

PERANCANGAN ALAT TRIBOMETER *PIN ON CYLINDER* DAN APLIKASINYA DALAM MENGUKUR KEAUSAN KANVAS REM

Christida Arya Saputra; Abdul Munir Hidayat Syah Lubis, S.T., M.Sc., Ph.D
Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Abstrak

Gesekan merupakan gaya yang menahan gerakan geseran atau putaran dari dua permukaan benda. Gesekan yang terjadi secara terus menerus dapat menyebabkan terjadinya keausan. Pengukuran laju keausan masih dilakukan secara manual dan kesulitan mendapatkan terkait kualitas pelumas. Maka diperlukan alat uji untuk mengukur laju keausan yang terjangkau dan mudah untuk digunakan sehingga dirancang alat *pin on cylinder*. *Pin on cylinder* merupakan sebuah alat untuk mengukur laju keausan dan dapat menguji kualitas pelumas dalam mengantisipasi keausan. *Pin on cylinder* menerapkan sistem pesawat angkat dimana beban yang diterapkan pada ujung sebuah tuas dapat di lipat gandakan gaya-nya pada ujung yang lain. Gaya pembebanan yang telah dilipat gandakan tersebut akan di pusatkan pada sebuah spesimen yang di tekan ke *cylinder* yang berputar. Alat uji ini dirancang untuk menguji keausan diantara dua benda yang bergesekan dalam tekanan 10 Kg dimana *cylinder* akan berputar pada kecepatan konstan saat beban diterapkan. Perancangan dimensi dan bentuk dasar alat uji ini menggunakan software design Solidworks. Poros *cylinder* dibuat dari bahan baja karbon konstruksi mesin S45C untuk perencanaan beban hingga 10kg. Permukaan *cylinder* dirancang untuk menggunakakn material *chromium Stainles steel*. Spesimen yang digunakan berupa kampas rem. Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali dengan menggunakan variable beban dan kecepatan. Hasil Pengujian yang telah dilakukan dengan laju keausan spesimen menggunakan variable beban yang hilang menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan dalam kurun waktu pengujian yang sama. Alat uji *pin on cylinder* kapasitas pembebanan 10 Kg dapat beroperasi sesuai rancangan.

Kata Kunci: pelumasan, gesekan, beban, lengan angkat, *pin on cylinder*

Abstract

Friction is a force that holds the movement of the shift or rotation of the two surfaces of the object. Friction that occurs continuously can cause wear. Measurement of wear rate is still done manually and difficulty getting the quality of lubricants. Then a test tool is needed to measure the rate of wear that is affordable and easy to use so that it is designed by a pin on cylinder. Pin on cylinder is a tool to measure the rate of wear and can test the quality of lubricants in anticipating wear. Pin on cylinder applies a leverage where the load applied at the end of a lever can be folded by its force at the other end. The loading force that has been multiplied will be focused on a specimen that is pressed to the rotating cylinder. This test tool is designed to test the wear between two objects that rub against a pressure of 10 kg where the rotor will rotate at a constant speed when the load is applied. Dimension design and basic form of this test tool uses Solidworks design software. Cylinder axis is made from S45C engine construction steel for load planning up to 300 N. Cylinder surface is designed to use Chromium Stainles Steel material. The specimens used are brake lining. The test was carried out three times using the load and speed variable. The test results that have been carried out with the rate of wear of the specimen using the lost load variable show a significant difference in the same period of testing. PIN test equipment on cylinder 10 kg loading capacity can operate according to the design.

Keywords: lubrication, friction, load, lift arm, pin on cylinder

1. PENDAHULUAN

Interaksi antara dua material atau benda yang saling bersinggungan secara terus menerus akan mengakibatkan terjadinya gesekan. Gesekan merupakan gaya yang menahan gerakan geseran atau putaran dari dua permukaan benda. Gesekan yang terjadi secara terus menerus dapat menyebabkan terjadinya keausan atau terkikisnya permukaan salah satu material ataupun permukaan material keduanya. Keausan juga dapat didefinisikan sebagai kehilangan material secara progresif dari permukaan akibat gerak relatif dari dua atau lebih permukaan benda terhadap permukaan benda lain. Keausan terjadi pada material yang lebih lunak diantara material yang bergesekan (Partama 2020).

Berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang *mechanical engineering* khususnya di bidang *tribology*, maka faktor faktor yang dapat mempengaruhi umur pemakaian dari sebuah komponen mesin dapat diketahui. Banyak komponen mesin terjadi interaksi kontak satu sama lain pada permukaannya. Interaksi antara permukaan menimbulkan efek yang merugikan dan menguntungkan. Terlepas dari untung dan rugi, untuk mempelajari efek tersebut dibutuhkan ilmu *tribology*. Sejarah panjang tentang *tribology* telah dijelaskan pada buku sejarah tribologi. Tribologi berasal dari kata *Greek* “tribos” yang artinya *rubbing* atau *slidding*. Tribologi berfokus pada gesekan yang menimbulkan keausan. Keausan lebih dominan dianggap sebagai efek yang merugikan sehingga dilakukan *lubrication* untuk mengatasinya. Tribologi adalah ilmu pengetahuan dan teknologi yang mempelajari interaksi permukaan dalam gerakan relatif berkaitan dengan fenomena (gesekan dan keausan) yang terkait dengan fisika, mekanika, metalurgi dan kimia (Syafa’at, Khalim and Darmanto, 2019)

Tribometer adalah sebuah alat yang digunakan untuk mengukur kuantitas tribologi yang terdiri dari koefisien gesek, gaya gesek, dan volume dari keausan antara dua material yang saling kontak. Besarnya koefisien gesek yang terjadi tergantung pada beberapa variabel seperti kekasaran permukaan kontak, kecepatan, pelumasan dan lain-lain (Ramadhan, 2015). Ada beberapa bentuk alat tribologi yang digunakan untuk mengukur sifat tribologi dari dua material yang saling kontak diantaranya *pin on disc*, *pin on pin*, *block on ring*, *pin on cylinder*, dan lain-lain. *Pin on cylinder* merupakan suatu jenis alat tribologi dimana gesekan yang terjadi antara ring dengan pin. Pin dalam keadaan diam dan ring berputar dengan kecepatan tertentu sehingga menimbulkan gesekan.

Pin on cylinder merupakan suatu jenis alat uji tribometer, dimana gesekan terjadi antara Pin dengan *cylinder*. Pin dalam keadaan diam yang mana pin disini adalah sampel dan ring dalam keadaan berputar searah jarum jam dengan kecepatan tertentu sehingga menimbulkan gesekan. Tribometer ini juga bisa dikembangkan dalam bentuk pelumasan sebagai pengujian bahan, dimana pelumasan pelumasan ini akan melumasi melumasi *cylinder* yang berputar. Karena pengukuran keausan masih dilakukan secara manual dan tidak adanya alat uji yang portabel. Maka diperlukan alat uji untuk mengukur keausan dan mudah untuk digunakan sehingga penulis tertarik untuk melakukan penelitian

dengan judul “Perancangan Alat Uji Tribometer *Pin On Cylinder* Dan Aplikasinya Dalam Mengukur Keausan Kanvas Rem”

2. METODE

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

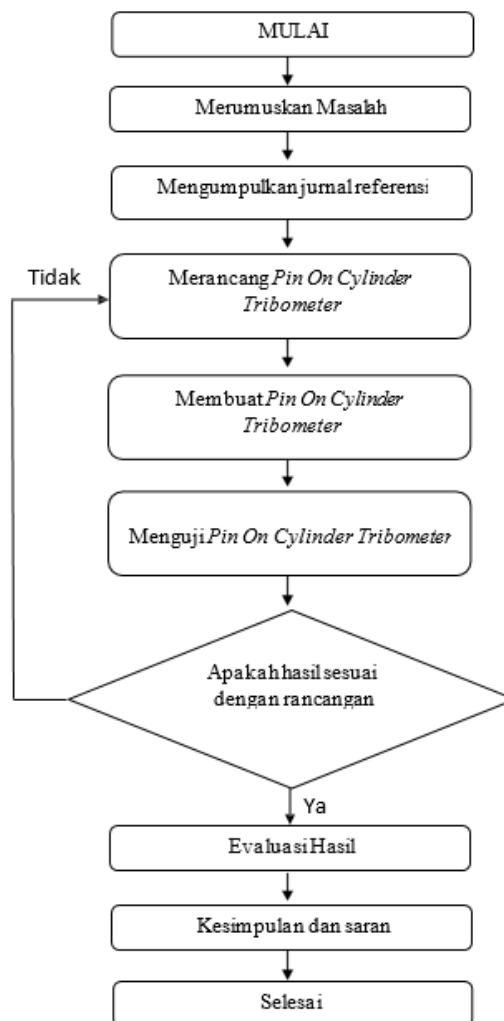
Tempat pelaksanaan perancangan mesin uji tribometer pin on cylinder dan pengujian alat uji tribometer untuk penggunaan laboratorium yang dilaksanakan di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta. Sedangkan waktu penelitian berlangsung selama 2 bulan mulai dari pengajuan judul sampai dengan penyelesaian penelitian

2.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam mendukung penelitian adalah mesin bubut, mesin las, mesin *drilling*, dan *handheld grinder*. Sedangkan bahan yang digunakan adalah 17 besi siku, *stainless steel*, pipa baja, poros baja S45C, *bearing*, motor elektrik 3 *phase*, sistem puli, dan kampas rem.

2.3 Diagram Alur Perancangan

Urutan dalam pelaksanaan penelitian didasarkan pada alur yang terdapat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Perhitungan Rancangan

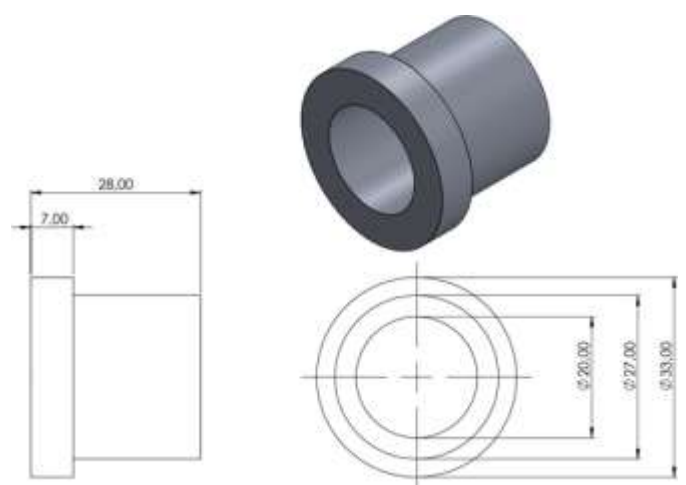
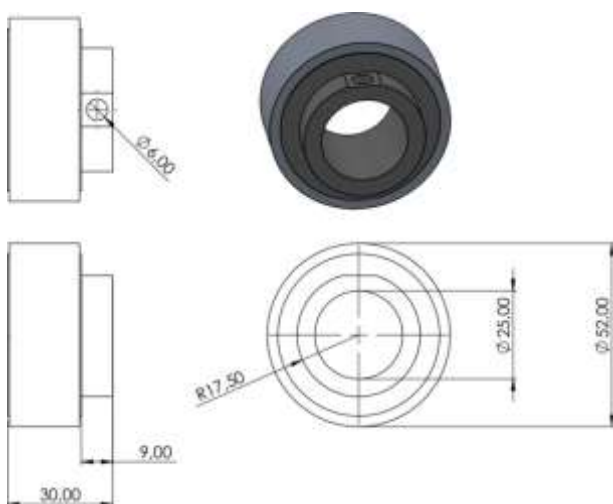
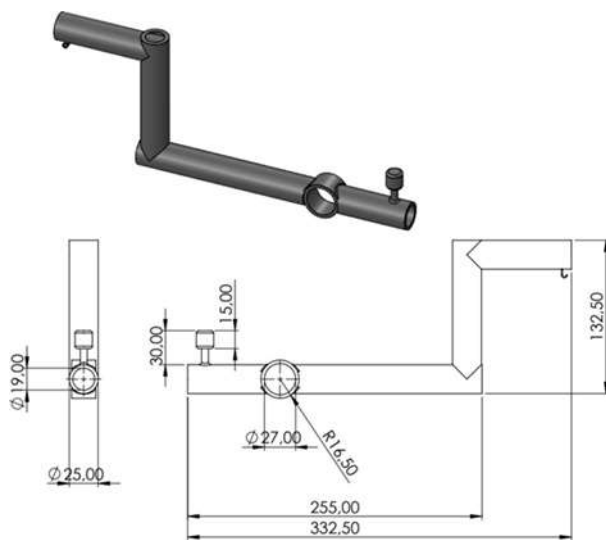
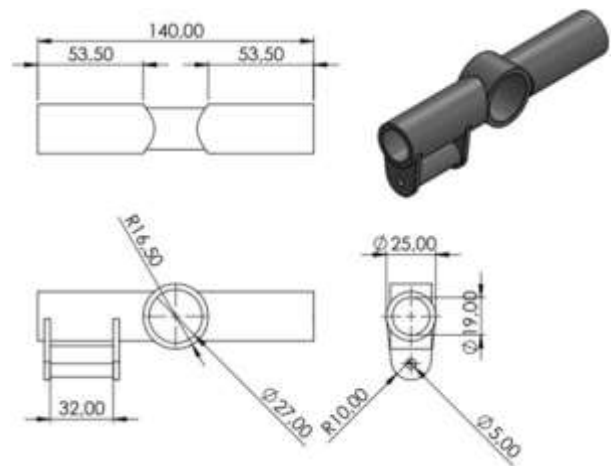
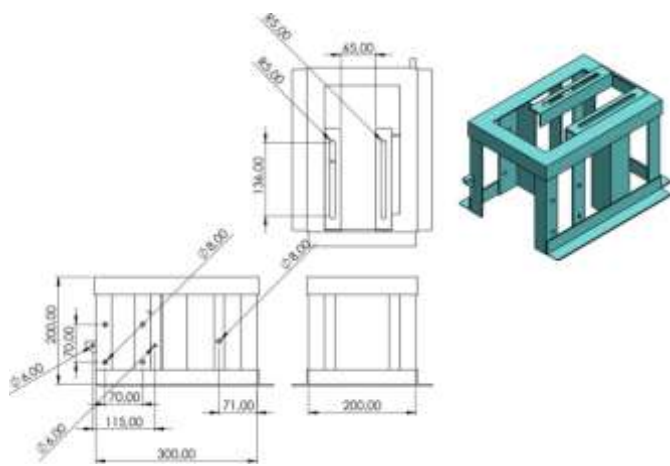
Pin on cylinder akan dirancang untuk menerima beban sebesar 10 kgf pada *cylinder* dengan diameter 52 mm. *Cylinder* dirancang untuk dengan kecepatan putar 900 RPM dimana putaran harus tetap konstan saat beban diterapkan dengan menggunakan motor 3 fasa yang memiliki daya sebesar 1hp atau 745,7 watt dengan kecepatan putaran 1450 RPM yang dimana menggunakan *pulley* pada *drive* sebesar 3 inchi atau 76,2 mm. Hasil perhitungan rancangan *pin on cylinder* terdapat pada Tabel 1.

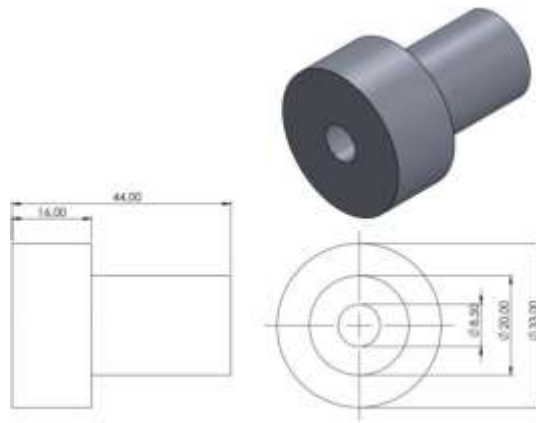
Tabel 1. Hasil Perhitungan Rancangan *Pin On Cylinder*

Kategori Perhitungan	Kode	Hasil
Rasio pada pulley	D2	122,76 mm
Kecepatan Sabuk	v	5,78 m/s
Koefisien gesek antara pulley dan sabuk	μ	0,27
Sudut kontak	θ	$\alpha = 5,11^\circ$ $\theta = 2,96^\circ$
Tegangan pada sabuk pulley	T1/T2	2,22
Panjang sabuk pulley	L	832,39 mm
Torsi	T	2,548 N.mm
Tegangan Geser	τ	112,5 MPa
Momen puntir	T	7,91 Nm = $7,91 \times 10^3$ Nmm
Momen lentur	M	4900 Nmm
Momen puntir ekuivalen	d	7,87 mm = 8 mm
Tuas pembebanan	PI	2 kg
Momen yang terjadi pada sistem tuas	T	4,9 Nm

3.2 Hasil Rancangan *Pin On Cylinder*

Rancangan alat uji *pin on cylinder* dimulai dengan membuat desain 3D pada setiap komponen yang dimensi ukurannya ditentukan berdasarkan hasil perhitungan rancangan. Komponen-komponen pada alat uji *pin on cylinder* ini dirancang menggunakan *software solidwork*, Berikut desain komponen komponen *pin on cylinder*. Rancangan mulai dari rangka, tuas pembebanan 1, tuas pembebanan 2, poros S45C, cylinder, bushing teflon, dan bushing logam secara berturut-turut terdapat pada gambar 2,3,4,5,6,7, dan 8.





Gambar 8. Bushing Logam

3.3 Hasil Pembuatan *Pin On Cylinder*

Setelah melalui beberapa tahap dari memilih konsep *pin cylinder*, melakukan perhitungan pada poros dan tuas pembebanan lalu mendesain *pin on cylinder* menggunakan *solidwork* dan fabrikasi alat. Berikut *Pin On Cylinder* yang telah dirakit secara utuh dengan komponen-komponennya yang dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. *Pin On Cylinder*

Pin on cylinder terdiri dari beberapa komponen utama yang telah dirancang menggunakan *solidwork*. Berikut ini merupakan komponen yang di fabrikasi sesuai rancangan 3D yang sudah di buat pada *software solidworks* pada Gambar 10 sampai Gambar 13.



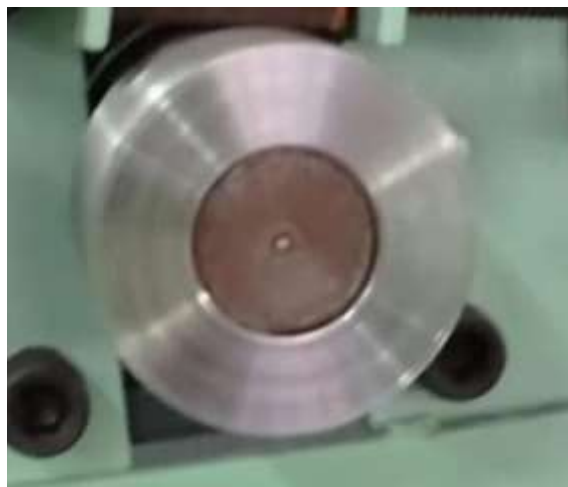
Gambar 10. Hasil Pembuatan Rangka



Gambar 11. Poros



Gambar 12. Tuas Pembebanan



Gambar 13. Cylinder

3.4 Hasil *Test Run Pin On Cylinder*

Hasil test run ini akan menunjukkan bahwa nilai RPM akan Tetap konsisten pada kondisi terbeban (*loaded*) maupun tanpa beban.

3.4.1 Kondisi *Test Run* Tanpa Beban



Gambar 14 Hasil *Test Run* Tanpa Beban

Pada gambar 14 dapat dilihat bahwa poros berputar secara konstan pada kecepatan 611,1 rpm disini terdapat deviasi 11,1 rpm dari perancangan.

3.4.2 Kondisi *Test Run* Dengan Beban

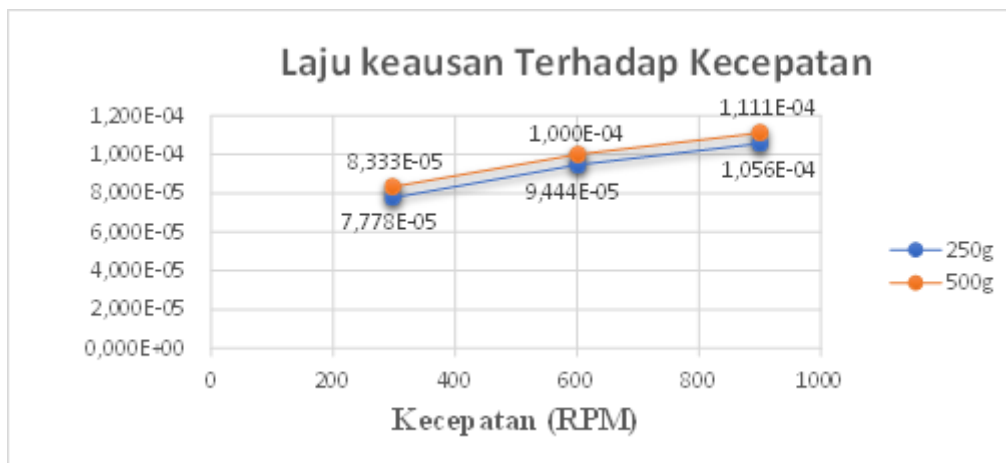


Gambar 15. Hasil *Test Run* dengan Beban

Pada gambar 15 dapat dilihat bahwa putaran poros sedikit mengalami penurunan 4,8 RPM namun putaran tetap memenuhi rancangan tidak berputar dibawah RPM yang akan digunakan untuk pengujian.

3.5 Hasil Pembahasan Data Pengujian

Berdasarkan data hasil pengujian yang didapat dengan bahan uji kampas rem dengan menggunakan 3 variabel kecepatan 300, 600, 900 RPM dapat dibuat sebagai berikut yang terdapat pada gambar 16.

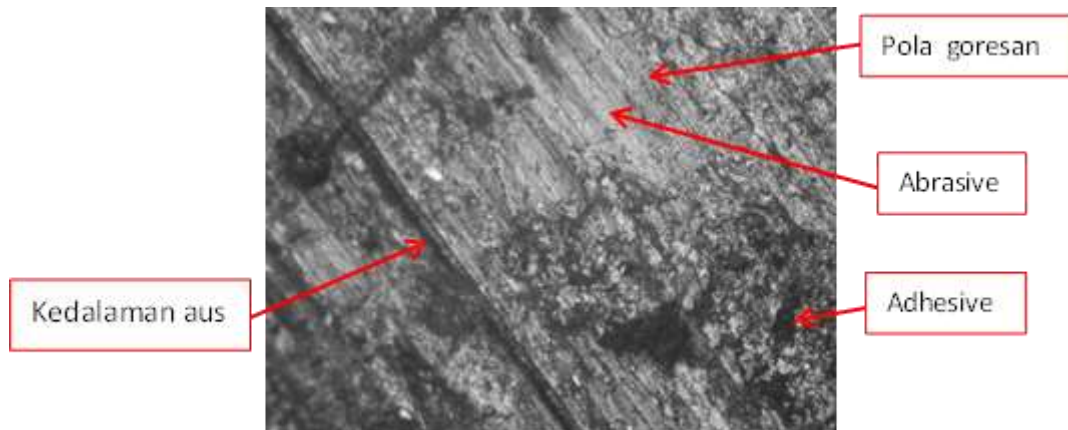


Gambar 16. Grafik Laju Keausan Terhadap Kecepatan Pada Beban 250g dan 500g

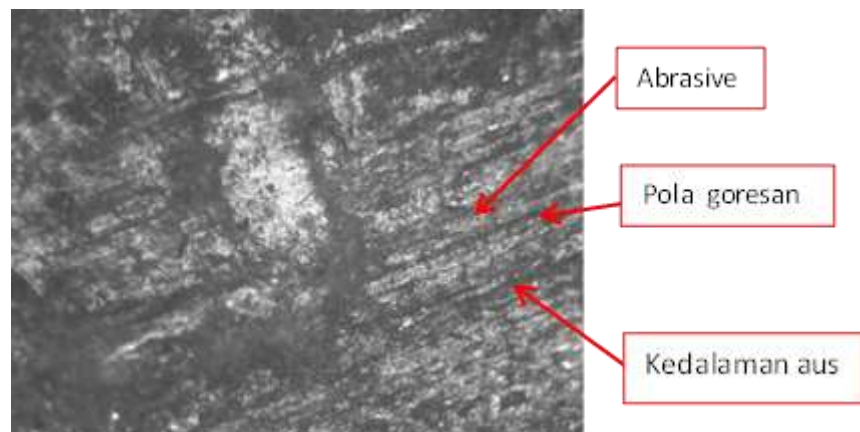
Gambar 16 menunjukkan bahwa laju keausan berbanding lurus dengan kecepatan putaran, semakin besar kecepatan yang diberikan, semakin besar pula nilai laju keausan material. Perubahan grafik laju keausan terlihat linier. Dimulai dari kecepatan 300 rpm hingga kecepatan 900 rpm tren grafik selalu naik. Pada kecepatan 300 rpm dengan beban 250g didapat nilai keausan adalah $7,778 \times 10^{-5}$ gram/detik dan pada kecepatan 300 rpm dengan beban 500g didapat nilai laju keausan $8,333 \times 10^{-5}$ gram/detik. Grafik pada beban 250 dengan kecepatan 600 rpm laju keausan mengalami kenaikan yaitu $9,444 \times 10^{-5}$ gram/detik dan juga pada beban 500g dengan kecepatan 600 rpm laju keausan mengalami kenaikan yaitu $1,000 \times 10^{-4}$ gram/detik sama halnya dengan percobaan pada kecepatan 300 rpm dan 600 rpm, pada beban 250g dengan kecepatan 900 rpm laju keausan mengalami

kenaikan yaitu 1.056×10^{-4} gram/detik dan pada beban 500g dengan kecepatan 900 rpm laju keausan mengalami kenaikan yaitu $1,111 \times 10^{-4}$ gram/detik. Secara teoritis, nilai laju keausan akan semakin besar dengan semakin besarnya nilai kecepatan yang diberikan.

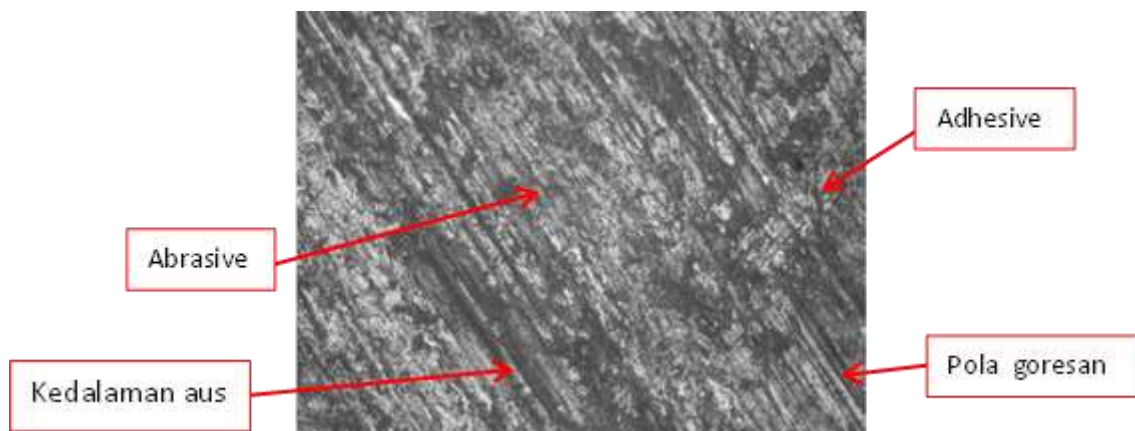
3.6 Hasil Foto Mikro Pengujian



Gambar 17. Hasil Foto Mikro Dengan Perbesaran 100x Untuk Variasi Kecepatan 300 rpm



Gambar 18. Hasil Foto Mikro Dengan Perbesaran 100x Untuk Variasi Kecepatan 600 rpm



Gambar 19. Hasil Foto Mikro Dengan Perbesaran 100x Untuk Variasi Kecepatan 900 rpm

Dari hasil foto mikro pembesaran 100 kali, lama pengujian 30 menit dengan variasi kecepatan 300 rpm , 600 rpm dan 900 rpm dapat dilihat adanya pola goresan yang searah pada permukaan kampas rem. Kesamaan pola keausan yang terbentuk pada permukaan kampas rem hanya berupa keausan abrasi.

Gambar 17 pada saat kecepatan 300 rpm dapat dilihat pola goresan yang terlihat sedikit, dengan dimensi yang lebih lebar. Jarak kerapatan pada goresan lebar, adapun area keausan yang terjadi pada permukaan kampas rem terlihat lebih luas. Untuk kecepatan 600 rpm pola goresan yang terbentuk terlihat lebih sempit dari Gambar 17 untuk kedalaman goresan terlihat lebih dalam dari Gambar 17. Sedangkan pada Gambar 19 kecepatan 900 rpm terjadi pembentukan pola goresan yang rapat daripada gambar a dan b, begitu juga dengan kedalaman keausan yang terlihat jauh lebih dalam.

Apabila dibandingkan foto mikro permukaan kampas dari ketiga variasi kecepatan yang diberikan, maka dapat disimpulkan bahwa keausan yang dominan terbentuk dari gesekan dengan metode abrasif. Dapat juga disimpulkan bahwa semakin besar kecepatan yang diberikan maka pola goresan yang dihasilkan terlihat lebih rapat dengan kedalaman keausan yang terlihat lebih dalam. Jika diperhatikan lebih seksama, dapat dilihat bahwa pada foto mikro permukaan kampas dengan kecepatan 900 rpm, terjadi pembentukan pola goresan yang lebih rapat dengan kedalaman keausan yang terlihat jauh lebih dalam jika di banding dengan keausan pada permukaan kampas dengan kecepatan 600 rpm dan 300 rpm.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Pada rancang bangun alat uji tribologi pin on cylinder ini dapat beberapa kesimpulan bahwa alat yang dirancang telah di *fabrikasi* sesuai dengan desain yang memiliki spesifikasi dengan rangka terbuat dari besi siku, *cylinder* terbuat dari *stainless steel*, tuas pembebanan terbuat dari pipa baja seamless. Berdasarkan hasil pengujian menggunakan material kampas rem disimpulkan bahwa nilai laju keausan semakin besar seiring bertambahnya nilai kecepatan *cylinder* yang berputar searah jarum jam.

4.2 Saran

Penulis menyadari masih banyak kekurangan pada proyek rancang bangun ini dikarenakan keterbatasan biaya dan waktu penelitian. Beberapa saran yang dapat lebih mengoptimalkan dan mengembangkan alat tribometer *pin on cylinder* adalah dalam melakukan perancangan disarankan menggunakan alat yang presisi agar mendapat data hasil yang presisi dan Untuk penulis yang ingin melanjutkan penelitian tentang pin on cylinder untuk mengembangkan alat uji pin on cylinder agar lebih sempurna.

DAFTAR PUSTAKA

- Chen, Z., J. Hillairet, V. Turq, Y. Song, Q. Yang, G. Lombard, K. Vulliez, et al. 2017. "Multifunctional Tribometer Development and Performance Study of CuCrZr-316L Material Pair for ITER Application." *Tribology International* 116 (July): 208–16. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2017.07.024>.
- EL-Tayeb, N. S.M., and K. W. Liew. 2009. "On the Dry and Wet Sliding Performance of Potentially New Frictional Brake Pad Materials for Automotive Industry." *Wear* 266 (1–2): 275–87. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2008.07.003>.
- Ahmad Taufik, D. I. S., 2017. Analisa Keausan Kampas Rem Pada Disc Brake Dengan Variasi Kecepatan. Volume III, pp. 78-83.
- Dr. Ir. Akhmad Herman Yuwono, M., 2009. Buku Panduan Praktikum Karakterisasi Material 1 Pengujian Merusak (Destructive Testing). s.l.:s.n.
- Gatot Soebiyakto, 2020. Pengaruh Jenis Kanvas Rem Dan Pembebanan Pedal Terhadap Putaran Output Roda Dan Laju Keausan.
- R.S. KHURMI, J.K. GUPTA, 2005. A TEXT BOOK OF MACHINE DESIGN. 1st ed. Ram Nagar, New Delhi: Eurasia Publishing House (Pvt.) Ltd..
- sukanto, 2012. Analisis Keausan Kampas Rem Pada Sepeda Motor. pp. 31-39.
- Ginting, Muchtar, Moch Yusuf, and Reza Adhika Prasetyo. 2018. "Analisa Koefisien Gesek Pelumas Mesin Multi Grade." *Jurnal Austenit* 10 (2): 61–66.
- Jamari, J. 2006. "Running-in of Rolling Contacts." Thesis, 184.
- Liew, K. W., and Umar Nirmal. 2013. "Frictional Performance Evaluation of Newly Designed Brake Pad Materials." *Materials and Design* 48: 25–33. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2012.07.055>.
- Mohan, C. B., C. Divakar, K. Venkatesh, K. Gopalakrishna, K. S. Mahesh Lohith, and T. N. Naveen. 2009. "Design and Development of an Advanced Linear Reciprocating Tribometer." *Wear* 267 (5–8): 1111–16. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2009.01.047>.
- PARTAMA, PUTRA. 2020. "Rancang Bangun Alat Uji Keausan (Tribometer) Dengan Penggerak Motor Tipe Xd – 135." *Jurnal Surya Teknik* 7 (2): 172–81. <https://doi.org/10.37859/jst.v7i2.2385>.
- Ramadhan, Adzan. 2015. "Analisis Perbandingan Tribometer Types Dengan Variasi Material - Review." *Jurnal Rekayasa Mesin* 6 (2): 107–10. <https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2015.006.02.3>.
- Singh, Harvinder, Anoop Kumar Singh, Yogesh Kumar Singla, and Kashidas Chattopadhyay. 2020. "Design & Development of a Low Cost Tribometer for Nano Particulate Lubricants." *Materials Today: Proceedings* 28 (xxxx): 1487–91. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.04.826>.
- Sirojulmuminin, Asad, Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu, Buana Jakarta, and Static Analysis. 2022. "PERENCANAAN DESAIN TRIBOMETER TIPE PIN ON DISK TEST BERSTANDAR ASTM G-99
- Straffelini, Giovanni, Piyush Chandra Verma, Ibrahim Metinoz, Rodica Ciudin, Guido Perricone, and Stefano Gialanella. 2016. "Wear Behavior of a Low Metallic Friction Material Dry Sliding against a Cast Iron Disc: Role of the Heat-Treatment of the Disc." *Wear* 348–349: 10–16. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2015.11.020>.
- Summers-Smith, D. 1983. *Industrial Tribology*. *Tribology International*. Vol. 16. [https://doi.org/10.1016/0301-679x\(83\)90075-0](https://doi.org/10.1016/0301-679x(83)90075-0).

- Syafa'at, Imam, Abdul Khalim, and Darmanto Darmanto. 2019. "Analisa Keausan Disc Besi Cor Dengan Metode Matematika Sederhana Menggunakan Tribometer Pin-on-Disc Tanpa Pelumas." *Jurnal Ilmiah Momentum* 15 (1). <https://doi.org/10.36499/jim.v15i1.2665>.
- Tiandho, Yuant. 2018. "Miskonsepsi Gaya Gesek Pada Mahasiswa Frictional Force Misconceptions on Undergraduate Student" 4 (1): 1–9. <https://doi.org/10.2572/jpfk.v4i1.1814>.