaku *sliding wear* terhadap sepasang bahan yang sejenis maupun tak sejenis. Pengujian keausan *pin-on-disc*, dengan mengukur lebar keausan *disc* sebagai parameter awal untuk menentukan volume keausan menggunakan persamaan (1), koefisien keausan menggunakan persamaan (2), dan tinggi keausan dengan persamaan (3), (4), dan (5).

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

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

$$\frac{h^w}{s} = k_D . P \quad (3)$$

$$h = \frac{(\frac{1}{2}w)^2}{2R} \quad (4)$$

$$h = \frac{D}{2} - \frac{1}{2}[D^2 - W^2]^{1/2} \quad (5)$$

Pada persamaan (1) dimana persamaan V adalah volume keausan, d adalah radius jalur pengujian, W adalah lebar data pada keausan track disc, R adalah jari-jari pin (Bayer, 2004). Pada persamaan (2) dan persamaan (3) dimana K_D adalah koefisien keausan, s adalah jarak sliding, F_N adalah beban pin, h^w adalah adalah tinggi keausan, dan P adalah tekanan kontak (Archard,1953), persamaan (4) dimana h adalah tinggi keausan, W adalah lebar kontak aus, R

adalah jari-jari pin (Muchammad, 2018), dan persamaan (5) Dimana *h* adalah tinggi keausan, *D* adalah diameter pin, dan *W* adalah lebar keausan (Stachowiak, 2000).

Perkembangan tentang penelitian keausan hingga saat ini terus dilakukan. Seperti Darmanto, dkk. (2014) melakukan analisa keausan alumunium menggunakan *Tribotester Pin-On-Disc* dengan variasi kondisi pelumas. Bahan yang digunakan adalah alumunium dengan variasi pelumas, Pelumas yang digunakan SAE 40, SAE 140, dan kering. Faktor keausan terbesar terjadi pada pengujian tanpa pelumas diikuti dengan pengujian menggunakan pelumas SAE 40 dan pengujian dengan menggunakan pelumas SAE 140.

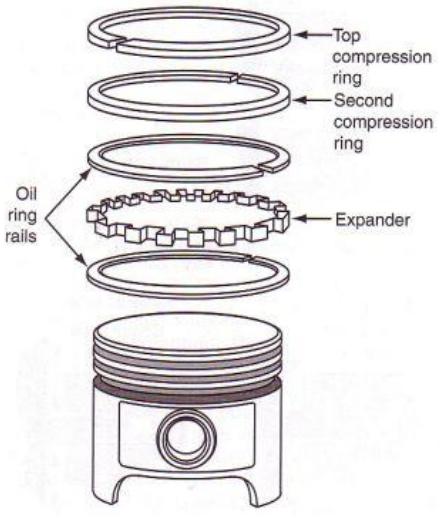
Muchammad, dkk. (2018) menganalisis keausan besi cor grafit bulat untuk aplikasi *cylinder linier* menggunakan *tribotester pin-on-disk*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui volume dan tinggi keausan yang terjadi pada besi cor FCD 50 (79.5 HRB), FCD 50 (82HRB), dan FCD 60 (86.5 HRB). Analisa perhitungan menggunakan penurunan geometri semata dan menggunakan metode penurunan Archard (1953). Volume keausan dan tinggi keausan yang paling besar terjadi pada besi cor FCD 50 dengan kekerasan 79.5 HRB setelah itu FCD 50 dengan kekerasan 83 HRB dan nilai volume keausan dan tinggi keausan terendah pada FCD 60 dengan kekerasan 86.5 HRB.

Sugiharto (2017) melakukan analisa keausan dengan membandingkan dua buah spesimen yang berbeda. Kedua spesimen tersebut berupa *disc* FCD 50 dan FCD 60 dengan alur buatan hasil pembubutan *knurling* DIN 82 melalui pengujian tribometer *pin-on-disc* tanpa pelumas. Jenis *knurling* yang dipakai adalah RBL *left-hand spiral* dengan *pitch* 0,3 mm. *Pin* berbentuk bola dengan standar AISI 52100 berdiameter 9,5 mm. Tingkat keausan tertinggi pada *disc* FCD 50 dengan volume keausan 6,9581 mm³ pada jarak 600m. Dan nilai keausan terendah pada *disc* FCD 60 dengan volume 0,8742 mm³ pada jarak 200 m. Dari analisa tersebut disimpulkan nilai kekerasan material berpengaruh terhadap volume keausan, koefisien keausan dan tinggi keausan.

Priyono (2018) melakukan analisis keausan besi cor FCD 50 dan FCD 60 dengan melakukan kekasaran buatan (*knurling* DIN 82), kemudian diberi *electroplating hardchrome* untuk mengetahui pengaruh kekasaran setelah pelapisan, kemudian melakukan pengujian keausan menggunakan alat tribometer *pin on disc*. Perhitungan volume keausan menggunakan metode Archard yang menunjukkan tinggi keausan tertinggi sebesar 0,153 m dengan jarak 600 m pada besi cor FCD 60 dan terendah sebesar 0,025 m dengan jarak 200 m pada besi cor FCD 50. Nilai volume keausan terbesar pada besi cor FCD 60 yaitu 15,721 mm³ dengan jarak 600 m. Serta volume keausan terendah pada besi cor FCD 50 yaitu 0,741 mm³ dengan jarak 200 m.

Salah satu cara untuk mengurangi tingkat keausan adalah dengan perlakuan permukaan *hardchrome plating*. Menurut Setyahandana dan Christianto (2017) bahwa proses *electroplating* menggunakan *hardchrome* disebut juga *hardchrome plating*.

Metode pelapisan krom keras (*Hardchrome plating*) adalah jenis penambahan lapisan permukaan yang berbahan dasar kromium. Penambahan lapisan *hardchrome* secara umum dilakukan pada alat-alat industri yang bergerak, salah satu aplikasinya adalah top *compression ring* pada piston. Contoh gambar *top compression ring* dapat dilihat pada Gambar 1, fungsi dari *top compression ring* adalah sebagai perapat antara piston dengan dinding silinder supaya tidak terjadi kebocoran gas (campuran udara dan bahan bakar) pada saat melakukan langkah kompresi dan langkah usaha. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai keausan permukaan besi cor dengan *hardchrome plating.*

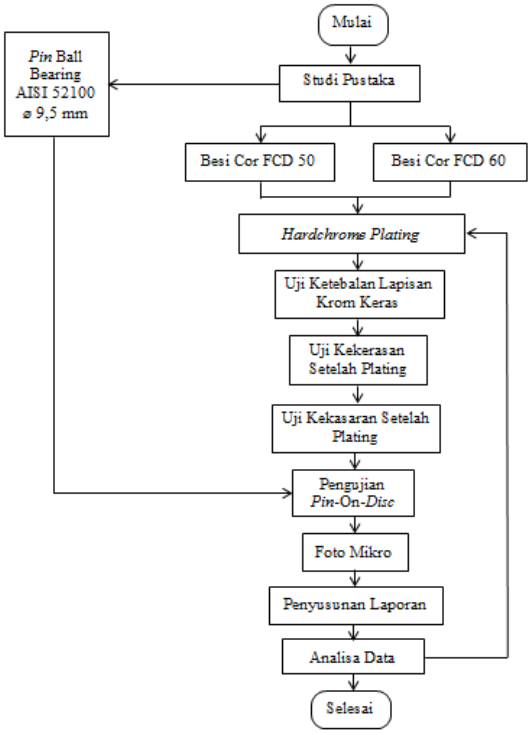


Gambar 1. Fungsi ring piston
(Bisa otomotif, 2019)

METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan cara pengujian keausan menggunakan alat tribometer *pin-on-disc* pada besi cor FCD 50 dan FCD 60 berbentuk *disc* yang telah diberi perlakuan permukaan *hardchrome plating*. Pengujian ini dilakukan pada kondisi kering (*dry sliding contact*) dengan kecepatan putaran *disc* diatur menggunakan inverter dengan kecepatan putaran *disc* 60 rpm.

Pin identor dengan standar AISI 52100 berbentuk bola derdiameter 9,5 mm dan nilai kekerasan *pin* adalah 60 HRC, diberi beban 20 N dan 10 N dengan arah penekanan *vertikal* searah, kontak sliding dengan *disc* A (FCD 50) dan *disc* B (FCD 60) yang telah diberi perlakuan permukaan *hardchrome plating*, menempuh jarak 200 m, 300 m, 400 m, 500 m, dan 600 m. waktu yang ditempuh dengan membandingkan jarak tempuh terhadap kecepatan *disc* di atas sistem tribologi. Diagram alir pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

Penjelasan secara singkat mengenai diagran alir penelitian pada Gambar 2 sebagai berikut :

1. Studi pustaka (*literatur*)

   Studi pustaka dilakukan untuk mengumpulkan data teori, baik dari makalah, jurnal ilmiah, buku, serta laporan pengujian ilmiah lainnya.
2. Menyiapkan bahan *eksperimen*

   Menyiapkan bahan bahan pengujian berupa besi cor FCD 50 dan FCD 60. Kemudian bahan *hardchrome plating* (bahan ini berupa bahan kimia dengan berbagai senyawa baik cair maupun padat sebagai larutan pelapisan kimia).
3. Proses *elektroplating*

   Kegiatan ini terdiri dari pengerjaan awal yaitu proses pembesihan spesimen, kemudian proses pelapisan yaitu spesimen dimasukan pada wadah yang berisi cairan elektrolit (kerapatan arus 30 A/dm² dan waktu 1 jam). kemudian pengerjaan akhir yaitu pembilasan dan pengeringan setelah *elektroplating hardchrome*.
4. Uji ketebalan

   Kegiatan ini dilakukan untuk mengukur ketebalan lapisan *hardchrome* pada spesimen dengan alat *Coating tickness tester.*
5. Uji kekerasan

   Kegiatan ini dilakukan dengan alat uji kekerasan *vicker* untuk menukur kekerasan lapisan permukaan *hardchrome* spesimen.
6. Uji kekasaran

   Kegiatan ini dilakukan dengan alat uji *Surface Roughness Tester* untuk menukur kekasaran permukaan *disc* setelah *elektroplating hardchrome*.
7. Pengujian *pin-on-disc* (POD)

   Pengujian keausan dengan alat tribometer *Pin-on-disc* (POD) dengan kecepatan putar 60 rpm dengan pembebanan *pin* 20N dan 10 N.
8. Foto mikro

   Pengamatan dengan alat *Mikroskop metalografi* untuk mengukur lebar keausan spesimen setelah pengujian *point contact pin-on-disc.*
9. Analisa data

   Dari hasil pengujian yang didapat, selanjutnya dianalisa menurut studi pustaka. Hasil analisa data ini juga digunakan untuk menyusun laporan.
10. Penyusunan laporan

    Bentuk penyusunan laporan dimaksudkan untuk mempertanggung jawabkan semua hasil pengujian yang sudah dilakukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data dan Hasil Pengujian Karaktristik Besi Cor FCD 50 dan FCD 60

Karakteristik besi cor mengalami peningkatan setelah diberi perlakuan permukaan *hardchrome plating.* Peningkatan karakteristik besi cor dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data *disc*

No	*Disc*	Nilai	
		Normal	*Hardchrome*
1	Kekasaran *disc* A	0.516 *µm*	0.62 *µm*
2	Kekasaran *disc* B	0.623 *µm*	0.786 *µm*
3	Kekerasan *disc* A	79.5 HRB	714.2 HV
4	Kekerasan *disc* B	86.5 HRB	530.6 HV
6	Tebal *Hardchrome disc* A		10,54 *µm*
7	Tebal *Hardchrome disc* B		12,8 *µm*

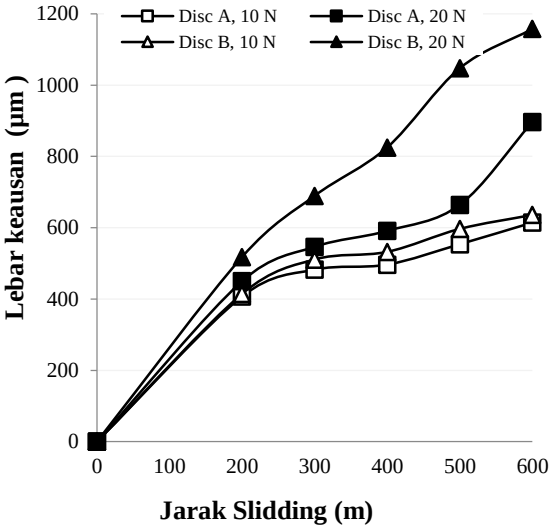
Dari Tabel 1 kekerasan *disc* meningkat hingga 3 kali (382,3 %) dari kekerasan awal, hal ini sesuai dengan teori bahwa sifat kekerasan lapisan krome memiliki tingkat kekerasan yg tinggi. kakasaran permukaan *disc* meningkat hingga 26 % dari kekasaran awal, hal ini karena elektroplating adalah proses penambahan zat kimia baru (lapisan) pada permukaan.

Lebar Keausan *Disc*

Setelah pengujian keausan menggunakan alat *tribometer pin-on-disc*, pengukuran lebar keausan pada disc menggunakan alat *mikroskop metalografi*. Perbandingan nilai lebar keausan pada *disc* secara grafik dapat dilihat pada Gambar 3. Laju lebar keausan *disc* B lebih besar dari lebar keausan *disc* A, hal ini karena permukaan lapisan *hardchrome disc* A lebih keras dari permukaan *hardchrome disc* B.

Lebar keausan disc bertambah seiring bertambahnya jarak dan beban yang diberikan. Lebar keausan disc penulis dapat dibandingkan dengan lebar keausan disc Sugiarto (2017) dan Priyono (2018), pada beban pin 10 N memiliki nilai lebar keausan disc penulis lebih kecil dari nilai lebar keausan disc pada penelitian Sugiharto (2017) dan Priyono (2018). Pada beban 20 N lebar keausan disc A penulis lebih kecil dari lebar keausan disc Priyono (2018) dan Sugiharto (2017) yang diberi beban 10 N, sedangkan disc B beban 20 N penulis lebar keausannya lebih besar dari lebar keausan *disc* Sugiharto (2017) yang diberi beban 10 N dan lebih kecil dari lebar keausan *disc* Priyono (2018) yang diberi beban 10 N.

Hal ini karena pada penelitian Sugiharto (2017) *disc* diberi kekasaran buatan *knurling* DIN 82 dan tidak diberi lapisan *hardchrome* sehingga kekerasan *disc* lebih lunak dibanding kekerasan *disc* penulis yang diberi lapisan *hardchrome.* Sedangkan pada penelitian Priyono (2018) *disc* diberi kekasaran buatan *knurling* DIN 82 dan lapisan *hardchrome*, sehingga permukaan *disc* lebih kasar dari permukaan *disc* peneliti, karena lebar keausan *disc* dipengaruhi oleh lebar keausan *pin.*



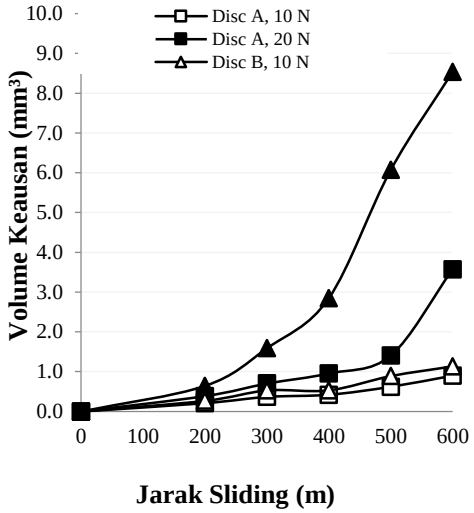
Gambar 3. Grafik perbandingan lebar keausan *disc*

Volume Keausan *Disc*

Dari Gambar 3 maka dapat dihitung volume keausan *disc* dengan persamaan 1. Dari hasil perhitungan volume keausan *disc* secara grafik dapat dilihat pada Gambar 4. Dari Gambar 4 volume keausan terbesar terjadi pada *disc* B beban 20 N jarak 200 m yaitu 8,5387 mm, dan lebar keausan terkecil terjadi pada *disc* A beban 10 N jarak 200 m yaitu 0,2083 mm.

Volume keausan *disc* penulis dapat dibandingkan dengan volume keausan *disc* Sugiarto (2017) dan Priyono (2018). Volume keausan *disc* A dan *disc* B beban 10 N penulis lebih kecil dari volume keausan *disc* A dan *disc* B Priyono (2018) dan Sugiharto (2017) yang

diberi beban 10 N, sedangkan volume keausan *disc* A beban 20 N penulis lebih kecil dari volume keausan *disc* A dan *disc* B Priyono (2018) dan Sugiharto (2017) beban 10 N. Volume keausan *disc* B beban 20 N penulis lebih besar dari volume keausan *disc* A dan *disc* B Sugiharto (2017) beban 10 N dan lebih kecil dari volume keausan *disc* A dan *disc* B Priyono (2018) beban 10 N. Hal ini karena pada penelitian Sugiharto (2017) besi cor *disc* A dan *disc* B tidak diberi lapisan tetapi diberi kekasaran buatan *knurling* DIN 82 sehingga kekerasan lapisan *hardchrome disc* penulis lebih keras dari permukaan besi cor *disc* A dan *disc* B Sugiharto (2017) yang tanpa lapisan. Pada penelitian Priyono (2018) besi cor *disc* A dan *disc* B diberi kekasaran buatan *knurling* DIN 82 dan diberi lapisan *hardchrome*, lebar keausan *disc* dipengaruhi oleh keausan lebar *pin* sehingga volume keausan yang terjadi lebih besar dari volume keausan penulis.

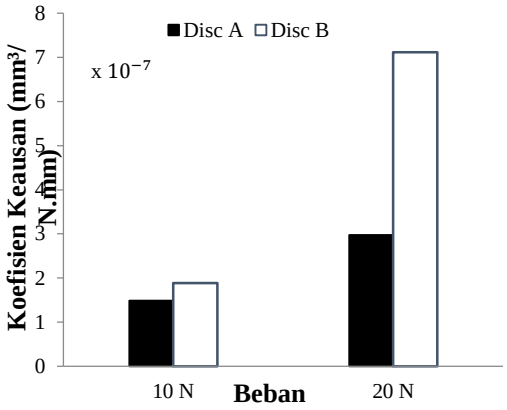


Gambar 4. Grafik perbandingan volume keausan *disc*

Koefisien Keausan *Disc*

Dari nilai volume keausan *disc* dengan pembebanan 10 N dan 20 N, maka dapat dihitung nilai koefisien keausan *disc* dengan persamaan 2. perbandingan hasil koefisien keausan *disc* dapat dilihat pada Gambar 5.

Dari Gambar 5 nilai koefisien *disc* B lebih besar dari koefisien keausan *disc* A, hal ini karena lapisan *hardchrome disc* A lebih keras dari *disc* B. Pada beban 20 N nilai koefisien keausannya lebih besar dari nilai koefisien keausan beban 10 N, maka dapat disimpulkan semakin besar beban *pin* yang menekan *disc* maka koefisien keausannya semakin besar.

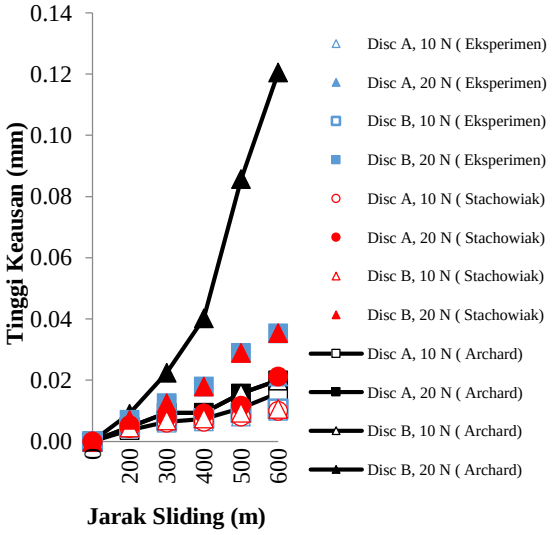


Gambar 5. Perbandingan koefisien keausan *disc*

Tinggi Keausan *Disc*

Dari nilai koefisien keausan dan volume keausan *disc*, maka dapat dihitung tinggi keausan *disc* menggunakan metode Archard (1953) dengan persamaan 3. Tinggi keausan juga dapat dihitung menggunakan metode eksperimen Muchammad (2018) dengan persamaan (4), dan metode Stachowiak (2000) dengan persamaan (5).

Hasil perhitungan tinggi keausan dengan menggunakan metode Archard (1953), metode eksperimen Muchammad (2018), dan metode Stachowiak (2000) dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil perhitungan tinggi keausan

Dari Gambar 6 menunjukan bahwa hasil perhitungan hasil eksperimen dan pehitungan

menggunakan persamaan Stachowiak memiliki nilai tinggi keausan yang hampir sama hanya berbeda 5 angka dibelakang koma dalam satuan mm. Hasil eksperimen dibandingkan dengan prediksi metode Archard (1953) memiliki prinsip yang sama yaitu semakin jauh jarak sliding maka semakin besar tinggi keausannya, dan semakin besar beban pada pin maka semakin besar tinggi keausan yang terjadi.

KESIMPULAN

Hasil pengujian *point contact* (*pin-on-disc*) bahan besi cor *disc* A (FCD 50) dan *disc* B (FCD 60) setelah dilakukan perlakuan permukaan electroplating *hardchrome*, maka dapat disimpulkan:

1. Karakter permukaan *disc* meningkat dari karakter awal. Ketebalan lapisan *hardchrome disc* 10,54 dan 12,8 µm membuat kekasaran *disc* meningkat hingga 3 kali (382,3 %) dari kekerasan awal.
2. Volume keausan terbesar terdapat pada *disc* B beban 20 N jarak 600 m yaitu sebesar 8,5387 mm³, dan volume keausan terkecil terdapat pada *disc* A beban 10 N jarak 200 meter yaitu sebesar 0,2083 mm³. Koefisien keausan terbesar terjadi pada *disc* B beban 20 N sebesar 7,1156 x10^{-7} mm^3/N.mm dan koefisien keausan terendah terjadi pada *disc* A beban 10 N sebesar 1,48985 x10^{-7} mm^3/N.mm. Tinggi keausan terbesar terdapat pada *disc* B beban 20 N jarak 600 m yaitu 0,071125222 mm, dan tinggi keausan terkecil terdapat pada *disc* A beban 10 N jarak 200 m yaitu 0,004248622 mm

DAFTAR PUSTAKA

Archard, J. F. (1953). *Contact and Rubbing of Flat Surface*. J. Appl. Phys , 24, 981-988.

Bayer, R. G. 2004. *Mechanical Wear Foundrymentals and Testing Second Edition*. Marcel Dekker, Inc. New York.

Bisa otomotif. *Fungsi Ring Oli dan Ring Kompresi*. www.bisaotomotif.com. Diakses 18 Juli 2019 jam 22.30.

Darmanto. Ridwan, M, T. Syafa'at, I. 2014. *Analisis Keausan Alumunium Menggunakan Tribotester Pin-On-Disc Dengan Variasi Kondisi Pelumas*. Vol. 10. Hal: 19-23.

Muchammad, Syafa'at, I., Helmi, F., Tauviqirrahman, M., Jamari. 2018. *Wear Analysis of Spherical Graphite Cast Iron Using Pin-On-Disc Tribotester*. Journal of Physical Science, Vol. 29, Hal: 15-26.

Setyahandana, B., Cristianto, Y. K. 2017. *Pengaruh Hardchrome Plating Pada Peningkatan Kekerasan Baja Komponen Kincir*. Media Teknika Jurnal Teknologi. Vol. 12, No. 1, Juni 2017.

Sugiharto, A. 2017. *Analisa Keausan Disc FCB Dengan Alur Buatan Hasil Pembubutan Knurling DIN 82 melalui Pengujian Tribometer Pin-On-Disc Tanpa Pelumas*. Tugas Akhir. Fakultas Teknik. Universitas Wahid Hasyim. Semarang.

Syafa'at, I. 2008. *Tribologi, Daerah Pelumasan dan Keausan*. Vol. 4. Hal: 21-26.

Zumgahr, Karl-Heinz. 1987. *Microstructure and Wear of Materials Tribology Series 10th*. Elsevier Institute of Materials Technology, University of Siegen. Siegen. Federal Republic of Germany.