
STUDI EKSPERIMEN KEAUSAN *PIN* BESI COR BERPELUMAS SAE 90 DENGAN VARIASI PEMBEBANAN MENGGUNAKAN *TRIBOTESTER PIN-ON-DISC*

Imam Syafa'at^{1*}, Muchammad², Ifin Triyanto¹ dan Darmanto¹

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim
Jl. Menoreh Tengah X/22, Sampangan, Semarang 50236

²Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, Tembalang, Semarang 50275

*Email: imamsyafaat@unwahas.ac.id

Abstrak

Ilmu studi mekanika antara elemen mesin sangat diperlukan untuk sistem gerak mesin. Fenomena kegagalan dalam mekanisme perkontakannya komponen salah satunya ditandai dengan berkurangnya umur pemakaian yang disebabkan oleh keausan. Penelitian keausan ini dilakukan untuk mengetahui volume dan tinggi keausan antara dua benda yang saling kontak pada jarak sliding tertentu. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengujian *Pin-on-Disc*, dimana *pin* dari material besi cor FCD 50 dan FCD 60 digesekan dengan piringan dari AISI 52100. Kondisi gesekan ini berpelumas SAE 90 dengan menerapkan variasi pembebanan pada *pin* sebesar 10 N dan 20 N. Lebar keausan pada *pin* diukur dengan bantuan mikroskop metalografi kemudian hasil ini dimasukkan dalam sebuah persamaan untuk menghitung volume dan tinggi keausan. Keausan yang terjadi pada piringan diabaikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa volume keausan dengan beban 10 N pada FCD 50 sebesar $1,1135E-05 \text{ mm}^3$ pada jarak 300 m. Pada jarak sebelumnya tidak nampak adanya keausan pada foto mikro karena pengaruh pelumasan. Semakin lebar keausan yang terjadi pada hasil foto mikro, maka volume keausan dan tinggi keausan akan meningkat seiring dengan bertambahnya jarak sliding.

Kata kunci: Keausan, Pelumasan, *Pin-on-Disc*, FCD.

PENDAHULUAN

Gesekan terjadi bila dua buah permukaan yang bersinggungan terhadap benda lain akan menimbulkan keausan. Menurut (Bayer, 2004) keausan didefinisikan sebagai kerusakan secara bertahap ke permukaan yang disebabkan oleh gerakan relatif bahan atau benda lain. Dalam studi keausan Popov (2019) membagi dua kasus keausan ialah hilangnya partikel secara langsung dan menempelnya puing aus yang terus menerus menuju batas kontak. Keausan merupakan fenomena yang tidak dapat dipisahkan dari sifat material, akan tetapi hanya bisa dikendalikan. Salah satu cara pengendalian ialah dengan memberikan pelumasan untuk mengurangi gesekan diantara permukaan *part*/komponen mesin.

Muchammad, dkk (2018) menganalisa besi cor grafit untuk pengaplikasian *cylinder linear* menggunakan *tribotester pin-on-disc* dengan nilai kekerasan pada *disc* yang berbeda. Nilai volume keausan *disc* tertinggi terjadi pada besi cor FCD 40 pada jarak 500 m dan volume keausan terkecil terjadi pada besi cor FCD 60 pada jarak 500 m. Nilai tinggi keausan akan menurun dengan meningkatnya kekerasan material. Hasil pengujian menunjukkan karakteristik nilai volume keausan dan tinggi keausan dipengaruhi oleh beban *indentor* yang rendah.

Kusman (2019) dalam penelitian *pin-on-disc* spesimen besi cor FCD 50 dan FCD 60 variasi pembebanan dengan nilai kekerasan pada *pin* yang berbeda. Nilai volume keausan terbesar terjadi pada *pin* besi cor FCD 50 beban 20 N pada jarak 600 m sebesar $0,31252 \text{ mm}^3$. Rata-rata koefisien keausan FCD 50 beban 20 N yaitu $1,18467 \times 10^{-8} \text{ mm}^3/\text{N.mm}$. Tinggi keausan terbesar terjadi pada FCD 50 beban 20 N pada jarak 600 m dan volume keausan terkecil pada FCD 60 beban 10 N pada jarak 100 m. Sehingga dapat disimpulkan bahwa variasi pembebanan terhadap nilai kekerasan material berpengaruh pada volume keausan, tinggi keausan dan koefisien keausan.

Penelitian yang sama juga dilakukan oleh Arifin (2019) dengan pengujian besi cor FCD berpelumas SAE 10W-30 variasi pembebanan dengan nilai kekerasan pada *pin* yang berbeda. Rata-rata koefisien keausan FCD 50 beban 10 N ialah $1,19E-10 \text{ mm}^3/\text{N.mm}$ dan rata-rata koefisien keausan FCD 60 adalah $3,56E-11 \text{ mm}^3/\text{N.mm}$. Semakin tinggi nilai kekerasan permukaan maka semakin besar nilai koefisien keausan.

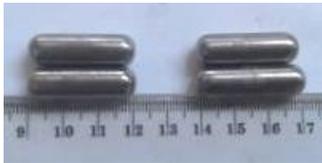
Dari penelitian *pin-on-disc* yang pernah dilakukan, peneliti melakukan analisis keausan besi cor FCD variasi pembebanan dengan nilai kekerasan material pada *pin* yang berbeda berpelumas SAE 90. Analisis keausan ini bertujuan untuk mengetahui volume keausan, tinggi dan koefisien keausan.

METODE PENELITIAN

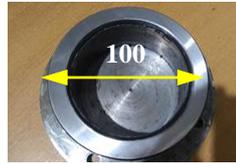
Dalam penelitian ini, perubahan keausan diukur dengan foto mikro skala 200 μm , beban yang diterima *pin* sebesar 10 N dan 20 N berpelumas SAE 90. Adapun data penelitian yang didapat dari parameter sebagai berikut.

Bahan

Pin yang digunakan dalam penelitian ini besi cor FCD 50 (*pin* A) 79,5 HRB dan FCD 60 (*pin* B) 86,5 HRB berbentuk *hemisphere* diameter 9,5 mm sesuai diperlihatkan pada Gambar 1. *Disc* digunakan untuk pengujian dengan prinsip kerja diputar oleh motor listrik sebesar 60 rpm. Bahan *disc* AISI 52100 dengan kekerasan 60 HRC diameter 100 mm dapat dilihat Gambar 2. Pelumasan dilakukan dimana sebagian *pin* dicelupkan ke dalam pelumas. Sehingga kondisi pelumasan bisa dikategorikan sebagai *elasto hydronamic lubrication* (lihat Gambar 3). Pelumas SAE 90 standart API GL-5.



Gambar 1. *Pin*

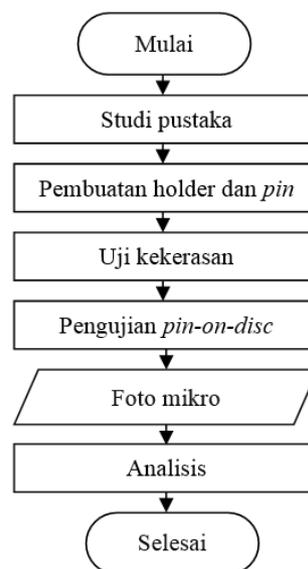


Gambar 2. *Disc*



Gambar 3. Sistem pelumasan

Prosedur penelitian



Gambar 4. Diagram alir penelitian

Pengujian dimulai dengan studi pustaka mengumpulkan data-data dari sumber tertulis dari jurnal ilmiah, laporan ilmiah (lihat Gambar 4). Selanjutnya dilakukan pembuatan holder dan *pin* melalui proses *manufacturing*, setelah itu dilakukan pengujian kekerasan material untuk mengetahui perbandingan kekerasan *pin*. Pengujian *pin-on-disc* berguna untuk mengetahui lebar

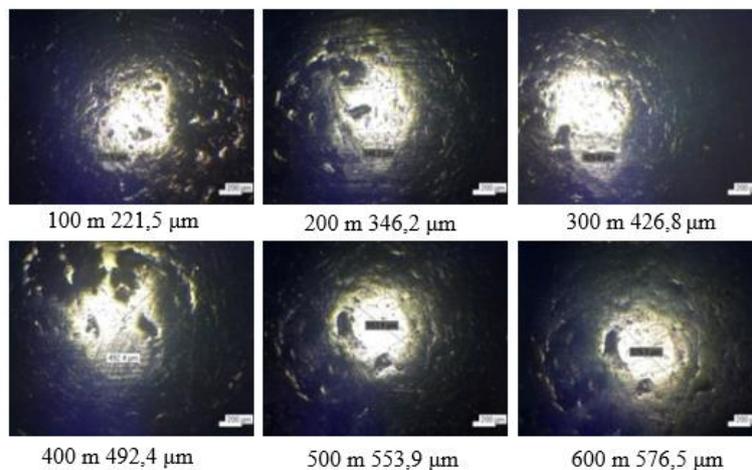
keausan *pin* yang hilang selama pengujian. Dari lebar keausan tersebut akan dianalisa nilai volume keausan, tinggi keausan dan koefisien dengan melakukan perbandingan penelitian yang sudah ada.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil foto mikro *pin*

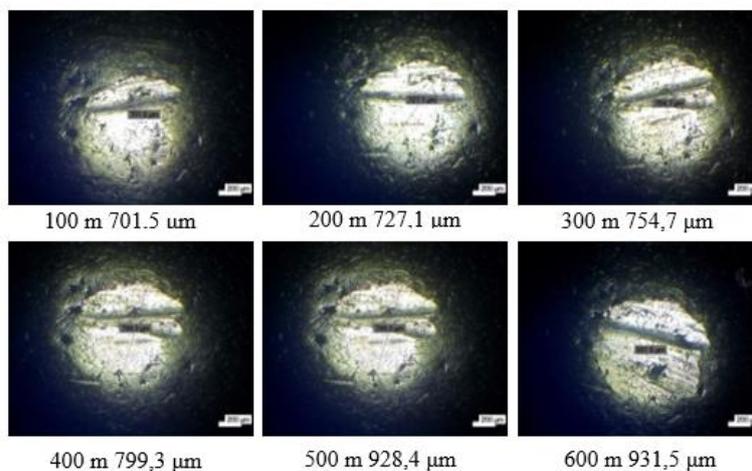
Berdasarkan pengujian keausan *pin* menggunakan metode *pin-on-disc* berpelumas SAE 90 dengan variasi beban. Lebar keausan diambil dari pengukuran *pin* pada foto mikro dengan skala 200 μm pada jarak *sliding* yang sudah ditentukan.

Hasil pengamatan foto mikro *pin* A 10 N pada Gambar 5. Nilai lebar keausan pada jarak *sliding* 100 m sebesar 221,5 μm , kontak aus akan bertambah lebar seiring bertambahnya jarak *sliding* sampai jarak 600 m dengan nilai 576,5 μm . Akan tetapi, pada jarak *sliding* 500 m dan 600 m memiliki selisih lebar keausan sangat kecil sebesar 22,6 μm , hal ini dikarenakan bentuk lebar keausan semula tak tentu menjadi bentuk hampir simetris lingkaran dengan bertambahnya jarak *sliding*. Jika jarak *sliding* bertambah akan terjadi penyesuaian bentuk lebar keausan membentuk lingkaran yang sempurna.



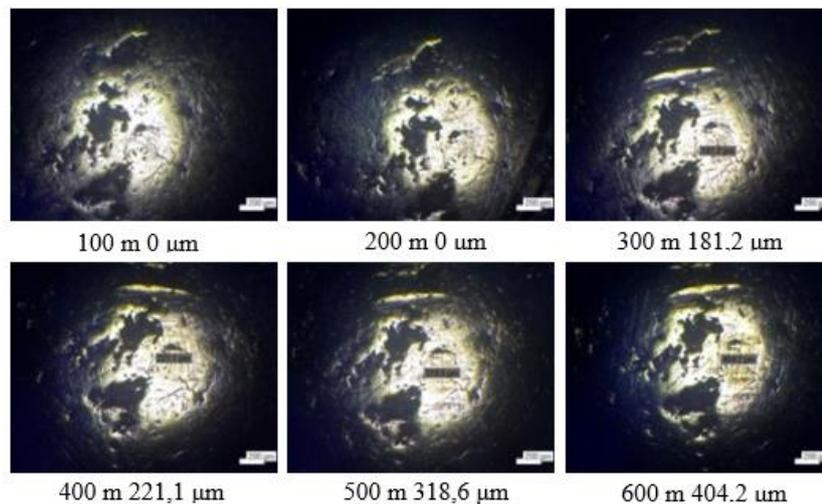
Gambar 5. Hasil foto mikro *pin* A 10 N

Dari Gambar 6 hasil pengamatan foto mikro spesimen A beban 20 N, nilai lebar keausan mengalami meningkat secara bertahap pada jarak *sliding*. Pada jarak 100 m sampai 400 m selisih nilai lebar keausan sangat kecil dibandingkan spesimen A beban 10 N. Nilai lebar keausan pada jarak 100 m sebesar 701,5 μm . Perubahan nilai lebar keausan sangat besar mulai terjadi pada jarak 400 m sampai 500 m, hal ini menunjukkan perubahan bentuk lebar keausan dipengaruhi oleh kekerasan material terhadap pembebanan.



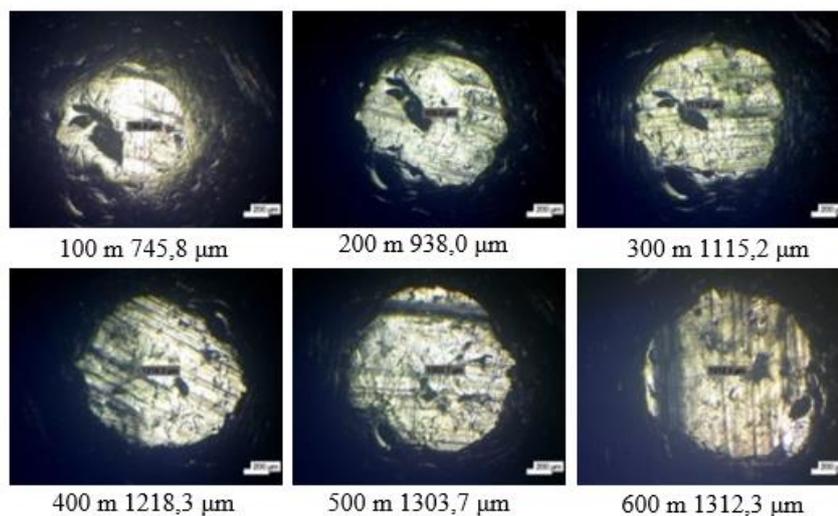
Gambar 6. Hasil foto mikro *pin* A 20 N

Hasil pengamatan foto mikro *pin* B 10 N belum terjadi perubahan pada jarak 100 m dan 200 m. Nilai lebar keausan mulai terlihat pada jarak 300 m sebesar 181,2 μm . Bentuk perubahan lebar keausan dari spesimen B tidak sempurna jika dibandingkan dengan spesimen A. Perubahan yang tidak sempurna ini dipengaruhi oleh viskositas tahanan fluida dengan beban kecil serta kekasaran permukaan yang halus, sehingga pada saat proses *running pin* sulit mencapai permukaan *disc* dikarenakan viskositas terlalu tinggi. Hasil foto mikro *pin* B dengan beban 10 N dapat diperlihatkan pada gambar 7.



Gambar 7. Hasil foto mikro *pin* B 10 N

Hasil pengamatan foto mikro spesimen *pin* B 20 N dapat dilihat pada Gambar 8. Hasil penelitian menunjukkan perubahan signifikan nilai lebar keausan *pin* sangat besar dibandingkan dengan spesimen lain. Pada jarak 100 m nilai lebar keausan sebesar 745,8 μm hingga proses *running* nilai keausan mulai meningkat dengan bertambahnya jarak *sliding* sampai jarak 600 m sebesar 1312,3 μm . Hal ini terjadi karena pembebanan berpengaruh terhadap kekerasan material dengan perubahan bentuk lebar keausan *pin*.



Gambar 8. Hasil foto mikro *pin* B 20 N

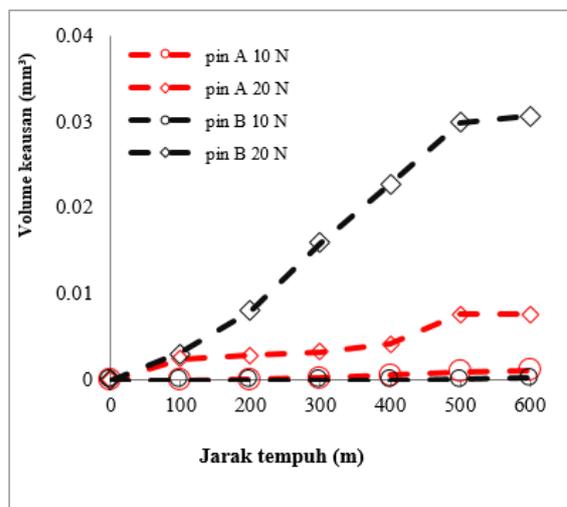
Volume keausan *pin*

Hasil perhitungan volume keausan menggunakan persamaan (1) (Bayer, 2005). Dimana dalam persamaan tersebut, V adalah volume keausan, W adalah lebar aus hasil pengukuran pada *pin*, dan R adalah jari-jari *pin*.

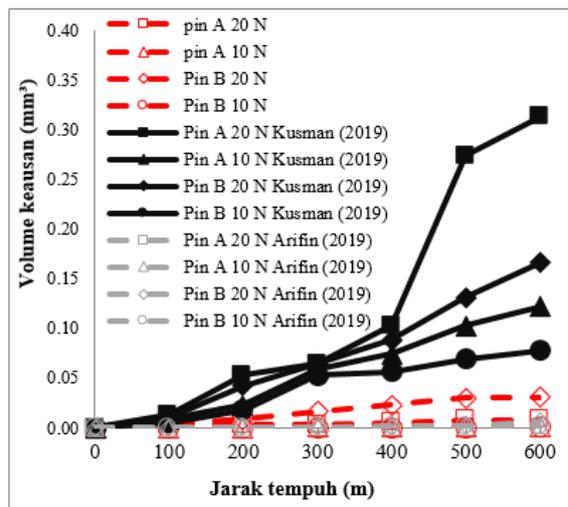
$$V = \frac{\pi}{2} X \frac{W^4}{R} \quad (1)$$

Dari Gambar 9 dapat dilihat nilai volume keausan akan meningkat seiring dengan beban yang diberikan pada setiap jarak tempuh. Nilai rata-rata volume keausan terbesar terjadi pada *pin* B 20 N sebesar 0,01839 mm³. Pada *pin* B 10 N nilai rata-rata volume keausan terkecil sebesar 6,96576E-05 mm³, jika dibandingkan dengan *pin* A. *Pin* A 10 N nilai rata-rata volume keausan sebesar 0,0005393 mm³, sedangkan *pin* A 20 N sebesar 0,0047347 mm³. Hal ini terjadi karena viskositas pelumas tinggi dengan beban kecil, sehingga pada saat pengujian jarak 200 m belum terjadi keausan.

Hasil perbandingan ditunjukkan pada Gambar 10. nilai volume keausan tanpa pelumas akan berbanding lurus dengan jarak yang tempuh, tetapi berbanding terbalik jika diberi pelumas. Sehingga ketika pelumasan dengan viskositas tinggi gaya gesek menjadi kecil dan nilai volume keausan menurun. Jika dibandingkan penelitian Arifin (2019) dengan nilai viskositas yang berbeda. Selisih nilai volume keausan *pin* A 10 N sebesar 0,00005 mm³ atau menurun 8,62 % dan beban 20 N sebesar 0,0009 mm³ atau menurun 16,07 %. Sedangkan *pin* B 10 N selisih nilai volume keausan sebesar 0,00029 mm³ atau menurun 80,83 %, namun pada *pin* B 20 N nilai volume keausan penelitian meningkat dibandingkan dari penelitian Arifin (2019). Nilai volume keausan *pin* B 20 N mempunyai selisih 0,0167 mm³ atau meningkat 91,25 %. Peningkatan nilai volume keausan disebabkan oleh perbedaan nilai viskositas, sehingga pada beban yang sama fluida pelumas sulit memasuki *clearance* permukaan diantara *pin* dan *disc* menjadikan pelumasan tidak sempurna. Secara umum hasil perhitungan volume keausan ini sejalan dengan hasil fotomikro (Gambar 5, 6, 7, dan 8). Semakin besar lebar keausan, semakin tinggi volume keausan yang terjadi.



Gambar 9. Volume keausan



Gambar 10. Perbandingan volume keausan

Tinggi keausan *pin*

Perhitungan tinggi keausan *dicari* melalui persamaan (2) (Stachowiak dan Batchelor, 2005). Dalam persamaan itu, *h* adalah tinggi aus pada pin, *D* adalah diameter pin, *W* adalah diameter pin yang aus.

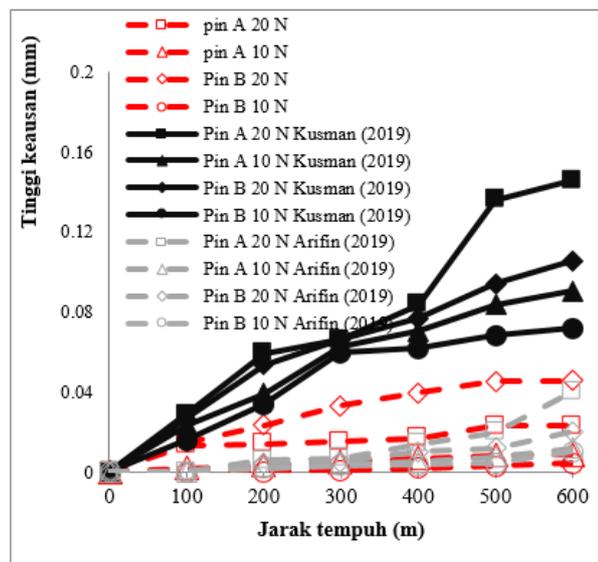
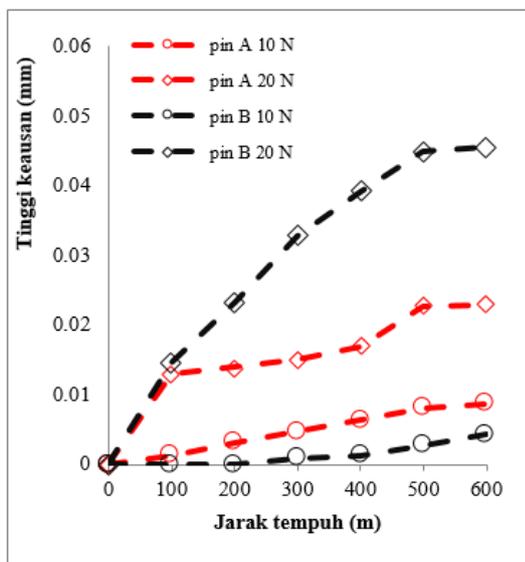
$$h = \frac{D}{2} - \frac{1}{2} [D^2 - W^2]^{1/2} \quad (2)$$

Hasil tinggi keausan ditunjukkan pada Gambar 11. Nilai keausan setiap spesimen meningkat seiring dengan beban yang diberikan pada *jarak* tempuh. *Pin* A beban 20 N nilai rata-rata tinggi keausan sebesar 0,01739. Pada *pin* yang berbeda dengan beban yang sama nilai rata-rata tinggi keausan akan menurun pada beban 10N. Akan tetapi nilai rata-rata tinggi keausan meningkat

sebesar 47,93% pada beban 20 N. Semakin besar beban yang diberikan *pin* nilai tinggi keausan akan meningkat, akan tetapi semakin keras material dengan beban yang diberikan kecil nilai tinggi keausan akan turun.

Hasil penelitian ini dengan penelitian sebelumnya ditunjukkan pada Gambar 12. Perbandingan nilai tinggi keausan terhadap nilai volume keausan meningkat seiring bertambahnya jarak tempuh. Penelitian yang dilakukan Kusman (2019), nilai tinggi keausan lebih besar daripada hasil penelitian yang telah dilakukan. Penelitian Kusman (2019) *pin* B 10 N memiliki peningkatan nilai tinggi keausan terbesar dengan persentase 97,06 %. Sedangkan peningkatan nilai tinggi keausan terkecil terjadi pada *pin* B 20 N dengan persentase 52,48 %. Penelitian ini jika dibandingkan penelitian Arifin (2019) berpelumas SAE 10W-30 memperlihatkan tinggi keausan meningkat terjadi pada *pin* A dan *pin* B dengan beban 20 N. Akan tetapi pada spesimen *pin* B dengan beban 10 N tinggi keausan akan menurun dibandingkan dari penelitian Arifin (2019). *Pin* B 10 N nilai tinggi keausan mempunyai selisih sebesar 0,00255 mm atau menurun 59,74%. Semakin besar nilai kekerasan material dengan beban yang diberikan kecil pada nilai viskositas yang tinggi akan menurunkan nilai tinggi keausan.

Dari hasil fotomikro tentang lebar keausan, volume keausan, dan tinggi keausan, ketiganya mempunyai hubungan yang sangat terkait antara satu dengan yang lainnya. Keterkaitan ini bisa dilihat dalam persamaan (1) dan (2) yang melibatkan diameter keausan hasil pengujian. Semakin besar lebar keausan, maka semakin besar juga volume keausan dan tinggi ausnya. Demikian juga sebaliknya. Lebar keausan berbanding lurus dengan volume dan tinggi keausan seiring dengan meningkatnya jarak tempuh.



Gambar 11. Grafik nilai tinggi keausan Gambar 12. Grafik perbandingan tinggi keausan

KESIMPULAN

Penelitian tentang keausan *pin* besi cor FCD 50 dan 60 menggunakan metode pin-on-disc telah dilakukan. Disimpulkan bahwa nilai lebar keausan, volume keausan, dan tinggi keausan akan meningkat seiring dengan beban yang diberikan pada setiap jarak tempuh. Semakin lebar hasil pengukuran diameter keausan, maka semakin besar pula volume dan tinggi keausan yang dihasilkan. Demikian juga sebaliknya.

DAFTAR PUSTAKA

- Archard, J. F. 1953, *Contact and rubbing of flat surfaces*, *J. Appl. Phys.*, 24, 981-988
- Arifin., M Z. 2019. *Analisis Keausan Pin Besi Cor Dengan Pelumas Melalui Pengujian Tribotester Pin-On-Disc*. Tugas Akhir. Universitas Wahid Hasyim. Semarang.
- Bayer, R G. 2004. *Mechanical Wear Fundamentals and Testing: Second Edition, Revised and Expanded*. Tribology Consultant Vestal, New York. USA.

-
- Kusman. 2019. *Analisis Keausan Pin Dengan Material Besi Cor Menggunakan Tribotester Pin-On-Disc Tanpa Pelumas*. Tugas Akhir. Universitas Wahid Hasyim. Semarang.
- Muchammad., Syafa'at, I., Fuad Hilmy., T, Mohammad., dan Jamari. 2018. *Wear Analysis of Sphercal Graphite Cast Iron Using Pin-On-Disc Tribotester*. *Journal of Physical Science*, Vol. 29.
- Popov, V. 2019. *Generalized Archad Law Of Wear Based On Rabinowicz Criterion Of Wear Particle Formation*. Technische Universität Berlin. Germany.
- Stachowiak dan Batchelor, (2005). *Tribology in practice series, in Wear-Material, Mechanisms and Practice*, John Wiley & Sons Ltd. The Atrium, Southern Gate, Chichester, England.