

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Mesin diesel masih menjadi salah satu sumber penggerak utama pada berbagai sektor seperti transportasi, pertanian, industri kecil, dan pembangkitan listrik karena memiliki efisiensi termal yang tinggi, torsi besar pada putaran rendah, serta keandalan operasi yang baik (Nagappan & Babu, 2024). Kinerja mesin diesel umumnya dievaluasi menggunakan parameter konsumsi bahan bakar spesifik (brake specific fuel consumption/BSFC), efisiensi termal rem (brake thermal efficiency/BTE), serta emisi gas buang seperti CO, HC, NO_x, dan partikulat (Nagappan & Babu, 2024). Seiring meningkatnya tuntutan efisiensi energi dan pengendalian emisi, berbagai penelitian difokuskan untuk menurunkan konsumsi bahan bakar serta memperbaiki karakteristik emisi tanpa mengorbankan performa mesin diesel (Sabarish et al., 2023).

Selain modifikasi bahan bakar berbasis biodiesel, penambahan aditif nanopartikel menjadi salah satu strategi yang banyak dikaji untuk memperbaiki kualitas pembakaran (Sabarish et al., 2023). Peningkatan ini dikaitkan dengan perbaikan sifat termo-fisik bahan bakar dan percepatan proses oksidasi selama pembakaran, sehingga energi kimia bahan bakar dapat dimanfaatkan lebih efektif (Thakar & Patel, 2024).

Di samping pengaruh bahan bakar, kondisi termal dan manajemen panas mesin juga berperan penting dalam menentukan efisiensi total sistem (NeuroQuantology, 2022). Analisis termal pada mesin diesel dengan konsep low heat rejection menunjukkan bahwa porsi energi bahan bakar yang hilang

sebagai panas melalui sistem pendingin dan gas buang dapat mencapai 35–40%, sehingga pengurangan kehilangan panas berpotensi langsung menurunkan konsumsi bahan bakar (NeuroQuantology, 2022). Penelitian mengenai pengaruh temperatur awal bahan bakar terhadap performa dan emisi mesin diesel juga menunjukkan bahwa perubahan kondisi termal bahan bakar berdampak nyata pada brake power, torsi, konsumsi bahan bakar, efisiensi termal, serta emisi CO, CO₂, dan HC (Abdullah, 2021). Temuan-temuan tersebut menegaskan bahwa manajemen panas baik di sisi bahan bakar maupun di sisi mesin merupakan faktor kunci dalam upaya penghematan BBM (Abdullah, 2021).

Dalam konteks pengendalian temperatur, thermostat merupakan komponen penting pada berbagai sistem termal yang membutuhkan kestabilan suhu operasi (Simamora & Siringo-ringo, 2023). Pada sistem thermal energy storage berbasis minyak, penggunaan thermostat mekanik memungkinkan pengaturan aliran minyak panas ke tangki penyimpanan pada temperatur set point tertentu sehingga proses pengisian energi berlangsung pada temperatur yang relatif konstan (Tusiime et al., 2023). Dengan demikian, fluktuasi temperatur dapat diminimalkan dan stabilitas sistem termal meningkat berkat respon buka-tutup thermostat terhadap perubahan suhu (Tusiime et al., 2023). Studi lain tentang switch control thermostat pada pemanas air menunjukkan bahwa thermostat, baik mekanik maupun elektronik bekerja dengan mendeteksi perubahan suhu lingkungan dan memutus atau menyambung arus listrik agar suhu sistem tetap berada di sekitar nilai yang diinginkan (Simamora & Siringo-ringo, 2023).

Pada sistem pendingin mesin kendaraan, thermostat dipasang untuk memastikan temperatur kerja mesin berada pada rentang ideal sehingga proses pembakaran berlangsung optimal dan risiko keausan maupun kerusakan termal dapat dikurangi (Suryapradana & Halim, 2024). Penelitian pada sistem pendingin mesin dump truck Nissan CWB 45 menunjukkan bahwa target temperatur *coolant* dirancang berada pada rentang 80–90 °C guna menjaga kinerja mesin (Suryapradana & Halim, 2024). Hasil pengujian pada beberapa putaran mesin (560 rpm, 1000 rpm, dan 1500 rpm) selama 15 menit memperlihatkan bahwa temperatur *coolant* masing-masing hanya mencapai 54,1 °C, 61,7 °C, dan 67,7 °C, yang masih berada di bawah temperatur aktivasi penuh thermostat (Suryapradana & Halim, 2024). Temuan ini menunjukkan bahwa kecepatan putaran mesin berpengaruh terhadap laju kenaikan temperatur *coolant* dan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai temperatur operasi yang diinginkan (Suryapradana & Halim, 2024). Penelitian tersebut juga menegaskan perlunya peningkatan desain dan kualitas komponen sistem pendingin agar temperatur ideal dapat tercapai dan dipertahankan, sehingga kinerja mesin dan keandalan operasi kendaraan dapat ditingkatkan (Suryapradana & Halim, 2024).

Bukti empiris mengenai dampak pelepasan thermostat terhadap konsumsi bahan bakar telah ditunjukkan melalui beberapa penelitian eksperimental. (Amni et al., 2014) melakukan pengujian pada mesin Toyota Kijang 5K dengan variasi putaran mesin (800 rpm, 1100 rpm, 1400 rpm, 1700 rpm, dan 2000 rpm) dan menemukan bahwa pelepasan thermostat dapat menaikkan konsumsi bahan bakar sebesar 10,05%. Hasil uji statistik (uji-t) menunjukkan perbedaan yang

signifikan pada taraf 5%, dengan nilai t-hitung pada semua putaran mesin lebih besar dari t-tabel (2,920), yang mengindikasikan bahwa tanpa thermostat, mesin bekerja lebih lama pada temperatur di bawah optimum sehingga pembakaran menjadi kurang sempurna dan konsumsi bahan bakar meningkat (Amni et al., 2014). Temuan serupa juga dilaporkan oleh (Albert K. Arkoh et al., 2021) dalam studi komparatif pada mesin bensin Ford VSG 413 yang dioperasikan pada putaran konstan 1500 rpm. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa mesin dengan thermostat (WT) mengonsumsi bahan bakar rata-rata 103 ml dengan temperatur gas buang 283,2 °C, sedangkan mesin tanpa thermostat (WOT) mengonsumsi 170 ml pada temperatur gas buang 155,4 °C. Selain itu, mesin tanpa thermostat juga menghasilkan emisi yang lebih buruk, dengan kadar CO mencapai 1000 ppm dibandingkan 393,2 ppm pada mesin dengan thermostat, serta kadar Ex (explosive gas) sebesar 13,2% berbanding 0% (Albert K. Arkoh et al., 2021). Kedua studi tersebut memberikan bukti kuantitatif bahwa pelepasan thermostat tidak hanya meningkatkan konsumsi bahan bakar secara signifikan, tetapi juga memperburuk kualitas emisi gas buang akibat temperatur kerja mesin yang tidak optimal.

Berdasarkan berbagai kajian tersebut, dapat disimpulkan bahwa efisiensi dan konsumsi bahan bakar mesin diesel tidak hanya dipengaruhi oleh jenis bahan bakar dan strategi pembakaran, tetapi juga oleh kondisi termal mesin dan efektivitas sistem pendinginnya. Thermostat sebagai pengendali utama aliran *coolant* berperan langsung dalam menjaga mesin bekerja pada temperatur yang mendekati kondisi optimum operasi (Tusiime et al., 2023). Namun, kajian yang ada umumnya hanya membahas performa thermostat dan profil temperatur

sistem pendingin, belum secara spesifik mengkuantifikasi pengaruh keberadaan atau ketiadaan thermostat terhadap konsumsi bahan bakar mesin diesel tipe tertentu (Suryapradana & Halim, 2024).

Di sisi lain, banyak penelitian mengenai konsumsi bahan bakar mesin diesel, baik menggunakan solar murni, biodiesel, campuran alkohol, maupun dual fuel dilakukan dengan konfigurasi sistem pendingin standar pabrikan yang diasumsikan berfungsi normal (Nagappan & Babu, 2024). Meskipun studi eksperimental seperti (Amni et al., 2014) dan (Albert K. Arkoh et al., 2021) telah memberikan bukti dampak negatif pelepasan thermostat pada mesin bensin, hampir tidak ada penelitian yang secara eksplisit membandingkan konsumsi BBM antara dua konfigurasi sistem pendingin yang identik kecuali pada keberadaan thermostat, yakni mesin diesel yang dioperasikan dengan thermostat dan tanpa thermostat pada rentang putaran dan beban yang sama (Sabarish et al., 2023). Padahal, secara teoritis, penghilangan thermostat berpotensi menyebabkan mesin bekerja lebih lama pada temperatur di bawah optimum (*over-cooling*), yang dapat mengakibatkan pembakaran kurang sempurna, peningkatan gesekan, dan penurunan efisiensi termal sehingga konsumsi BBM per satuan daya cenderung meningkat (Abdullah, 2021).

Kesenjangan inilah yang menjadi dasar pentingnya dilakukan penelitian lebih lanjut pada mesin diesel tipe yang banyak digunakan di lapangan, salah satunya mesin diesel C223 (Nagappan & Babu, 2024). Mesin C223 banyak diaplikasikan pada kendaraan niaga dan mesin kerja, sehingga karakteristik konsumsi BBM-nya memiliki implikasi langsung terhadap biaya operasional dan efisiensi penggunaan bahan bakar di lapangan (NeuroQuantology, 2022).

Namun, informasi kuantitatif mengenai seberapa besar pengaruh penggunaan thermostat terhadap konsumsi BBM mesin diesel C223, serta pada kondisi operasi seperti apa perbedaan konsumsi BBM antara konfigurasi dengan dan tanpa thermostat menjadi paling signifikan, belum banyak dilaporkan (Suryapradana & Halim, 2024).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian dengan judul “Perbandingan Konsumsi BBM Mesin Diesel C223 dengan dan tanpa Thermostat” menjadi relevan untuk dilaksanakan. Penelitian ini diarahkan untuk menjawab dua pertanyaan penelitian utama, yaitu: (1) bagaimana pengaruh penggunaan thermostat terhadap konsumsi bahan bakar mesin diesel C223; dan (2) pada kondisi operasi seperti apa perbedaan konsumsi BBM paling signifikan antara konfigurasi mesin diesel C223 dengan thermostat dan tanpa thermostat. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam memperjelas hubungan antara manajemen termal sistem pendingin dan konsumsi BBM pada mesin diesel, sekaligus memberikan rekomendasi praktis bagi pengguna dan teknisi dalam pengoperasian serta perawatan mesin diesel C223.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, saya merumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penggunaan thermostat terhadap konsumsi bahan bakar mesin diesel C223?
2. Pada kondisi operasi seperti apa perbedaan konsumsi BBM paling signifikan antara kedua konfigurasi tersebut?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dikemukakan, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui dan menganalisis pengaruh penggunaan thermostat terhadap konsumsi bahan bakar mesin diesel C223.
2. Mengetahui dan menganalisis kondisi operasi dimana perbedaan konsumsi BBM antara mesin diesel C223 dengan dan tanpa thermostat paling signifikan.

1.4. Batasan Penelitian

Agar penelitian ini lebih terarah dan tidak menyimpang dari tujuan yang telah ditetapkan, maka batasan penelitian ditetapkan sebagai berikut:

1. Objek penelitian yang digunakan adalah mesin diesel tipe C223 dalam kondisi standar operasional.
2. Variabel bebas yang diuji adalah konfigurasi sistem pendingin mesin, yaitu mesin diesel C223 dengan thermostat dan tanpa thermostat.
3. Kondisi operasi yang diuji mencakup variasi putaran mesin 1500 rpm dalam 10 menit.
4. Jenis bahan bakar yang digunakan adalah solar (diesel fuel) standar komersial tanpa pencampuran biodiesel atau aditif.
5. Kondisi lingkungan pengujian dilakukan pada temperatur ruang berkisar 27–32 °C dengan tekanan atmosfer normal.
6. Penelitian tidak membahas aspek keausan komponen mesin dalam jangka panjang, melainkan fokus pada pengukuran konsumsi bahan bakar dan emisi dalam kondisi pengujian terkontrol.

7. Analisis ekonomi terbatas pada perhitungan biaya bahan bakar berdasarkan konsumsi yang terukur, tidak mencakup analisis biaya perawatan dan investasi sistem pendingin secara komprehensif.

1.5. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis

- Memberikan kontribusi ilmiah dalam bidang teknik mesin khususnya terkait hubungan antara manajemen termal sistem pendingin dan efisiensi konsumsi bahan bakar pada mesin diesel.
- Memperkaya literatur mengenai pengaruh thermostat terhadap kinerja mesin diesel tipe C223, yang selama ini masih terbatas dalam literatur ilmiah.
- Menyediakan data empiris yang dapat digunakan sebagai referensi untuk penelitian lanjutan mengenai optimasi sistem pendingin mesin diesel.
- Memperjelas mekanisme pengaruh temperatur kerja mesin terhadap proses pembakaran, konsumsi bahan bakar, dan karakteristik emisi gas buang.

2. Manfaat Praktis

Bagi operator dan pengguna kendaraan:

1. Memberikan pemahaman yang lebih baik mengenai pentingnya keberadaan thermostat dalam sistem pendingin mesin.
2. Membantu pengambilan keputusan yang tepat terkait perawatan dan pengoperasian mesin diesel C223.

3. Meningkatkan kesadaran tentang dampak ekonomis dari pelepasan thermostat terhadap biaya operasional bahan bakar.

Bagi teknisi dan mekanik:

1. Menyediakan bukti ilmiah yang dapat dijadikan pedoman dalam praktik perawatan sistem pendingin mesin.
2. Mencegah praktik pelepasan thermostat yang keliru dengan memberikan data konkret mengenai dampak negatifnya.
3. Memberikan rekomendasi praktis untuk menjaga sistem pendingin agar bekerja pada kondisi optimal.

Bagi industri dan sektor transportasi:

1. Membantu efisiensi operasional melalui penghematan konsumsi bahan bakar dengan menjaga sistem pendingin berfungsi optimal.
2. Mendukung upaya pengurangan emisi gas buang untuk mencapai standar lingkungan yang lebih ketat.
3. Menurunkan biaya operasional kendaraan niaga yang menggunakan mesin diesel C223.

Bagi pengembang dan produsen mesin:

1. Memberikan masukan untuk pengembangan desain sistem pendingin yang lebih efektif dan efisien.
2. Menyediakan data karakteristik mesin diesel C223 pada berbagai kondisi operasi sebagai bahan evaluasi produk.

Bagi akademisi dan mahasiswa:

1. Dapat dijadikan sebagai bahan referensi untuk penelitian-penelitian selanjutnya di bidang teknik mesin, khususnya sistem pendingin dan efisiensi mesin diesel.
2. Menyediakan metodologi penelitian eksperimental yang dapat diadaptasi untuk kajian serupa pada tipe mesin lain.

Bagi lingkungan:

1. Mendukung upaya pengurangan emisi polutan dari sektor transportasi melalui optimalisasi sistem pendingin mesin.
2. Berkontribusi terhadap efisiensi energi dan penggunaan bahan bakar yang lebih bertanggung jawab secara lingkungan.