

Analisis Pengaruh Variasi Pelumas Sintetik dan Putaran Poros Terhadap Temperatur dan Rugi Energi Pada Sistem Mekanis

Krisna Habibi*, Eko Yudiyanto

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang, Indonesia

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi jenis pelumas sintetik dan kecepatan putaran poros terhadap temperatur kerja dan rugi energi pada sistem bantalan luncur. Metode eksperimen digunakan dengan tiga jenis pelumas sintetik, yaitu semi-sintetik, full-sintetik, dan sintetik ester, yang masing-masing diuji pada tiga tingkat putaran poros: 1500, 2000, dan 2500 rpm. Temperatur diukur menggunakan thermometer digital yang diletakkan pada titik kontak pelumasan, sedangkan rugi energi dihitung menggunakan rumus $W = V \times I \times t$, dengan V adalah tegangan sistem, I arus listrik, dan t waktu pengujian. Hasil menunjukkan bahwa peningkatan putaran poros berbanding lurus dengan kenaikan suhu dan rugi energi. Pelumas semi-sintetik memiliki performa terendah dengan suhu $48,8^{\circ}\text{C}$ dan rugi energi 453,15 kJ pada 2500 rpm, disebabkan oleh kestabilan termal yang rendah dan viskositas tinggi (15,8 cSt). Full-sintetik memberikan performa lebih baik dengan suhu $47,0^{\circ}\text{C}$ dan rugi energi 448,36 kJ. Kinerja terbaik ditunjukkan oleh pelumas sintetik ester yang mencatat suhu terendah $45,3^{\circ}\text{C}$ dan rugi energi paling kecil sebesar 437,76 kJ, karena viskositas rendah (13,6 cSt) dan kestabilan termal tinggi yang menjaga oil film tetap stabil. Dengan demikian, pelumas sintetik ester direkomendasikan untuk aplikasi mekanis berkecepatan tinggi karena mampu menekan rugi energi dan mempertahankan suhu operasi pada tingkat yang lebih efisien.

Kata kunci: Pelumas Sintetik, Putaran Poros, Energi Yang Hilang, Suhu Operasi, Sistem Mekanis

DOI:

<https://doi.org/10.47134/jme.v2i3.4678>

*Correspondence: Krisna Habibi

Email: krisnahabibi1@gmail.com

Received: 23-05-2025

Accepted: 23-06-2025

Published: 23-07-2025



Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstract: This study aims to analyze the effect of varying the type of synthetic lubricant and shaft rotation speed on the working temperature and energy loss of the glide bearing system. The experimental method was used with three types of synthetic lubricants, namely semi-synthetic, full-synthetic, and synthetic ester, each of which was tested at three levels of shaft rotation: 1500, 2000, and 2500 rpm. Temperature was measured using a digital thermometer placed at the lubrication contact point, while energy loss was calculated using the formula $W = V \times I \times t$, where V is the system voltage, I the electric current, and t the test time. The results show that the increase in shaft rotation is directly proportional to the increase in temperature and energy loss. The semi-synthetic lubricant had the lowest performance with a temperature of 48.8°C and energy loss of 453.15 kJ at 2500 rpm, due to its low thermal stability and high viscosity (15.8 cSt). Full-synthetic performed better with a temperature of 47.0°C and an energy loss of 448.36 kJ. The best performance was shown by the ester synthetic lubricant which recorded the lowest temperature of 45.3°C and the least energy loss of 437.76 kJ, due to its low viscosity (13.6 cSt) and high thermal stability which kept the oil film stable. Thus, ester synthetic lubricants are recommended for high-speed mechanical applications as they are able to reduce energy losses and maintain operating temperatures at a more efficient level.

Keywords: Synthetic Lubricants, Shaft Rotation, Energy Dissipated, Operating Temperature, Mechanical Systems

Pendahuluan

Pelumas memiliki peran yang sangat vital dalam sistem mekanis karena kemampuannya dalam mengurangi gesekan antara permukaan logam yang bergerak, mencegah keausan, serta menjaga kestabilan suhu operasi selama kerja mesin berlangsung. Kinerja pelumas sangat bergantung pada karakteristik fisikokimianya, seperti viskositas dan stabilitas termal, yang dapat berpengaruh langsung terhadap efisiensi sistem mekanis. Bantalan luncur sebagai salah satu komponen penting dalam mesin, banyak digunakan pada sistem berputar dengan beban tinggi seperti turbin, generator, dan pompa karena kemampuannya dalam meredam getaran dan usia pakai yang relatif panjang. Namun, dalam operasionalnya, peningkatan kecepatan poros sering menyebabkan peningkatan suhu sistem akibat gesekan yang lebih besar, yang secara langsung mempengaruhi efisiensi energi.

Dalam banyak penelitian, pelumas sintetik menunjukkan performa yang lebih baik dibanding pelumas mineral, terutama dalam hal kestabilan terhadap suhu tinggi dan kemampuan menjaga ketebalan film pelumas. Namun, masih terdapat keterbatasan dalam studi yang secara khusus mengevaluasi dan membandingkan performa beberapa jenis pelumas sintetik – seperti semi-sintetik, full-sintetik, dan sintetik ester – dalam kondisi variasi putaran poros pada sistem bantalan luncur. Hal ini menimbulkan kebutuhan untuk memperluas pemahaman tentang bagaimana sifat pelumas tersebut memengaruhi suhu kerja dan rugi energi dalam sistem mekanis berkecepatan tinggi.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi jenis pelumas sintetik dan kecepatan putaran poros terhadap temperatur kerja dan rugi energi pada sistem bantalan luncur. Dengan menggunakan metode eksperimental pada tiga variasi kecepatan (1500 rpm, 2000 rpm, dan 2500 rpm) serta tiga jenis pelumas, penelitian ini berupaya mengidentifikasi karakteristik pelumas yang paling efisien dalam menjaga kestabilan termal dan menekan rugi energi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam pemilihan jenis pelumas yang sesuai untuk aplikasi mekanik berkecepatan tinggi, serta menjadi dasar bagi perancangan sistem pelumasan yang lebih efisien di lingkungan industri.

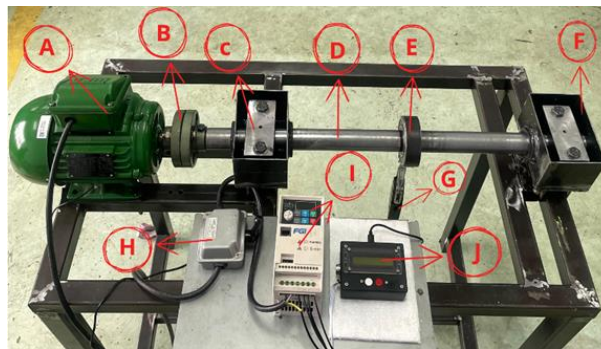
Secara signifikan, penelitian ini juga memberikan sumbangan terhadap pengembangan ilmu tribologi dan efisiensi energi sistem mekanis, sejalan dengan temuan sebelumnya oleh Utami et al. (2020) dan Silaban (2011) yang mengungkapkan bahwa viskositas pelumas yang lebih rendah dapat meningkatkan efisiensi termal dan menurunkan konsumsi energi. Selain itu, karakteristik kimia pelumas sintetik ester seperti daya lekat tinggi dan kestabilan molekulnya menjadikan jenis pelumas ini sangat potensial digunakan dalam kondisi kerja ekstrem (Jayyid, 2024). Dengan demikian, penelitian ini menutup celah kajian sebelumnya dengan memberikan data eksperimental yang lebih komprehensif terkait hubungan antara jenis pelumas, suhu kerja, dan rugi energi dalam sistem pelumasan bantalan luncur.

Metodologi

Penelitian ini termasuk eksperimen kuantitatif. Jenis penelitian ini dilakukan dengan cara mengukur perubahan parameter (temperatur dan energi yang hilang) pada sistem mekanik menggunakan bantalan luncur, dengan variasi pelumas sintesis dan putaran poros yang berbeda.

Metode Pengambilan Data

Metode pengambilan data adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Set Up Mesin

- | | |
|---------------------------------------|--|
| a. Motor AC | h. Cam Starter |
| b. Kopling Fleksibel | i. Inverter |
| c. Bantalan Luncur dan <i>Housing</i> | j. Sensor Ampere Digital |
| d. Poros | k. Thermometer |
| e. <i>Ball Bearing</i> | l. Tachometer |
| f. Tangki Pelumas | m. Pelumas Semi, Full dan Ester Sintetik |
| g. Timbangan Pegas | |

Pengambilan data dilakukan menggunakan sebuah sistem mekanik yang terdiri dari motor AC 3 fasa dengan daya 1HP (A) sebagai sumber penggerak utama. Motor ini dihubungkan dengan poros baja (D) melalui kopling fleksibel (B). Poros memiliki diameter 38 mm dan panjang 800 mm, serta ditopang oleh dua buah bantalan luncur yang masing-masing memiliki *pillow block* (C). Kedua bantalan ini dilumasi dengan pelumas uji sesuai variasi yang telah ditentukan, yaitu pelumas sintetik ester, semi-sintetik, dan pelumas full sintetik. Pelumasan dilakukan dengan cara menuangkan pelumas pada tangki pelumas (F) hingga bantalan terkena pelumas dengan sempurna.

Sebelum pengujian, sistem dijalankan selama 1–2 menit untuk memastikan kondisi awal stabil. Setelah itu, motor dinyalakan terlebih dahulu menggunakan *cam starter* (H) untuk memulai putaran awal sistem secara bertahap. Selanjutnya, putaran poros diatur menggunakan inverter (I) pada kecepatan 1500, 2000, dan 2500 rpm sesuai variasi pengujian. Untuk memastikan kecepatan putar poros sesuai dengan nilai yang diinginkan, digunakan tachometer sebagai alat pengukur putaran aktual pada setiap sesi pengujian. Hal

ini bertujuan agar data yang diperoleh benar-benar merepresentasikan kondisi pengujian yang valid dan konsisten.

Untuk pengukuran temperatur, digunakan dua buah thermometer digital yang probenya diletakkan langsung di bagian atas rumah bantalan, tepat pada titik kontak antara pelumas dan permukaan bantalan. Pengukuran dilakukan setiap menit selama durasi pengujian berlangsung, yaitu 15 menit untuk setiap kombinasi pelumas dan kecepatan putar. Temperatur diukur pada dua titik, yaitu bantalan sisi motor dan bantalan sisi ujung poros, guna membandingkan distribusi panas pada sistem. Selain pengukuran suhu, dilakukan juga pencatatan nilai arus listrik (ampere) yang dikonsumsi oleh motor menggunakan sensor ampere yang sudah dibuat digital (J). Dikarenakan 3 fasa maka alat ini disambungkan pada 3 jalur input motor untuk mencatat arus yang dibutuhkan lalu dirata-ratakan saat sistem bekerja. Arus digunakan sebagai indikator terjadinya rugi energi akibat gesekan yang timbul selama proses pelumasan berlangsung.

Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini menghasilkan data utama berupa temperatur kerja sistem mekanik dan energi yang hilang, yang dalam hal ini direpresentasikan melalui konsumsi arus listrik pada setiap variasi pengujian. Pengujian dilakukan dengan menggunakan tiga jenis pelumas berbeda yang masing-masing memiliki karakteristik viskositas dan bahan dasar yang berbeda, sehingga diharapkan dapat memberikan pengaruh yang bervariasi terhadap performa sistem. Setiap jenis pelumas diuji pada tiga tingkat putaran poros yang berbeda. Untuk melihat bagaimana perubahan kecepatan rotasi memengaruhi temperatur dan rugi energi pada sistem mekanik. Data yang diperoleh kemudian direkapitulasi untuk memberikan gambaran perbandingan kinerja masing-masing pelumas pada setiap tingkat putaran poros. Melalui pendekatan ini, penelitian tidak hanya memfokuskan pada perbedaan temperatur yang dihasilkan oleh setiap pelumas, tetapi juga menganalisis hubungan antara kenaikan suhu, kestabilan pelumasan, dan besarnya konsumsi arus listrik sebagai indikasi rugi energi yang terjadi. Rekapitulasi hasil ini menjadi dasar dalam menarik kesimpulan mengenai pengaruh karakteristik pelumas terhadap efisiensi mekanik dan kestabilan termal pada sistem dengan penggunaan bantalan luncur.

Hasil Data Eksperimen

Berikut adalah rekapitulasi hasil pengujian dari tiga jenis pelumas, masing-masing diuji pada tiga tingkat putaran poros.

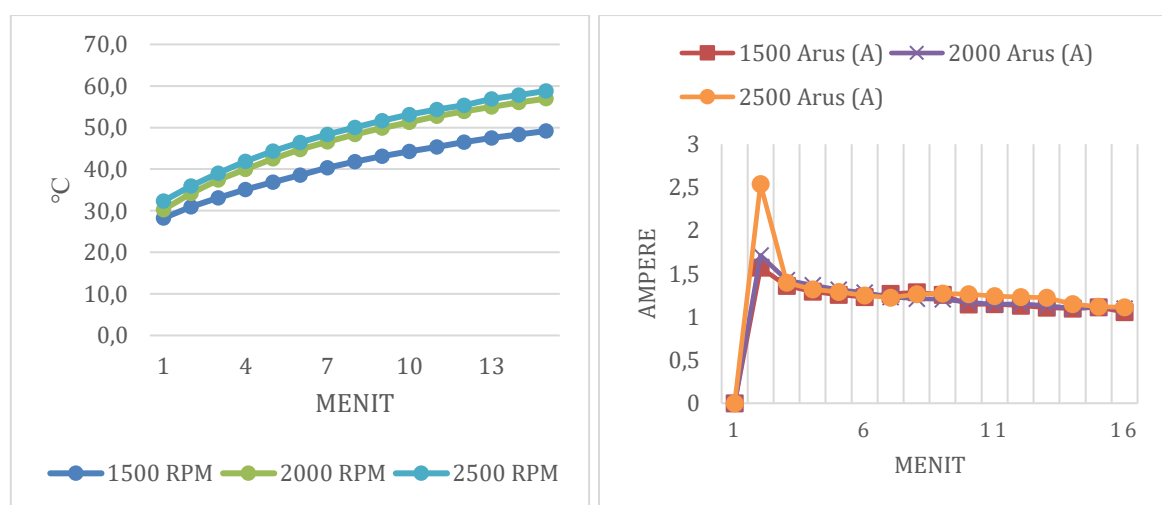
a) Data Pelumas semi sintetik

Tabel 1. Data Per Menit

| Kecepatan | 1500 rpm | | 2000 rpm | | 2500 rpm | | |
|------------------|-----------------|----------|-----------------|----------|-----------------|----------|-------|
| | Temperatur (C°) | Arus (A) | Temperatur (C°) | Arus (A) | Temperatur (C°) | Arus (A) | |
| waktu (menit) | 0 | 0 | 0,000 | 0 | 0 | 0 | |
| | 1 | 28,2 | 1,570 | 30,3 | 1,712 | 32,4 | 2,537 |
| | 2 | 31,0 | 1,361 | 34,2 | 1,427 | 36,0 | 1,396 |
| | 3 | 33,1 | 1,293 | 37,4 | 1,367 | 39,1 | 1,319 |

| Kecepatan Output | 1500 rpm | | 2000 rpm | | 2500 rpm | |
|---------------------|--------------------|----------|--------------------|-------------|--------------------|----------|
| | Temperatur (C°) | Arus (A) | Temperatur (C°) | Arus (A) | Temperatur (C°) | Arus (A) |
| 4 | 35,1 | 1,257 | 40,0 | 1,314 | 41,9 | 1,289 |
| 5 | 36,9 | 1,229 | 42,5 | 1,281 | 44,3 | 1,247 |
| 6 | 38,6 | 1,267 | 44,7 | 1,230 | 46,4 | 1,221 |
| 7 | 40,3 | 1,287 | 46,6 | 1,211 | 48,4 | 1,263 |
| 8 | 41,8 | 1,256 | 48,3 | 1,202 | 50,1 | 1,272 |
| 9 | 43,1 | 1,144 | 49,9 | 1,169 | 51,7 | 1,261 |
| 10 | 44,3 | 1,148 | 51,3 | 1,145 | 53,1 | 1,241 |
| 11 | 45,4 | 1,128 | 52,7 | 1,152 | 54,4 | 1,229 |
| 12 | 46,5 | 1,108 | 53,9 | 1,129 | 55,4 | 1,222 |
| 13 | 47,5 | 1,098 | 55,0 | 1,099 | 56,9 | 1,147 |
| 14 | 48,3 | 1,110 | 56,0 | 1,110 | 57,8 | 1,117 |
| 15 | 49,2 | 1,056 | 57,0 | 1,097 | 58,8 | 1,112 |

Data yang ditampilkan dalam tabel menunjukkan adanya kecenderungan peningkatan temperatur dan konsumsi arus listrik secara bertahap seiring dengan berjalannya waktu pengujian pada seluruh variasi kecepatan putaran poros. Kenaikan temperatur dan arus ini mencerminkan adanya peningkatan beban gesekan di dalam sistem, yang secara langsung memengaruhi besarnya energi listrik yang dibutuhkan selama pengoperasian. Pada kecepatan tertinggi, yaitu 2500 rpm, tercatat bahwa suhu sistem mencapai titik maksimum sebesar 58,8°C dan arus listrik meningkat hingga 1,112 Ampere pada menit ke-15. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin tinggi kecepatan rotasi poros, maka gaya gesekan antar komponen bantalan pun turut meningkat. Peningkatan ini disebabkan oleh bertambahnya kecepatan relatif antar permukaan yang saling bersinggungan, sehingga lebih banyak energi mekanis yang dikonversi menjadi panas.



Gambar 2. Grafik Temperatur dan Arus

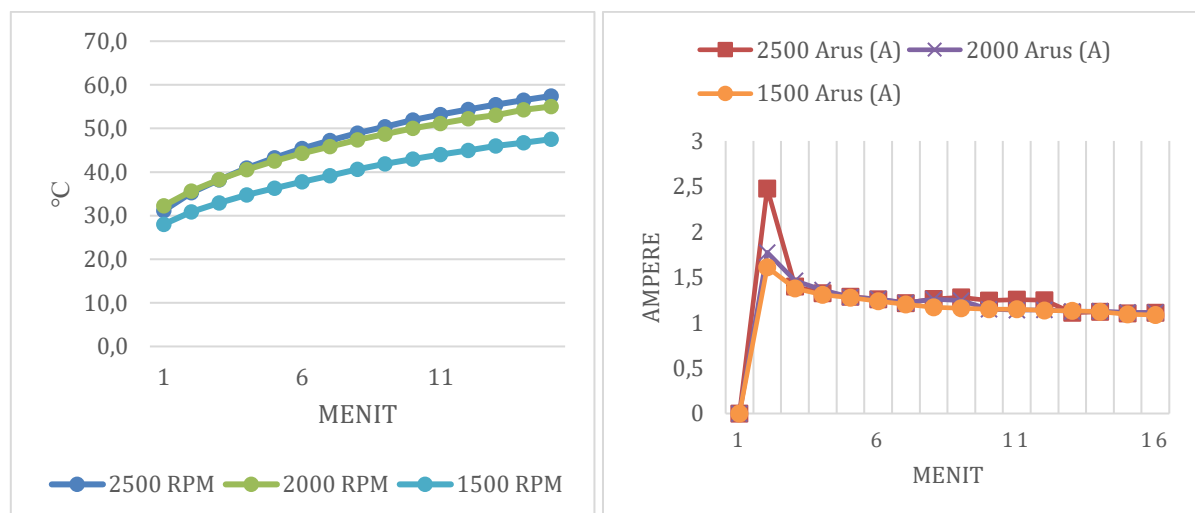
Grafik menunjukkan kenaikan suhu dan arus yang signifikan pada putaran tinggi. Kurva cenderung terus naik tanpa stabilisasi, menandakan pelumas ini kurang mampu mempertahankan oil film pada beban kerja tinggi.

b) Data Pelumas Full Sintetik

Tabel 2. Tabel Data Permenit

| RPM | 2500 | | 2000 | | 1500 | |
|--------|-----------------|----------|-----------------|----------|-----------------|----------|
| Output | Temperatur (C°) | Arus (A) | Temperatur (C°) | Arus (A) | Temperatur (C°) | Arus (A) |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 1 | 31,2 | 2,475 | 32,3 | 1,773 | 28,0 |
| | 2 | 35,3 | 1,397 | 35,6 | 1,462 | 30,8 |
| | 3 | 38,2 | 1,325 | 38,3 | 1,358 | 32,9 |
| | 4 | 40,9 | 1,284 | 40,5 | 1,283 | 34,8 |
| | 5 | 43,3 | 1,257 | 42,6 | 1,259 | 36,3 |
| | 6 | 45,4 | 1,215 | 44,3 | 1,220 | 37,7 |
| waktu | 7 | 47,2 | 1,261 | 45,9 | 1,256 | 39,2 |
| | 8 | 49,0 | 1,277 | 47,4 | 1,244 | 40,6 |
| | 9 | 50,4 | 1,243 | 48,7 | 1,147 | 41,9 |
| | 10 | 52,0 | 1,255 | 50,0 | 1,138 | 43,0 |
| | 11 | 53,2 | 1,245 | 51,2 | 1,142 | 44,0 |
| | 12 | 54,4 | 1,109 | 52,2 | 1,125 | 45,0 |
| | 13 | 55,4 | 1,120 | 53,1 | 1,127 | 46,0 |
| | 14 | 56,5 | 1,104 | 54,3 | 1,114 | 46,8 |
| | 15 | 57,4 | 1,108 | 55,0 | 1,113 | 47,5 |

Data menunjukkan kenaikan suhu dan arus yang cenderung stabil setelah menit ke-10. Pada 2500 rpm, suhu mencapai 57,4°C dengan arus 1,108 A.



Gambar 3. Grafik Temperature Dan Arus Per Menit

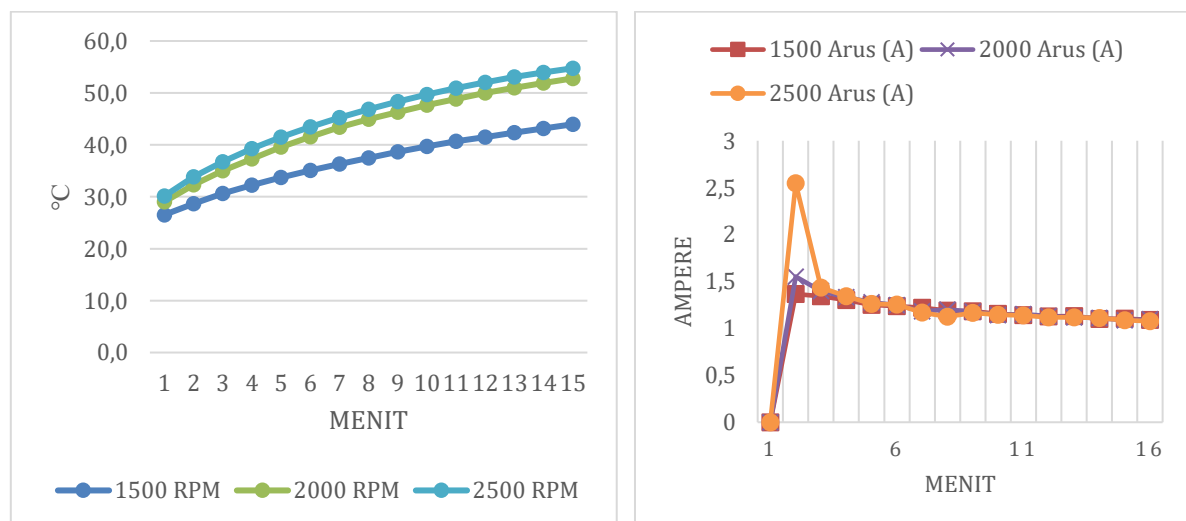
Kurva menunjukkan kenaikan suhu lebih landai dibanding semi sintetik. Meskipun suhu meningkat, arus cenderung stabil setelah menit ke-10, menunjukkan kestabilan pelumasan yang lebih baik.

c) Data Pelumas Sintetik Ester

Tabel 3. Tabel Data Permenit

| RPM | 1500 | | 2000 | | 2500 | | |
|--------|-----------------|----------|-----------------|----------|-----------------|----------|-------|
| | Temperatur (C°) | Arus (A) | Temperatur (C°) | Arus (A) | Temperatur (C°) | Arus (A) | |
| Output | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| waktu | 1 | 26,5 | 1,366 | 29,1 | 1,552 | 30,2 | 2,546 |
| | 2 | 28,7 | 1,344 | 32,3 | 1,397 | 33,9 | 1,434 |
| | 3 | 30,6 | 1,301 | 35,0 | 1,333 | 36,7 | 1,342 |
| | 4 | 32,2 | 1,252 | 37,3 | 1,279 | 39,3 | 1,262 |
| | 5 | 33,8 | 1,238 | 39,6 | 1,247 | 41,5 | 1,255 |
| | 6 | 35,1 | 1,219 | 41,5 | 1,184 | 43,5 | 1,168 |
| | 7 | 36,3 | 1,191 | 43,4 | 1,199 | 45,3 | 1,124 |
| | 8 | 37,5 | 1,182 | 44,9 | 1,179 | 46,9 | 1,167 |
| | 9 | 38,6 | 1,156 | 46,3 | 1,142 | 48,3 | 1,144 |
| | 10 | 39,7 | 1,143 | 47,7 | 1,151 | 49,7 | 1,138 |
| | 11 | 40,7 | 1,129 | 48,9 | 1,133 | 50,9 | 1,118 |
| | 12 | 41,5 | 1,131 | 50,0 | 1,117 | 52,0 | 1,119 |
| | 13 | 42,4 | 1,101 | 51,0 | 1,112 | 53,1 | 1,110 |
| | 14 | 43,2 | 1,105 | 51,9 | 1,088 | 53,9 | 1,089 |
| | 15 | 44,0 | 1,089 | 52,8 | 1,096 | 54,8 | 1,076 |

Temperatur dan arus meningkat perlahan, dengan nilai tertinggi pada 2500 rpm yaitu 54,8°C dan arus 1,076 A. Nilai ini paling rendah dibanding dua pelumas lain, menegaskan keunggulan sintetik ester dalam menahan panas.



Gambar 6. Grafik Temperatur dan Arus

Grafik memperlihatkan kenaikan suhu paling rendah dengan pola yang lebih stabil. Hal ini menunjukkan sintetik ester mampu menjaga viskositas dan mengurangi gesekan secara optimal.

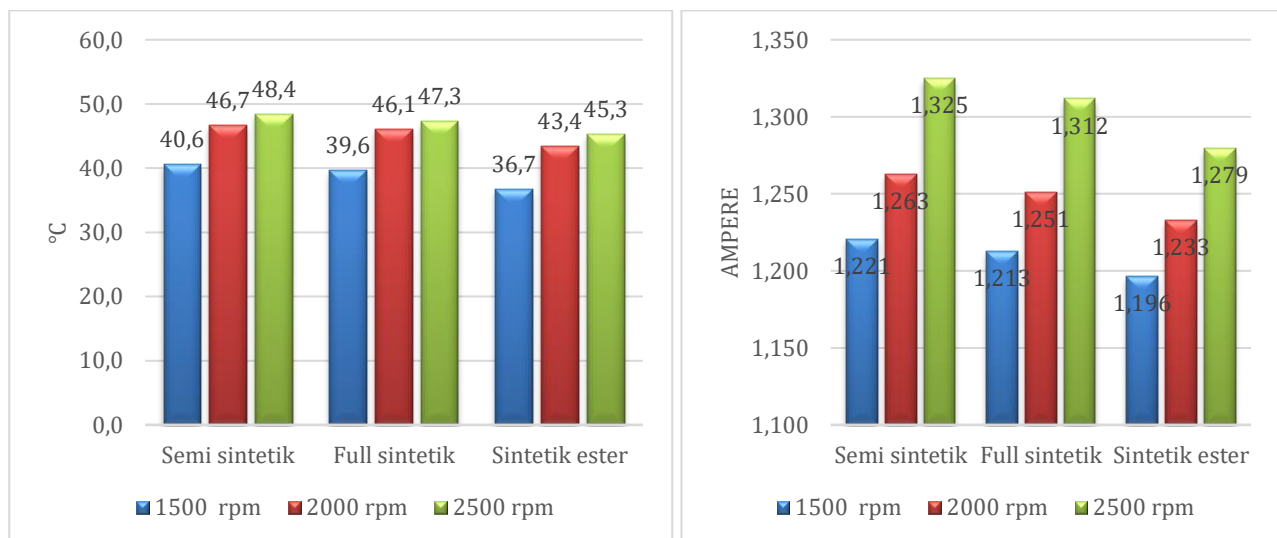
Data Rata-rata Eksperimen

Penelitian ini menghasilkan data rata-rata temperatur dan konsumsi arus listrik berdasarkan pada setiap variasi pelumas dan putaran poros yang diuji. Berikut adalah rekapitulasi hasil pengujian dari tiga jenis pelumas, masing-masing diuji pada tiga tingkat putaran poros.

Tabel 4. Rata-Rata Temperatur Dan Arus 3 Pelumas

| Pelumas/Kecepatan | 1500 Rpm | 2000 Rpm | 2500 Rpm | Pelumas/Kecepatan | 1500 Rpm | 2000 Rpm | 2500 Rpm |
|-------------------|----------|----------|----------|-------------------|----------|----------|----------|
| Semi sintetik | 40,6 C | 46,7 C | 48,4 C | Semi sintetik | 1,221 A | 1,263 A | 1,325 A |
| Full sintetik | 39,6 C | 46,1 C | 47,3 C | Full sintetik | 1,213 A | 1,251 A | 1,312 A |
| Sintetik ester | 36,7 C | 43,4 C | 45,3 C | Sintetik ester | 1,196 A | 1,233 A | 1,279 A |

Tabel 4 merupakan hasil rata-rata dari hasil data permenit. Data permenit dirata-ratakan bertujuan untuk mendapat nilai yang valid.



Gambar 7. Diagram Perbandingan Temperatur dan Arus

Berdasarkan Gambar 7 terlihat bahwa pelumas sintetik ester memiliki nilai rata-rata temperatur terendah pada setiap tingkat putaran poros. Penurunan suhu yang paling signifikan terjadi pada kecepatan 2500 rpm, yang menunjukkan kestabilan termal pelumas jenis ini. Sebaliknya, pelumas semi sintetik mengalami peningkatan temperatur paling tajam seiring naiknya kecepatan putaran, mengindikasikan keterbatasan pelumas tersebut dalam menahan panas pada beban kerja tinggi.

Gambar 7 menunjukkan pola serupa pada variabel arus listrik, di mana pelumas sintetik ester menghasilkan konsumsi arus paling rendah. Hal ini menegaskan bahwa pelumas ini memberikan efisiensi pelumasan terbaik, karena kebutuhan daya motor lebih

kecil akibat minimnya gesekan. Sebaliknya, pelumas semi sintetis menunjukkan konsumsi arus paling tinggi, menandakan rugi energi akibat gesekan lebih besar.

Interaksi antar faktor juga dapat diamati dari kemiringan pada grafik: semakin curam perubahan antar pelumas atau antar kecepatan, semakin besar pengaruh faktor tersebut terhadap hasil. Dengan demikian, baik jenis pelumas maupun kecepatan putaran memiliki kontribusi signifikan terhadap suhu dan efisiensi energi dalam sistem mekanik yang diuji.

Perhitungan Energi yang Hilang.

Perhitungan rugi energi pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui besarnya energi listrik yang dikonsumsi oleh motor tiga fasa selama proses pengujian, yang diasumsikan berbanding lurus dengan energi mekanis yang hilang akibat gesekan pada bantalan luncur. Perhitungan dilakukan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$W = V \times I \times t$$

dengan keterangan:

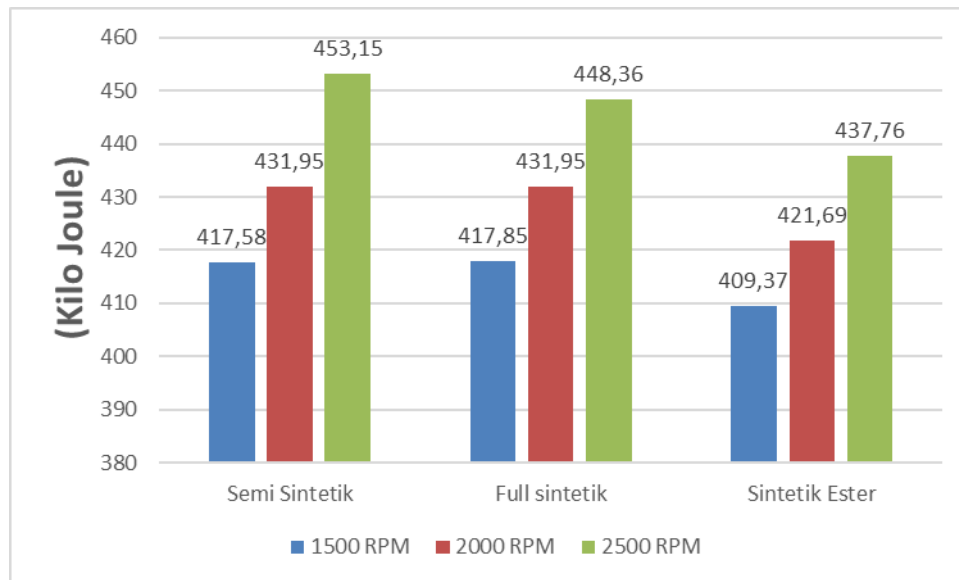
- W = energi yang hilang (Joule),
- I = arus rata-rata yang tercatat selama pengujian (Ampere)
- V = tegangan sistem (Volt),
- t = durasi pengujian (detik).

Tabel 5. Hasil Perhitungan Konsumsi Energi Listrik

| Pelumas/Kecepatan | Semi Sintetik | Full sintetis | Sintetik Ester |
|-------------------|---------------|---------------|----------------|
| 1500 RPM | 417,58 kJ | 417,85 kJ | 409,37 kJ |
| 2000 RPM | 431,95 kJ | 431,95 kJ | 421,69 kJ |
| 2500 RPM | 453,15 kJ | 448,36 kJ | 437,76 kJ |

Pada penelitian ini, sistem pengujian dirancang untuk bekerja pada tegangan konstan sebesar 380 Volt, dengan waktu pengujian selama 900 detik atau 15 menit untuk setiap kombinasi jenis pelumas dan variasi putaran poros yang telah ditentukan. Nilai arus rata-rata diperoleh melalui pengukuran arus listrik tiga fasa yang dilakukan menggunakan sensor ampere digital, di mana data dicatat secara berkala setiap satu menit selama proses pengujian berlangsung. Data arus yang diperoleh kemudian dihitung dan dikonversi menjadi energi listrik dalam satuan kilojoule (kJ), yang mencerminkan total konsumsi energi listrik sistem selama masa pengujian. Energi ini berperan penting sebagai indikator untuk menilai besarnya rugi energi yang timbul akibat gesekan internal pada sistem bantalan luncur, yang merupakan salah satu aspek kritis dalam performa mekanis. Hasil perhitungan konsumsi energi ini memungkinkan dilakukannya analisis perbandingan terhadap kinerja masing-masing jenis pelumas. Dengan membandingkan besarnya konsumsi energi yang terjadi pada setiap variasi pelumas dan kecepatan putar, dapat diidentifikasi pelumas mana yang paling efisien dalam mengurangi gesekan. Pelumas yang mampu menghasilkan nilai konsumsi energi lebih rendah dianggap lebih efektif karena mampu membentuk lapisan film pelumas yang stabil dan optimal, sehingga mencegah

kontak langsung antara permukaan logam dan secara signifikan mengurangi kerugian energi akibat friksi yang terjadi selama operasi berlangsung.



Gambar 8. Diagram Perbandingan Konsumsi Energi Listrik

Gambar 8 menunjukkan bahwa konsumsi energi listrik meningkat seiring bertambahnya putaran poros pada semua jenis pelumas. Hal ini sesuai dengan teori gesekan mekanis yang menyatakan bahwa semakin tinggi kecepatan rotasi, gesekan internal juga semakin besar, sehingga motor memerlukan suplai daya listrik yang lebih tinggi untuk mempertahankan putaran. Meski pola kenaikan ini serupa pada ketiga jenis pelumas, perbedaan konsumsi energi terlihat jelas, yang dipengaruhi oleh perbedaan komposisi base oil dan karakteristik viskositas masing-masing pelumas.

Pelumas semi-sintetik menghasilkan konsumsi energi tertinggi pada semua putaran, yaitu 417,58 kJ pada 1500 rpm, 431,95 kJ pada 2000 rpm, dan 453,15 kJ pada 2500 rpm. Hal ini disebabkan oleh kandungan base oil mineral yang lebih dominan dalam semi-sintetik, sehingga kestabilan termalnya lebih rendah. Menurut Azmi (2018), pelumas semi-sintetik umumnya merupakan campuran oli mineral dan sintetis, di mana kestabilan molekulnya tidak sebaik pelumas sintetis murni. Selain itu, viskositas semi-sintetik yang relatif tinggi (15,8 cSt) menyebabkan aliran pelumas lebih kental, meningkatkan gesekan fluida terutama pada putaran tinggi. Ketika suhu meningkat, oil film semi-sintetik cenderung menipis lebih cepat, sehingga gesekan antar logam semakin besar dan energi yang terbuang meningkat.

Pelumas full-sintetik menunjukkan konsumsi energi lebih rendah dibanding semi-sintetik, yakni 414,85 kJ pada 1500 rpm, 427,84 kJ pada 2000 rpm, dan 448,36 kJ pada 2500 rpm. Walaupun memiliki viskositas yang sama (15,8 cSt), full-sintetik memiliki kestabilan molekul yang lebih seragam karena dibuat dari senyawa kimia murni seperti *polyalphaolefin* (PAO). Struktur molekul yang seragam ini membuat pelumas lebih tahan terhadap oksidasi dan perubahan suhu (Azmi, 2018), sehingga oil film lebih stabil pada putaran tinggi dan gesekan internal sedikit lebih rendah dibanding semi-sintetik.

Pelumas sintetik ester konsisten menghasilkan konsumsi energi terendah, yaitu 409,37 kJ pada 1500 rpm, 421,69 kJ pada 2000 rpm, dan 437,76 kJ pada 2500 rpm. Kinerja unggul ini berkaitan dengan kandungan *base oil ester* yang memiliki stabilitas termal sangat baik dan daya lekat tinggi pada permukaan logam. Menurut Jayyid et al. (2024), pelumas berbahan dasar ester mampu mempertahankan oil film secara optimal meskipun pada suhu tinggi. Selain itu, viskositasnya yang lebih rendah (13,6 cSt) mempermudah aliran pelumas di celah bantalan, mengurangi gesekan fluida, dan pada akhirnya menekan rugi energi.

Hasil ini menegaskan bahwa komposisi *base oil* dan stabilitas viskositas pelumas sangat berpengaruh terhadap efisiensi energi sistem mekanis. Perbedaan konsumsi energi paling terlihat pada putaran tinggi, ketika kestabilan oil film menjadi faktor dominan. Dengan kestabilan termal terbaik, viskositas yang relatif rendah, dan kemampuan menjaga ketebalan oil film, sintetik ester direkomendasikan untuk aplikasi mekanis berkecepatan tinggi karena mampu menjaga suhu kerja bantalan tetap stabil sekaligus meminimalkan rugi energi.

Simpulan

Hasil penelitian ini memiliki implikasi penting terhadap efisiensi termal dan performa energi pada sistem bantalan luncur, terutama dalam aplikasi mekanis berkecepatan tinggi. Ditemukan bahwa peningkatan putaran poros berbanding lurus dengan kenaikan suhu dan rugi energi, sehingga pemilihan jenis pelumas menjadi faktor krusial. Pelumas semi-sintetik mencatat suhu tertinggi 48,8°C dan rugi energi 453,15 kJ pada 2500 rpm akibat kestabilan termal rendah dan viskositas tinggi (15,8 cSt). Sebaliknya, pelumas full-sintetik menunjukkan performa lebih baik dengan suhu 47,0°C dan rugi energi 448,36 kJ karena struktur molekulnya yang seragam membentuk oil film yang lebih stabil. Kinerja terbaik ditunjukkan oleh pelumas sintetik ester dengan suhu terendah 45,3°C, rugi energi 437,76 kJ, dan viskositas lebih rendah (13,6 cSt), memungkinkan terbentuknya oil film yang tetap tebal pada suhu tinggi serta mengurangi gesekan. Hasil ini menunjukkan bahwa pelumas sintetik ester lebih unggul dalam menjaga kestabilan termal dan menekan rugi energi, sehingga direkomendasikan untuk sistem mekanik berputaran tinggi. Untuk penelitian selanjutnya disarankan mengkaji performa pelumas dalam jangka panjang, termasuk pengaruh degradasi terhadap viskositas dan kestabilan termal, serta melakukan uji coba dalam skala industri nyata agar validasi performa lebih komprehensif. Selain itu, pemodelan numerik dan simulasi distribusi suhu serta tebal film pelumas juga dapat membantu mengoptimalkan desain sistem pelumasan.

Daftar Pustaka

- Arisandi, M., Darmanto, D., & Priangkoso, T. (2012). Analisa Pengaruh Bahan Dasar Pelumas Terhadap Viskositas Pelumas Dan Konsumsi Bahan Bakar. *Jurnal Momentum UNWAHAS*, 8(1), 56–61.
- Azmi. (2018). *Studi Eksperimen Dan Analisa Pengaruh Base Oil Pelumas SAE 10W30 Terhadap Viskositas, Temperatur Dan Performa Kendaraan Transmisi Otomatis Vario 125 PGM-Fi*. 110. <https://repository.its.ac.id/55420/>
- Ginting, P. H. (2023). Analisis Pengaruh Putaran Mesin Pada Transfer Panas Dalam Sistem Pendinginan Motor Bakar Diesel. *Repository.Uma.Ac.Id*, 2.
- Hartono, B., & Sutisna, S. P. (2018). Analisa Kerusakan Bearing Suspension Preheater Fan Berbasis Data Temperatur Dan Vibrasi. *AME (Aplikasi Mekanika Dan Energi): Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 4(2). <https://doi.org/10.32832/ame.v4i2.1558>
- Harnoy, A. (2003). *Bearing Design In Machinery : Engineering Tribology And Lubrication*. Marcel Dekker Inc. New York.
- Hutabarat, David M., Hazwi, Mulfi, Taufiq, B. N., Himsar, A., & Siregar, A. H. (2017). Analisa Tekanan pada Bantalan Luncur Menggunakan Minyak Pelumas Enduro SAE 20W/50 dan Federal SAE 20W/50 dengan Variasi Putaran. *Jurnal Dinamis*, 5(3), 14–23.
- Hori, Y. (2006). *Hidrodynamic Lubrication*. Springer-Verlag Tokyo. Tokyo.
- Jayyid, U. L. (2024). Studi Komparasi Minyak Mineral, Sintetik Ester, dan Natural Ester Sebagai Isolasi Cair Pada Transformator. Tesis Program Magister, Institut Teknologi Bandung.
- Khurmi, R. S. & Gupta, J. K. (2005). *A Textbook Of Machine Design*. Eurasia Publishing House (P) Ltd, 7361. Ram Nagar, New Delhi-110055.
- Kirono, S. (2006). Pengaruh Suhu Terhadap Sifat Mekanis Bantalan Luncur Komponen Mesin. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, Edisi Khusus Oktober 2006, 58–62
- Komarudin, & Harfi, R. (2011). Analisis pengaruh variasi viskositas pelumas terhadap perubahan temperatur pada simulator alat uji pelumas bantalan. Perpustakaan UPN "Veteran" Jakarta.
- Kusuma, K. A., Satrijoo, D., & Kurdi, O. (2023). Studi Uji Unjuk Kerja Alat Pengujian Bantalan Luncur Tm280. *Jurnal Teknik Mesin S-1*, 11(4), 245–248.
- Landdown, A. R. (2004). *Lubrication And Lubricant Selection : A Partical Guide*. 3rd Edition, Profesional Engineering Publishing. London And Bury St Edmunds.
- Lumbantoruan, P., & Yulianti, E. (2016). Pengaruh suhu terhadap viskositas minyak pelumas (Oli). *Sainmatika*, 13(2), 26–34.
- Mukhtar, F. & Putra. (2014). Perbandingan Beberapa Merk Pelumas Terhadap Perubahan Temperatur Mesin Pada Honda Beat Tahun 2014. *Jurnal Pendidikan Teknik Otomotif UNP*.
- Oktarinda, M. D., Misbachudin, M., & Nur, R. (2024). Pengaruh Jenis Base Oil Terhadap Suhu Mesin Dan Konsumsi Bahan Bakar Pada Mesin 4-Tak 100 Cc. *Jtam Rotary*, 6(2), 205. https://doi.org/10.20527/jtam_rotary.v6i2.13183

- Perlindungan & Mursadin. (2017). Analisa Pengaruh Berbagai Macam Merk Oli Terhadap Temperatur Mesin Yamaha Vixion 150cc. *Sjme KINEMATIKA* Vol 2 No 1, 1 Juni 2017, 1-25.
- Pramono, T. J., & Maskus, A. (1967). Studi analisis sistem monitoring temperatur ruang bearing. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 8(11), 8.
- Prihartono & Boinser. (2012). Analisa Kinerja Mesin Bensin Berdasarkan Perbandingan Pelumas Mineral Dan Sintetis. *Jurnal Fakultas Teknik Universitas Pasir Pengairan*.
- Prilyanto, C., Pratiwi, Y. D., & Setyoko, A. D. (2020). Analisis Komparasi Bantalan Luncur Material Kuningan, Bronze, dan Besi Tuang Ditinjau dari Uji Kekasaran Permukaan dan Uji Keausan Abrasi. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material*, 4(2), 39–45.
- Rizal, M. (2017). Analisa dampak penurunan kinerja lube oil cooler pada turbin di PLTU Belawan (Skripsi, Universitas Medan Area).
- Universitas Muhammadiyah Jakarta. (2015). Perbandingan kinerja pelumas motor skutik mineral dan sintetis. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi, November*.
<https://media.neliti.com/media/publication/173145-ID-perbandingan-kinerja-pelumas-motor-skuti.pdf>
- Utami, P. B., Setiawan, T., & Ariwibowo, B. (2020). Analisis Penggunaan Berbagai Macam Jenis Merk Pelumas Terhadap Putaran dan Temperatur Mesin pada Honda Beat FI. *Journal of Vocational Education and Automotive Technology*, 2(1), 73–83.
- Wahab, A. S. P. (2016). Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kerusakan Bearing Dengan Menggunakan Mikrokontroler. *Jurnal Teknik Mesin Ubl*, 4(1), 248–253.
- Zaidan, M. A. (2011). Analisis Pengaruh Variasi Viskositas Pelumas Terhadap Perubahan Temperatur Pada Simulator Alat Uji Pelumas Bantalan. *Bina Widya*, 23, 43–50.