

ANALISA KARAKTERISTIK MINYAK PELUMAS JENIS 15W-40 PRODUK DALAM NEGERI MENGGUNAKAN TRIBOMETER *PIN-ON-RING*

Muhammad Khafidh¹
khafidh@uii.ac.id
Universitas Islam Indonesia

Jamari²
i.jamari@gmail.com
Universitas Diponegoro

ABSTRAK

Kemampuan mesin dalam mempertahankan performa terhadap penggunaan berulang merupakan salah satu hal penting dalam perancangan permesinan. Gesekan antar komponen mesin yang saling kontak menjadi fenomena yang sering menyebabkan penurunan performa dari mesin. Hal itu disebabkan oleh terjadinya aus pada komponen yang saling kontak tersebut. Salah satu cara yang efektif untuk mengurangi keausan komponen adalah dengan memberikan pelumas. Minyak pelumas mempunyai karakteristik yang berbeda-beda disesuaikan dengan penggunaan dan kondisi lingkungannya. Kurva Stribeck merupakan kurva hubungan antara koefisien gesekan dan *lubrication number* yang dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik dari minyak pelumas. Pelumas jenis 15W-40 merupakan salah satu jenis pelumas yang cocok digunakan di iklim tropis seperti di Indonesia. Penelitian ini akan difokuskan pada analisa kurva Stribeck pelumas jenis 15W-40 produk dalam negeri menggunakan tribometer *pin-on-ring*. Pengujian dilakukan dari kecepatan 2-250 rpm dengan temperatur dikondisikan 40°C, beban yang diberikan 100 N, dan viskositas yang digunakan 0,09924 Pa.s. Penelitian dilakukan selama kondisi *running-in*, yaitu dari kondisi awal sampai kondisi tunak (*steady state*). Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kondisi *running-in* terjadi sampai pada pengujian keenam. Semakin besar kecepatan yang diberikan, maka koefisien gesek yang dihasilkan semakin kecil. *Regime* yang terbentuk dalam kurva Stribeck pada penelitian ini adalah *boundary lubrication* dan *mixed lubrication*.

Kata Kunci: koefisien gesek, kurva Stribeck, *running-in*, dan tribometer *pin-on-ring*.

1. Pendahuluan

Dalam perancangan permesinan, salah satu hal yang penting adalah sampai sejauh mana mesin tersebut akan bertahan terhadap penggunaan yang berulang dalam kurun waktu tertentu. Banyak faktor yang mempengaruhi hal tersebut, salah satu faktor yang paling berpengaruh terhadap lamanya suatu mesin mempertahankan performanya adalah aus yang terjadi pada komponen-komponen yang berkontak [1]. Cara yang dapat dilakukan untuk mengurangi keausan pada material yang berkontak adalah dengan memberikan pelumas. Fungsi utama pelumas adalah untuk memberikan perlindungan untuk bagian yang bergerak sehingga mengurangi gesekan dan keausan material. Pelumas digunakan dalam hampir setiap alat mekanis, seperti mesin mobil, termasuk piston dan roda gigi [2].

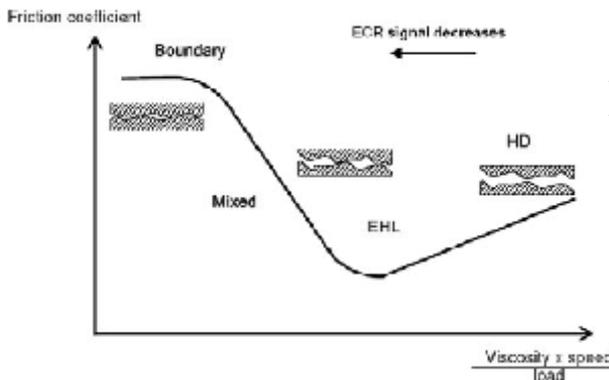
Untuk mengetahui baik atau tidaknya pelumas dapat dilakukan dengan analisa pada kurva Stribeck [1]. Kurva Stribeck adalah hubungan antara koefisien gesek dengan *lubrication number* yang terdiri dari viskositas, kecepatan dan beban [3]. Pada Gambar 1 menunjukkan kurva Stribeck dimana pada sumbu vertikal adalah koefisien gesek, sedangkan sumbu horizontal menunjukkan parameter yang menggabungkan variabel viskositas fluida, kecepatan, dan beban yang

diberikan. Secara garis besar fase pelumasan dalam kurva Stribeck dibagi menjadi tiga yaitu; (1) *Boundary lubrication regime* terjadi ketika lapisan pelumas belum terbentuk secara sempurna. Dalam regime ini koefisien gesek yang terjadi relatif besar. (2) *Mixed Lubrication regime* terjadi ketika lapisan pelumas sudah terbentuk sempurna sehingga kontak antara dua material dilapisi oleh pelumas. Dalam *regime* ini terjadi penurunan koefisien gesek yang drastis. (3) *Hydrodynamic lubrication regime* terjadi ketika lapisan pelumas menjadi semakin tebal. Hal ini mengakibatkan koefisien gesek kembali meningkat yang disebabkan oleh efek tahanan dari lapisan pelumas [4]. Kurva Stribeck dapat dihasilkan dengan melakukan pengujian menggunakan alat tribometer..

Fase *running-in* adalah fase sementara, terjadi ketika dua buah permukaan material yang masih baru (belum rusak) saling berkontak [5]. Topografi permukaan material yang masih baru mempunyai permukaan yang kasar jika dilihat dengan perbesaran skala mikro atau nano. Selama fase *running-in*, akan menghasilkan perubahan topografi permukaan, gesekan dan keausan pada kedua permukaan material yang berkontak. Perubahan tersebut awalnya dalam jumlah besar yang kemudian menjadi sedikit sampai akhirnya menjadi

relatif tetap. Perubahan yang terjadi mulai dari kondisi awal menuju tetap atau kondisi tunak (*steady state*) disebut sebagai *running-in* [6].

pelumas dapat bertahan pada kondisi -20°C sampai 150 °C [2].

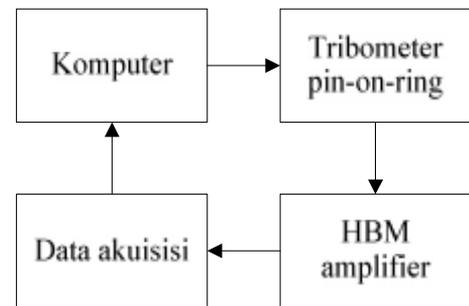


Gambar 1. Kurva Stribeck [1].

2.2. Metode pengujian

Penelitian ini menggunakan alat tribometer *pin-on-ring*. Dalam penggunaannya, tribometer *pin-on-ring* akan dikontrol oleh komputer untuk mengatur beberapa parameter dalam penelitian ini. Hasil eksperimen dalam tribometer menghasilkan sinyal yang akan dikuatkan oleh HBM amplifier untuk kemudian diolah oleh Daqbook data akuisisi. Data akhir dari eksperimen akan dapat dibaca oleh komputer yang kemudian akan diolah. Gambar 2 menunjukkan skema kerja alat yang digunakan dalam penelitian ini.

Padapenelitianiniandifokuskanpada pengujian karakteristik koefisien gesek minyak pelumas jenis SAE 15W-40 produk dalam negeri. Dalam penelitian ini viskositas fluida dan tekanan dijaga konstan, sehingga akan menghasilkan kurva Stribek hubungan koefisien gesek (*f*) dan kecepatan(*v*). Alat yang digunakan dalam pengujian ini adalah tribometer jenis *pin-on-ring*.



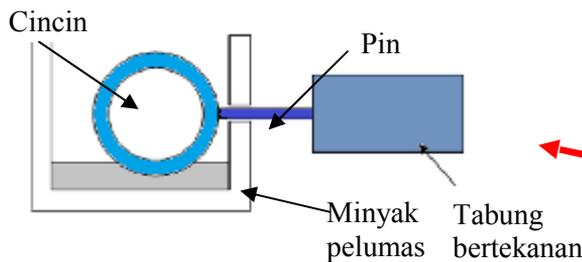
Gambar 2. Skema kerja alat.

2. Metodologi

2.1. Material

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah pin AISI 52100 dengan kekasaran $0,234 \cdot 10^{-6}$ m, cincin AISI 52100 dengan kekasaran $0,007 \cdot 10^{-6}$ m, dan minyak pelumas SAE 15W-40 produksi dalam negeri. Arti dari kode minyak pelumas 15W-40 adalah minyak pelumas mempunyai *multigrade* viskositas, yaitu pada kondisi dingin dan panas. Saat kondisi dingin ditunjukkan dengan kode 15 pada W (*winter*) dan kondisi panas ditunjukkan dengan kode 40. Dalam material ini, minyak

Skema kontak yang digunakan dalam alat tribometer *pin-on-ring* ini adalah kontak antara pin yang diberikan gaya tekan dan cincin yang berotasi dengan kecepatan putar yang dapat divariasikan. Minyak pelumas yang diuji diletakkan dalam *experiment chamber*, dimana minyak pelumas tersebut akan melapisi kontak antara pin dan cincin. Gambar 3 menunjukkan skema kontak pada alat tribometer *pin-on-ring*.



Gambar 3. Skema kontak pada alat tribometer *pin-on-ring*.

Dalam penelitian ini menggunakan tekanan konstan 100N, sedangkan viskositas pelumas dijaga konstan dengan

mengkondisikan temperatur pelumas sebesar 40°C. Kecepatan yang diberikan bervariasi antara 2-250 rpm pada 13 titik

kecepatan yaitu 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 230, dan 250 rpm. Setiap titik kecepatan menghasilkan 47 data gaya gesek (F_w) dan koefisien gesek (f). Dari 47 data yang didapat, kemudian dirata-rata sehingga menghasilkan gaya gesek rata-rata ($\overline{F_w}$), dan koefisien gesek rata-rata (\overline{f}). Koefisien gesek didapatkan dari persamaan berikut [3]:

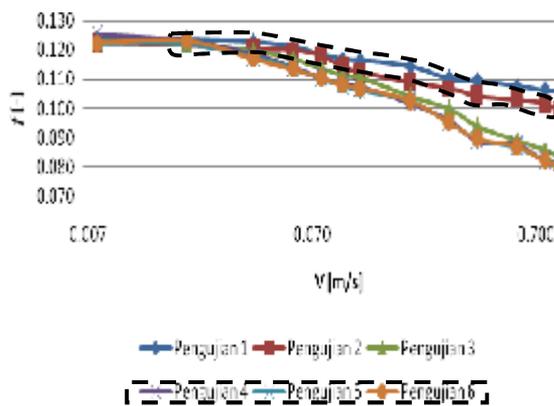
$$f = \frac{F_w}{F_n} \tag{1}$$

Pengujian dilakukan secara urut dan kontinyu, artinya pengujian dimulai dari pengujian pertama dengan kecepatan 2-250 rpm kemudian dilanjutkan dengan pengujian kedua dari kecepatan 2-250 rpm dan seterusnya. Dari setiap pengujian didapatkan satu plot kurva Stribeck. Pengujian berhenti setelah didapatkan kurva Stribeck dalam kondisi *steady state* atau selesai fase *running-in*. Dalam setiap pengujian dilakukan tanpa mengganti material minyak, cincin, dan pin.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil

Dari penelitian didapatkan bahwa fase *running-in* selesai setelah pengujian keenam. Hal ini dikarenakan dari pengujian keempat sampai keenam menunjukkan kurva Stribeck yang cenderung konstan. Perbandingan hasil antara pengujian pertama sampai keenam dapat dilihat dalam Gambar 4. Dari Gambar 4 terlihat bahwa setiap pengujian



Gambar 4. Kurva Stribeck dari pengujian pertama-keenam.

Dalam kontak yang berulang, kekasaran permukaan material akan semakin kecil

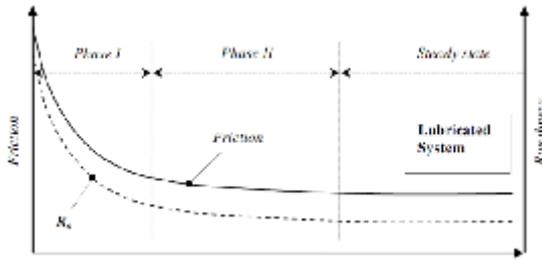
mempunyai kecenderungan yang sama yaitu mempunyai nilai koefisien gesek yang semakin kecil seiring dengan bertambahnya kecepatan yang diberikan. Ketika kecepatan 2-5 rpm, koefisien gesek yang dihasilkan relatif besar dan mempunyai nilai yang relatif sama, hal ini disebabkan lapisan pelumas diantara cincin dan pin belum terbentuk secara sempurna. Dalam teori, keadaan ketika pelumas belum terbentuk secara sempurna disebut *boundary lubrication regime*. Pada kecepatan 10-250 rpm koefisien gesek mengalami penurunan yang cukup drastis atau sudah memasuki *mixed lubrication regime*. Dalam fase ini, lapisan pelumas sudah terbentuk secara sempurna diantara pin dan cincin sehingga gesekan yang ditimbulkan menjadi berkurang drastis.

3.2. Pembahasan

Dari pengujian pertama sampai keenam, kurva Stribeck yang dibentuk menunjukkan tren yang menurun. Kondisi ini akan terus terjadi sampai fase *running-in* berakhir, yaitu ketika kurva Stribeck yang terbentuk cenderung konstan pada setiap pengujian. Pada Gambar 4 menunjukkan fase *running-in* berakhir pada pengujian keenam karena dari pengujian keempat sampai keenam kurva Stribeck yang dihasilkan relatif konstan. Hal ini dapat terjadi karena pada pengujian pertama sampai ketiga masih dalam fase *running-in*. Pada fase ini kekasaran permukaan pada material masih tinggi sehingga koefisien geseknya juga masih tinggi.

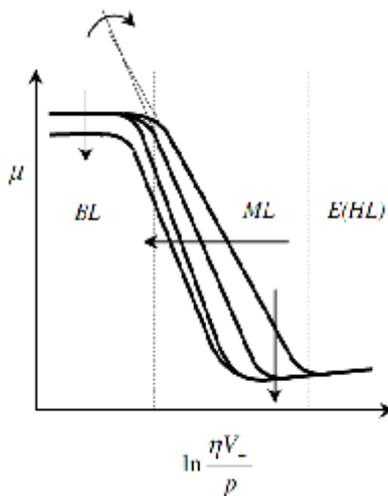
yang diakibatkan oleh aus pada material yang bergesekan, hal ini akan terjadi sampai terbentuk kekasaran permukaan yang konstan. Kekasaran permukaan yang konstan menghasilkan koefisien gesek yang stabil pada setiap pengujian. Gambar 5 menunjukkan hubungan antara gesekan dengan kekasaran permukaan, dimana pada awalnya kekasaran permukaan yang tinggi akan menghasilkan gesekan yang tinggi. Ketika kontak itu terus terjadi maka akan menghasilkan aus yang menjadikan kekasaran permukaan material berkurang. Semakin kecil kekasaran material yang berkontak, maka gesekan yang dihasilkan juga semakin kecil. Hal ini akan terjadi sampai kondisi *steady state*

atau kondisi dimana telah melewati fase *running-in*.



Gambar 5. Kurva hubungan gesekan dan kekasaran permukaan [6].

Ketika fase *boundary lubrication regime*, dari pengujian pertama sampai keenam menunjukkan nilai koefisien gesek yang tinggi dan relatif konstan. Ketika memasuki *mixed lubrication regime*, penurunan koefisien gesek yang terjadi berbeda dalam setiap pengujian, dimana nilai koefisien gesek semakin kecil dalam setiap pengujian. Pengujian pertama menunjukkan kurva Stribeck yang paling tinggi, kemudian berturut-turut mengalami penurunan pada pengujian kedua, ketiga dan keempat. Pada pengujian kelima dan keenam, kurva Stribeck yang dihasilkan cenderung sama dengan pengujian keempat. Dengan 3 kali pengujian yang menghasilkan nilai yang relatif sama, maka dapat disimpulkan bahwa pada pengujian keenam sudah berakhir fase *running-in*. Hal ini sesuai dalam teori bahwa pada *mixed lubrication regime*, fase *running-in* mengakibatkan menurunnya nilai dari koefisien gesek. Gambar 6 menunjukkan efek dari *running-in* terhadap kurva Stribeck.



Gambar 6. Efek *running-in* [6].

Berdasarkan hasil pengujian, kurva Stribeck tidak mengalami kenaikan koefisien gesek setelah penurunan yang drastis. Hal ini menunjukkan bahwa fase *hydrodynamic lubrication* tidak terjadi dalam penelitian ini. Dalam kecepatan putar 2-250 rpm hanya didapatkan fase *boundary lubrication* dan *mixed lubrication*.

4. Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa koefisien gesek akan mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya kecepatan dengan tekanan dan viskositas yang dijaga konstan. Kurva Stribeck yang dihasilkan pada setiap pengujian menunjukkan hasil yang berbeda. Kurva Stribeck mengalami penurunan koefisien gesek pada setiap pengujian sampai didapatkan kondisi kurva Stribeck yang *steady state*. Kurva Stribeck yang *steady state* menunjukkan akhir dari fase *running-in*.

Fase *running-in* berakhir pada pengujian keenam. Koefisien gesek minyak pelumas pada saat akhir fase *running-in* dari kecepatan 2-250 rpm berturut-turut adalah 0,122; 0,123; 0,117; 0,113; 0,110; 0,107; 0,106; 0,102; 0,095; 0,089; 0,086; 0,082; 0,080; 0,079. Regime pelumas yang terjadi adalah *boundary lubrication* dan *mixed lubrication*, sedangkan untuk *hydrodynamic lubrication* tidak terjadi dalam penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Saputra, E. 2012. Pemodelan *Running-in* pada Permukaan Kasar Akibat Kontak *Rolling-Sliding* menggunakan Metode Elemen Hingga. Tesis. Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang.
- [2] Stachowiak, G.W. dan Batchelor A.W. 2005. *Engineering Tribology*. Edisi 3. Butterworth Heinemann. Oxford-United Kingdom.
- [3] Ludema, K.C. 1996. *Friction, Wear, Lubrication*. Edisi 1. CRC Press. New York-USA.
- [4] Schipper, D.J. 1988. *Transitions in the Lubrication of Concentrated Contacts*. Disertasi. University of Twente, Enschede, The Netherland.

- [5] Ismail, R. 2013. *Running-in of Rolling-sliding Contacts*. Disertasi. University of Twente, Enschede, The Netherland.
- [6] Jamari, J. 2006. *Running-in of Rolling Contacts*, Disertasi. University of Twente, Enschede, The Netherland.