

ANALISIS SISTEM PELUMASAN PADA MESIN MOBIL CANTER EURO 4

Muhammad Yazid Fahri, Junaidi, Muhammad Arifin

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Harapan Medan
yfahri636@gmail.com; junaidi@unhar.ac.id; teknik.mesin.unhar@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sistem pelumasan pada mesin Mitsubishi Canter Euro 4, sebuah kendaraan niaga ringan yang telah memenuhi standar emisi Euro 4. Sistem pelumasan memiliki peran vital dalam menjaga performa dan keandalan mesin dengan cara mengurangi gesekan, menjaga kestabilan suhu, serta memperpanjang umur komponen. Metode penelitian yang digunakan bersifat deskriptif kualitatif melalui studi literatur, observasi langsung, dan analisis teknis terhadap komponen pelumasan. Hasil analisis menunjukkan bahwa sistem pelumasan Canter Euro 4 menggunakan pompa oli tipe gear dengan tekanan kerja optimal, didukung oleh filter oli, pendingin oli, dan saluran pelumasan yang terintegrasi secara efisien. Penggunaan oli SAE 15W-40 API CI-4 yang direkomendasikan terbukti memiliki stabilitas viskositas yang baik, bahkan pada suhu tinggi, dan mendukung efisiensi pembakaran serta penurunan emisi gas buang. Pengujian viskositas juga menunjukkan bahwa kualitas pelumas tetap berada dalam batas aman hingga jarak tempuh tertentu. Penelitian ini menyimpulkan bahwa sistem pelumasan pada mesin Canter Euro 4 telah dirancang secara efisien dan sesuai dengan tuntutan regulasi emisi modern, serta mampu mendukung kinerja mesin secara optimal. Temuan ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi perawatan kendaraan niaga dan pengembangan teknologi pelumasan yang lebih lanjut.

Kata-Kata Kunci : Sistem Pelumasan, Mitsubishi Canter Euro 4, Oli SAE 15W-40, Viskositas, Efisiensi Mesin

I. Pendahuluan

Seiring peningkatan kebutuhan kendaraan niaga yang efisien dan kepatuhan terhadap standar emisi Euro 4, optimasi sistem pelumasan menjadi aspek krusial untuk menjaga performa, menurunkan konsumsi bahan bakar, dan memperpanjang umur komponen mesin. Sistem pelumasan tidak hanya mengurangi gesekan dan mengontrol suhu, tetapi juga berperan dalam memenuhi tuntutan emisi dan efisiensi energi pada mesin-mesin modern seperti Mitsubishi Canter Euro 4; beberapa studi menunjukkan pengaruh signifikan pemilihan oli dan desain saluran pelumasan terhadap efisiensi mesin dan keausan komponen (lihat ringkasan literatur dalam dokumen). Rumusan masalah dirumuskan secara eksplisit sebagai berikut: Sejauh mana sistem pelumasan pada mesin Canter Euro 4 efektif mengurangi gesekan dan menjaga kestabilan suhu dalam kondisi operasional yang beragam? Bagaimana perilaku viskositas oli terhadap perubahan suhu dan implikasinya terhadap kemampuan pelumasan dan konsumsi bahan bakar? Komponen dan konfigurasi saluran pelumasan manakah yang paling menentukan kinerja sistem pelumasan pada mesin tersebut? Pertanyaan-pertanyaan ini menuntut analisis teknis yang menggabungkan tinjauan literatur dan evaluasi sifat-sifat oli.

Penelitian ini mempunyai tujuan spesifik: (1) mengidentifikasi dan menganalisis komponen utama serta aliran oli pada sistem pelumasan mesin Canter Euro 4; (2) mengevaluasi pengaruh viskositas oli terhadap suhu terhadap kemampuan pelumasan, kestabilan termal, dan potensi pengurangan konsumsi bahan bakar; dan (3) memberikan

rekomendasi pemilihan oli dan batas suhu operasional yang optimal untuk memperpanjang umur komponen. Dengan demikian penelitian ini diharapkan menghasilkan kontribusi ilmiah berupa analisis kuantitatif/teknis yang mengisi kekurangan studi sebelumnya terkait aplikasi sistem pelumasan pada mesin Euro 4—yaitu sedikitnya studi terapan yang mengaitkan desain saluran, parameter pompa, dan perubahan viskositas oli dalam rentang suhu operasi nyata—serta rekomendasi praktis untuk desain dan perawatan.

II. Tinjauan Pustaka

2.1 Pelumasan

Pelumasan adalah proses pemberian zat pelumas (cair, semi-padat, atau padat) pada permukaan yang bergerak relatif untuk mengurangi gesekan, mencegah keausan, dan mengendalikan temperatur mekanisme operasi; pelumasan utama meliputi pelumasan hidrodinamik, elastohidro dinamik, dan pelumasan batas yang menentukan pembentukan film dan perilaku kontak antarpermukaan. Karakteristik pelumas—terutama viskositas (dinamis dan kinematik)—menjadi variabel kunci karena mempengaruhi ketahanan film, gaya geser internal, dan efisiensi energi; dalam perhitungan teknis, viskositas absolut dihitung dari viskositas kinematik dan densitas serta menjadi parameter penting saat merancang kapasitas dan daya pompa pelumasan. Berbagai sistem pelumasan (campuran, autolube, percik/splash, dan tekan/press) memiliki keunggulan dan keterbatasan masing-masing terkait kompleksitas desain, efisiensi distribusi oli, dan ketahanan terhadap kondisi operasi; sistem tekanan (press lubrication) dengan

pompa oli dan filtrasi cenderung digunakan pada mesin kecepatan tinggi karena menyediakan distribusi oli yang lebih merata dan kemampuan pendinginan komponen yang lebih baik, sedangkan sistem sederhana seperti splash cocok untuk mesin kecepatan rendah. Perancangan saluran, pompa (kapasitas dan efisiensi volumetrik), serta kualitas oli (mineral vs sintetik, indeks viskositas) tercatat signifikan terhadap performa dan umur mesin.

2.2 Karakteristik Pelumasan

Sistem pelumasan, salah satu faktor utama yang perlu diperhatikan adalah viskositas minyak pelumas. Viskositas dapat didefinisikan sebagai "effect of the internal resistance of fluid lubrication" atau hambatan internal yang dialami oleh fluida pelumas saat mengalami aliran. Berdasarkan Hukum Newton tentang viskositas, tegangan geser (τ) dalam fluida pelumas berbanding lurus dengan viskositas (μ) dan gradien kecepatan ($\frac{du}{dy}$). Secara matematis, hubungan ini dapat dinyatakan sebagai:

$$\tau = \mu \frac{du}{dy}$$

Keterangan:

τ : Tegangan Geser, N/m² atau Pa

μ : Viskositas Dinamis N·s/m²

$\frac{du}{dy}$: Gradien Kecepatan, s⁻¹

Dan untuk persamaan dari gaya geser dalam bantalan mesin yang mengalir di antara dua pelat sejajar dapat dilihat pada persamaan berikut.

$$F = \mu \frac{du}{dy} A$$

Keterangan:

F = Gaya Geser, N

μ = Viskositas Dinamis, Pa·s atau N·s/m²

u = Kecepatan, m/s

h = Jarak Antar Pelat, m

A = Luas Permukaan, m²

2.3 Perhitungan Pompa Pelumasan

Kapabilitas sistem pompa pelumasan dinilai dari laju aliran volumetrik (Q), tekanan kerja, dan daya yang dibutuhkan. Persamaan dasar untuk kapasitas aliran adalah sebagai berikut.

$$Q = V \times n$$

Keterangan :

Q : Kapasitas Aliran (liter/menit)

V : Volume Pompa (cm³/putaran)

n : Putaran/Menit (rpm)

Viskositas absolut (μ) dapat dikaitkan dengan viskositas kinematik (ν) dan massa jenis (ρ) melalui hubungan:

$$\mu = \rho \times \nu$$

Keterangan:

μ : Viskositas absolut (Pa·s)

ρ : Massa jenis oli (g/cm³)

ν : Viskositas kinematik (cSt)

2.4 Sistem Pelumasan

Berbagai konfigurasi sistem pelumasan digunakan tergantung pada tipe mesin dan aplikasi:

1. Sistem Pelumasan Campuran: Umum pada mesin dua-tak klasik; oli dicampurkan langsung dengan bahan bakar. Sederhana namun menyebabkan emisi oli terbakar dan pembentukan deposit.
2. Sistem Autolube: Sistem pelumasan otomatis untuk mesin dua-tak di mana oli disuplai oleh pompa terpisah; mengurangi emisi dan penggunaan oli dibandingkan pencampuran manual.
3. Sistem Percik (Splash): Oli disebarkan melalui percikan yang dihasilkan oleh sendok oli atau komponen bergerak; cocok untuk mesin berukuran kecil dan kecepatan rendah.
4. Sistem Tekan (Pressurized): Menggunakan pompa untuk memberikan aliran bertekanan ke titik-titik kritis; umum pada mesin kendaraan bermotor dan mesin industri, memberikan distribusi oli yang lebih merata dan andal.

2.5 Mitsubishi Canter Euro 4

Mitsubishi Canter Euro 4 merupakan truk ringan yang diadaptasi untuk memenuhi regulasi emisi Euro 4. Perbaikan yang relevan terhadap sistem pelumasan pada kendaraan modern ini meliputi penggunaan oli sintesis berstabilitas termal lebih baik, filtrasi oli yang canggih, pompa oli variabel, dan saluran pelumasan yang dioptimalkan untuk daerah kerja yang panas (Zhang et al., 2019; Christianson et al., 2010). Selain itu, integrasi teknologi mesin seperti common rail, EGR, DPF, dan VGT mempengaruhi kebutuhan pelumasan, terutama terkait kontrol temperatur, pembentukan soot, dan kebutuhan filtrasi.

III. Metodologi Penelitian

Metode penelitian bersifat kualitatif-deskriptif, dengan tahapan: studi literatur, inventarisasi spesifikasi teknis kendaraan, observasi konstruksi sistem pelumasan, dan prosedur pengukuran viskositas oli menggunakan viskometer Ostwald. Bahan dan peralatan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah seperti berikut:

1. Spesifikasi standar pabrikan dari objek kendaraan penelitian ini sebagai berikut:

Tabel 1 Spesifikasi Kendaraan

Spesifikasi	Keterangan
Merek Kendaraan	Canter FE 7 Euro 4
Type Mesin	4V21
Bahan Bakar	Solar
Pendingin	Air

Silinder	4-cylinde in-line
Mekanisme Katup	Overhead Valve
Kapasitas Silinder	3.907 cc
Perbandingan Kompresi	17.0
Diameter x Langkah (mm x mm)	104 x 115 mm
Daya Maksimum (PS(kW)/rpm)	150 / 2.500 PS/rpm
Torsi Maksimum (kgm/rpm)	420 / 1.500 – 2.500 N
Sistem Bahan Bakar	ECU (<i>Electronic Control Unit</i>)
Sistem Pengapian	<i>Common Rail Injection System</i>

2. Spesifikasi sistem pelumasan yang digunakan pada mesin kendaraan seperti berikut:

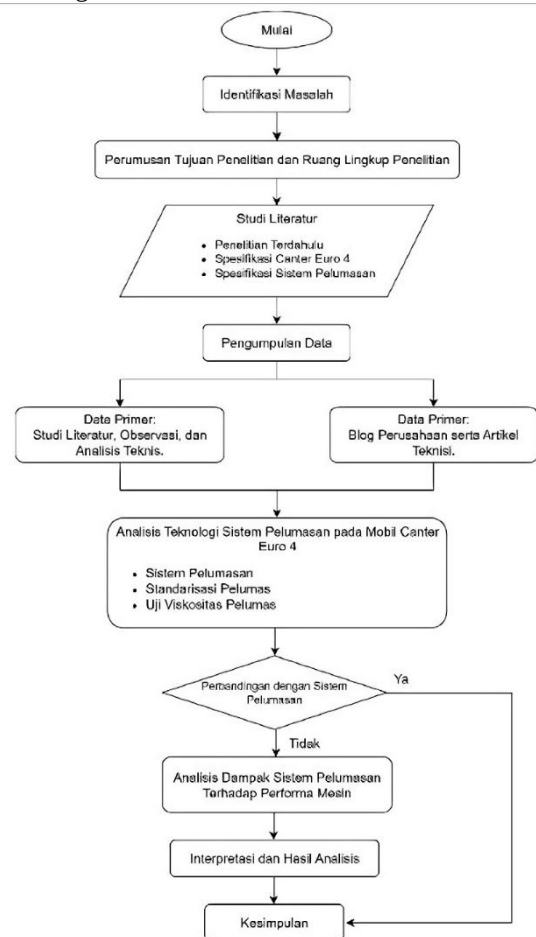
Tabel 2. Spesifikasi Sistem Pelumasan

Spesifikasi	Keterangan
Tipe Sistem Pelumas	<i>Gear Oil Pump</i>
Filter Oli	<i>Spin-on</i> dengan elemen kertas
Pendingin Oli	<i>Shell and Plate (multi-plate)</i>
Katup Bypass	390 kPa (4.0 kgf/cm ²)
Katup Relief Tekanan	1.080 kPa (11.0 kgf/cm ²)
Tekanan Minimum Idle (Tanpa Beban)	195 kPa (2.0 kgf/cm ²)
Tekanan Normal pada Kecepatan Tinggi	295-490 kPa (3.0 – 5.0 kgf/cm ²)
Batas Minimum yang Diperbolehkan	98 Pa (1.0 kgf/cm ²)

3. Spesifikasi bahan lainnya seperti Minyak pelumas Diesel Engine Oil SAE 15W-40 API CI-4, viscometer yang merupakan alat yang digunakan untuk menentukan massa jenis dari suatu cairan serta ostwald viskometer digunakan untuk menentukan waktu yang diperlukan oleh suatu cairan untuk mengalir melalui tabung kapiler akibat gaya gravitasi dari berat cairan itu sendiri. Buletin Utama Teknik Vol. 20, No. 3, Mei 2025 110 ISSN : 2598–3814 (Online), ISSN : 1410–4520 (Cetak) 4. Kontruksi Sistem Pelumasan Dalam sistem pelumasan mobil Canter Euro 4 memiliki (1) Karter: wadah oli, kapasitas ~10–12 L, dilengkapi drain plug dan dipstick. (2) Pompa oli: gear pump, aliran tipikal 1.4–1.8 L/min, tekanan kerja tipikal 400–600 kPa; dilengkapi pressure relief valve. (3) Filter: spin-on dengan elemen kertas; katup bypass disediakan jika filter tersumbat. (4) Oil cooler: shell & plate multi-plate untuk pendinginan oli. (5) Galeri oli, saluran poros engkol, dan saluran head untuk distribusi oli ke bantalan dan komponen nok/cam. (6) Indikator tekanan oli dan sensor untuk panel instrumen.

4. Kontruksi Sistem Pelumasan dalam sistem pelumasan mobil Canter Euro 4 memiliki (1) Karter: wadah oli, kapasitas ~10–12 L, dilengkapi drain plug dan dipstick. (2) Pompa oli: gear pump, aliran tipikal 1.4–1.8 L/min, tekanan kerja tipikal 400–600 kPa; dilengkapi pressure relief valve. (3) Filter: spin-on dengan elemen kertas; katup bypass disediakan jika filter tersumbat. (4) Oil cooler: shell & plate multi-plate untuk pendinginan oli. (5) Galeri oli, saluran poros engkol, dan saluran head untuk distribusi oli ke bantalan dan komponen nok/cam. (6) Indikator tekanan oli dan sensor untuk panel instrumen.

5. Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir

IV. Hasil Dan Pembahasan

Data hasil pengukuran viskositas kinematik dan perhitungan viskositas absolut (hasil uji untuk jarak tempuh 5.000 km) serta estimasi untuk 15.000 km dan 20.000 km. Viskositas kinematik dan Viskositas absolut memiliki persamaan dan nilai konversi ke SI yang dinyatakan yaitu:

$$\mu = \nu \times \rho$$

$$1\text{cP}=0,001 \text{ Pa}\cdot\text{s}$$

Keterangan:

μ = Viskositas absolut (cP)

ν = Viskositas kinematik (cSt)

ρ = Massa jenis fluida (g/cm³)

Dengan menggunakan data massa jenis dari studi literatur terdahulu untuk oli pelumas SAE 15W-40 yang umumnya digunakan seperti pada tabel berikut.

Tabel 3. Massa Jenis Oli

Parameter Suhu (°C)	Massa Jenis (g/cm ³)
40	0,88
60	0,875
80	0,87
100	0,865

Hasil pengukuran viskositas pada jarak tempuh 5.000 km, 15.000 km dan 20.000 km dalam berbagai temperatur yang telah di tentukan.

Tabel 4. Viskositas 5.000 km dalam suhu 40°C - 100 °c

Parameter Suhu (°C)	Massa Jenis (g/cm ³)	Viskositas Kinematik (cST)	Viskositas Absolut (cP)	μ (Pa·s)	Metodi uji
40	0,88	4,45	3,916	0,003916	Viscometer Ostwald 73826
60	0,875	3,55	3,106	0,003106	Viscometer Ostwald 73826
80	0,87	3,01	2,619	0,002619	Viscometer Ostwald 73826
100	0,865	2,58	2,231	0,002231	Viscometer Ostwald 73826

Setiap viskositas dapat menurun tergantung dengan jarak tempuh kendaraan dan viskositas terhadap minyak pelumas SAE 15W-40 API CI-4 dengan temperature 40°C - 100 °c dan jarak tempuh dari 15000 km mengalami penurunan $\pm 10\%$ maka didapatkan hasil yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5. Viskositas 15.000 km dalam suhu 40°C - 100 °c

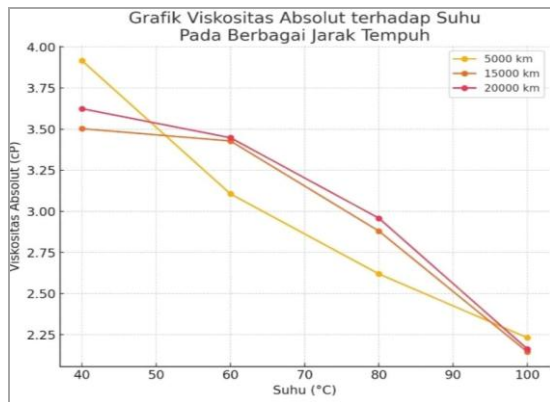
Parameter Suhu (°C)	Massa Jenis (g/cm ³)	Viskositas Kinematik (cST)	Viskositas Absolut (cP)	μ (Pa·s)	Metodi uji
40	0,88	3,98	3,5024	0,0035024	Viscometer Ostwald 73826
60	0,875	3,94	3,4278	0,0034278	Viscometer Ostwald 73826
80	0,87	3,31	2,8797	0,0028797	Viscometer Ostwald 73826
100	0,865	2,48	2,1452	0,0021452	Viscometer Ostwald 73826

Dalam perhitungan viskositas terhadap minyak pelumas SAE 15W-40 API CI-4 dengan temperature 40°C - 100 °c dan jarak tempuh dari 20000 km mengalami penurunan $\pm 10\%$ maka didapatkan hasil yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 6. Viskositas 20.000 km dalam suhu 40°C - 100 °c

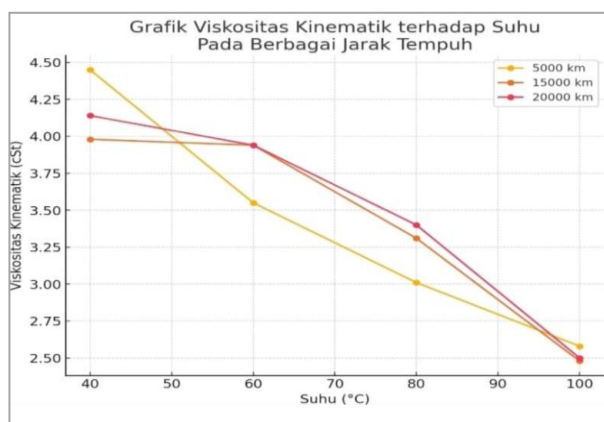
Parameter Suhu (°C)	Massa Jenis (g/cm ³)	Viskositas Kinematik (cST)	Viskositas Absolut (cP)	μ (Pa·s)	Metodi uji
40	0,88	4,14	3,624	0,003624	Viscometer Ostwald 73826
60	0,875	3,94	3,4475	0,0034475	Viscometer Ostwald 73826
80	0,87	3,4	2,958	0,002958	Viscometer Ostwald 73826
100	0,865	2,5	2,1625	0,0021625	Viscometer Ostwald 73826

Dalam tabel di atas menunjukkan hasil dari pengujian oli mesin bekas canter euro 4 dengan satuan Centikostes, semakin tinggi suhu kerja mesin mobil canter euro 4 maka viskositas oli mesin akan mengalami penurunan lebih cair hal ini bertujuan untuk membantu melumasi komponen mesin yang bergerak lebih cepat dalam suhu tinggi, mengurangi gesekan dan mencegah terjadinya kerusakan akibat suhu tinggi. Pada Gambar 2 dapat dilihat grafik dari viskositas kinematik (dalam satuan cSt) terhadap jarak tempuh (dalam km) untuk oli SAE 15W-40 API CI-4 pada berbagai suhu (40°C hingga 100°C).



Gambar 2. Grafik Viskositas Absolut Terhadap Suhu Pada Berbagai Jarak Tempuh

Grafik pada Gambar 2 menunjukkan bahwa viskositas absolut oli menurun seiring peningkatan suhu pada semua jarak tempuh. Pada jarak 5.000 km, viskositas awal di suhu rendah lebih tinggi dibandingkan jarak 15.000 km dan 20.000 km, namun penurunannya lebih tajam. Sementara itu, oli pada jarak tempuh lebih panjang memiliki penurunan viskositas yang lebih stabil. Pada suhu tinggi (100°C), ketiga jarak tempuh menunjukkan viskositas hampir sama, sekitar 2,1–2,2 cP. Hal ini mengindikasikan bahwa perbedaan umur pakai oli lebih berpengaruh pada viskositas di suhu rendah, sehingga penggantian oli secara berkala diperlukan untuk menjaga performa pelumasan mesin.



Gambar 3. Grafik Viskositas Kinematik terhadap Suhu pada Jarak Tempuh

Grafik pada Gambar 3 menunjukkan hubungan antara viskositas kinematik oli terhadap suhu pada jarak tempuh 5.000 km, 15.000 km, dan 20.000 km. Secara umum, viskositas kinematik menurun seiring peningkatan suhu pada semua jarak tempuh. Pada suhu rendah (40°C), oli dengan jarak tempuh 5.000 km memiliki viskositas tertinggi, namun mengalami penurunan paling tajam dibandingkan jarak tempuh lainnya. Oli pada jarak 15.000 km dan 20.000 km memiliki viskositas awal yang lebih rendah, namun penurunannya cenderung lebih stabil. Pada suhu tinggi (100°C), perbedaan viskositas ketiga jarak tempuh menjadi sangat kecil, yaitu sekitar 2,5 cSt, yang menunjukkan bahwa

pengaruh umur pakai oli lebih signifikan pada suhu rendah dibandingkan suhu tinggi.

IV. Kesimpulan Dan Saran

4.1 Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa sistem pelumasan pada mesin Mitsubishi Canter Euro 4 memiliki peranan yang sangat penting dalam mendukung performa dan efisiensi mesin. Sistem pelumasan berfungsi untuk mengurangi gesekan antar komponen, menjaga suhu mesin tetap stabil, serta memperpanjang umur pemakaian mesin. Hasil analisis menunjukkan bahwa:

1. Sistem pelumasan Canter Euro 4 menggunakan pompa oli tipe *gear* yang mampu menghasilkan tekanan optimal dan distribusi pelumas yang merata ke seluruh komponen mesin.
2. Pemilihan oli SAE 15W-40 API CI-4 sesuai spesifikasi Euro 4 terbukti mampu menjaga stabilitas viskositas pada suhu tinggi dan rendah, serta mendukung efisiensi pembakaran dan emisi rendah.
3. Desain saluran pelumas dan filtrasi oli yang canggih mendukung kestabilan performa mesin dan menurunkan risiko keausan akibat partikel atau kotoran dalam oli.
4. Hasil pengujian menunjukkan bahwa viskositas oli menurun seiring jarak tempuh dan kenaikan suhu, namun masih dalam batas aman untuk pelumasan optimal.
5. Sistem pelumasan ini mampu mendukung standar emisi Euro 4 dengan efisiensi energi dan perlindungan mesin yang lebih baik, sekaligus memberikan kontribusi terhadap pengurangan konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang.

4.2 Saran

Berdasarkan uraian mengenai sistem pelumasan pada mesin Mitsubishi Canter Euro 4 maka penulis dapat memberikan saran yang sekiranya dapat diperhatikan sebagai berikut:

1. Disarankan agar pemilik kendaraan Mitsubishi Canter Euro 4 melakukan perawatan sistem pelumasan secara berkala, termasuk penggantian oli dan filter oli sesuai dengan jadwal yang direkomendasikan oleh pabrikan, guna menjaga performa dan keawetan mesin.
2. Gunakan jenis oli yang sesuai dengan spesifikasi SAE 15W-40 API CI-4 seperti yang direkomendasikan, terutama untuk mesin yang menggunakan sistem EGR (Exhaust Gas Recirculation) guna menghindari kerusakan komponen dan penurunan efisiensi pelumasan.
3. Pengembangan lebih lanjut dapat dilakukan dengan menambahkan sistem monitoring tekanan dan kualitas oli secara real-time menggunakan sensor digital agar pengemudi

- dapat mendeteksi masalah pelumasan sejak dini.
4. Untuk pengembangan di masa depan, penelitian lebih lanjut dapat difokuskan pada pengaruh sistem pelumasan terhadap konsumsi bahan bakar dalam kondisi jalan nyata, atau pada perbandingan sistem pelumasan Canter Euro 4 dengan kendaraan lain yang sudah menerapkan standar emisi Euro 5 dan Euro 6.
 5. Disarankan untuk mempertimbangkan penerapan teknologi seperti variable oil pump dan oil condition monitoring system untuk meningkatkan efisiensi dan adaptabilitas sistem pelumasan terhadap berbagai kondisi operasi.

Daftar Pustaka

- [1]. Anderson, T., & White, P., 2022. *Lubrication and Machinery Performance: A Comprehensive Study*. Springer.
- [2]. Automotive Engineering Journal, 2021. *Development of Lubrication Technology In Commercial Vehicles*. Automotive Engineering Publications, 39(2), 87-102.
- [3]. Bhushan, B., 2013,. *Principles and applications of tribology*. John wiley & sons.
- [4]. Chen, Y., Renner, P., & Liang, H., 2023,. *A review of current understanding in tribochemical reactions involving lubricant additives*. Friction, 11(4), 489-512.
- [5]. Choudhari, A., Kumar, A., Gupta, A. K., Kumar, A., & Kumar, A., 2024. *A comprehensive review on introduction to lubrication chemistry*. *Performance Characterization of Lubricants*, 1-32.
- [6]. Christianson, M. G., Bardasz, E., & Nahumck, W., 2010,. *Impact of lubricating oil condition on exhaust particulate matter emissions from light duty vehicles*. SAE International Journal of Fuels and Lubricants, 3(2), 476-488.
- [7]. Fujimoto, K., Nishida, T., & Kobayashi, Y. 2020. *Increased Combustion Efficiency Through Common Rail Injection*. *International Journal of Engine Research*, 19(2), 87-102.
- [8]. Hamrock, B. J., Schmid, S. R., & Jacobson, B. O., 2004, *Fundamentals of Fluid Film Lubrication*. CRC Press.
- [9]. Holweger, W., 2013, *Fundamentals of lubricants and lubrication*. In *Tribology-fundamentals and advancements*. IntechOpen.
- [10]. Kandavalli, P. B., Karthi, R., Kumar, S. S., & Anand, M. 2017. *Benefits of Variable Discharge Oil Pump on Performance of 3 Cylinder SI Engine* (No. 2017-26-0051). SAE Technical Paper.