

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia menghadapi tantangan dalam menjaga ketahanan energi dan menekan emisi dari sektor transportasi yang masih didominasi bahan bakar diesel. Sebagai upaya transisi energi, pemerintah menerapkan program mandatori biodiesel yang telah berkembang dari B20 dan B30 hingga mencapai B35 secara nasional (Kementerian ESDM, 2023). Meskipun program ini memberikan manfaat ekonomi dan lingkungan yang signifikan, rencana peningkatan campuran ke level lebih tinggi seperti B50 atau B100 menimbulkan tantangan baru, khususnya terkait kinerja mesin diesel.

Sektor energi merupakan kontributor utama emisi gas rumah kaca secara global, yang sebagian besar berasal dari pembakaran bahan bakar fosil pada sektor transportasi, industri, dan pembangkit listrik. Di Indonesia, sektor pembangkit listrik dan transportasi menjadi penyumbang emisi yang signifikan seiring dengan meningkatnya kebutuhan energi nasional. Ketergantungan terhadap bahan bakar fosil tidak hanya berdampak pada peningkatan emisi, tetapi juga pada ketahanan energi jangka panjang. Oleh karena itu, transisi menuju sumber energi yang lebih bersih dan terbarukan menjadi langkah strategis untuk menekan emisi serta mendukung keberlanjutan sistem energi nasional (Kementerian ESDM, 2022).

Biodiesel sebagai bahan bakar alternatif menjadi bagian penting dalam mendukung transisi energi bersih yang sejalan dengan tujuan *Sustainable Development Goals* (SDGs) 7, yaitu menjamin akses energi yang terjangkau, andal, berkelanjutan, dan modern. Serta meningkatkan jumlah energi terbarukan dalam bauran energi global

secara signifikan dan meningkatkan efisiensi energi secara global pada tahun 2030 (Zhao Q et.al, 2025). Selain itu, pemanfaatan biodiesel berkontribusi langsung terhadap pencapaian *Net Zero Emission* (NZE) dengan mengurangi emisi gas rumah kaca dari sektor transportasi dan industri, menuju keseimbangan emisi tahun 2050 (Agency IE, 2023).

Biodiesel tersusun atas *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME) yang memiliki angka setana relatif tinggi dan kandungan oksigen dalam molekulnya. Kandungan oksigen ini berkontribusi pada proses pembakaran yang lebih bersih serta penurunan emisi karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC) (Khalaf et al., 2024). Beberapa penelitian melaporkan bahwa penggunaan biodiesel mampu menurunkan emisi gas buang dibandingkan solar konvensional. Penggunaan biodiesel hingga konsentrasi tertentu dapat meningkatkan efisiensi pembakaran dan menurunkan emisi, namun pada konsentrasi yang lebih tinggi efisiensi cenderung menurun (Simsek, 2020).

Penurunan performa pada konsentrasi biodiesel yang lebih tinggi disebabkan oleh sifat fisik biodiesel yang berbeda dari solar, terutama viskositas dan densitas yang lebih tinggi serta nilai kalor yang lebih rendah (Heywood, 1988; Stone, 2012). Viskositas merupakan parameter penting dalam sistem injeksi mesin diesel karena sangat mempengaruhi kualitas atomisasi bahan bakar. Menurut Heywood (1988), bahan bakar dengan viskositas tinggi menghasilkan droplet berukuran lebih besar sehingga proses penguapan menjadi lebih lambat dan pencampuran udara–bahan bakar kurang homogen. Kondisi ini dapat memperpanjang *ignition delay* dan menurunkan efisiensi pembakaran.

Sejumlah penelitian internasional dalam lima tahun terakhir telah mengkaji pengaruh campuran biodiesel B10 hingga B40 terhadap kinerja dan emisi mesin diesel. Campuran B20–B40 berbasis minyak sawit mampu menurunkan emisi CO, HC, dan asap, dengan B20 menunjukkan keseimbangan terbaik antara efisiensi termal dan stabilitas performa (Musthafa et al, 2025). Biodiesel mikroalga dengan campuran B10–B30 juga menunjukkan tren penurunan emisi CO₂ dan HC dibandingkan solar murni, meskipun terjadi variasi pada konsumsi bahan bakar (Alzubaidi et al, 2024).

Peningkatan fraksi biodiesel hingga B30 meningkatkan kandungan oksigen bahan bakar sehingga membantu pembakaran lebih sempurna, namun mulai memengaruhi efisiensi akibat sifat fisik bahan bakar (Mohammed et al, 2024). Campuran B20–B40 terjadi kecenderungan penurunan *Brake Thermal Efficiency* (BTE) dan peningkatan *Specific Fuel Consumption* (SFC) seiring bertambahnya viskositas biodiesel. Peningkatan rasio biodiesel hingga B40 menurunkan daya dan torsi mesin akibat karakteristik atomisasi yang kurang optimal (kumar et al, 2023). Secara umum, campuran biodiesel B10–B40 terbukti mampu menurunkan emisi gas buang, namun peningkatan fraksi biodiesel menyebabkan kenaikan viskositas dan penurunan nilai kalor bahan bakar. Viskositas yang lebih tinggi menurunkan kualitas atomisasi saat injeksi sehingga proses pembakaran menjadi kurang optimal dan performa mesin menurun. Oleh karena itu, penelitian pada campuran yang lebih tinggi seperti B50 perlu dilakukan, khususnya dengan pendekatan pemanasan awal bahan bakar untuk menurunkan viskositas dan meningkatkan efisiensi pembakaran.

Salah satu metode yang banyak dikaji untuk mengatasi permasalahan viskositas adalah pemanasan awal bahan bakar (fuel preheating). Peningkatan temperatur bahan bakar terbukti mampu menurunkan viskositas secara signifikan serta meningkatkan fluiditas bahan bakar sebelum proses injeksi (Srinivasan et al., 2022). Penurunan viskositas akibat pemanasan dapat memperbaiki karakteristik spray dan distribusi bahan bakar di dalam ruang bakar. Peningkatan temperatur bahan bakar biodiesel dapat meningkatkan efisiensi termal serta menurunkan konsumsi bahan bakar spesifik dibandingkan kondisi tanpa pemanasan (Kumar et al, 2019).

Meskipun berbagai penelitian telah mengkaji penggunaan biodiesel pada mesin diesel, kajian yang secara spesifik menganalisis pengaruh variasi suhu pemanasan awal terhadap campuran B50 terhadap parameter unjuk kerja mesin masih relatif terbatas. Sebagian besar penelitian berfokus pada aspek emisi atau perbandingan rasio campuran bahan bakar, bukan pada optimasi temperatur bahan bakar sebagai variabel utama. Oleh karena itu, diperlukan penelitian eksperimental yang secara sistematis

mengevaluasi pengaruh variasi suhu pemanasan awal bahan bakar biodiesel B50 terhadap daya indikasi, torsi, dan konsumsi bahan bakar spesifik pada mesin diesel.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam memahami efektivitas metode preheating sebagai solusi teknis untuk meningkatkan performa mesin diesel berbahan bakar campuran biodiesel tinggi, sekaligus mendukung implementasi kebijakan biodiesel nasional secara lebih optimal dan berkelanjutan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dapat diambil dari latar belakang pada penelitian ini, yaitu :

1. Bagaimana pengaruh variasi temperatur pemanasan awal terhadap perubahan viskositas kinematik bahan bakar B50?
2. Bagaimana pengaruh variasi temperatur pemanasan awal bahan bakar B50 terhadap *specific fuel consumption* (SFC) pada mesin diesel?
3. Bagaimana pengaruh variasi temperatur pemanasan awal bahan bakar B50 terhadap efisiensi termal mesin diesel?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah dan sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan menggunakan mesin diesel satu silinder empat langkah tipe 186FA sebagai objek pengujian. Bahan bakar yang digunakan dalam penelitian ini adalah biodiesel B50.
2. Perlakuan yang diberikan pada bahan bakar adalah pemanasan awal (*preheating*) B50 menggunakan pemanas elektrik yang ditempatkan pada saluran bahan bakar sebelum bahan bakar masuk ke sistem injeksi. Variasi yang diteliti hanya terbatas pada suhu pemanasan awal bahan bakar biodiesel B50.
3. Kondisi operasi mesin selain temperatur pemanasan awal dibatasi agar tetap pada kondisi pengujian yang telah ditentukan, sehingga analisis pengaruh

difokuskan pada perubahan temperatur pemanasan awal bahan bakar terhadap parameter unjuk kerja mesin.

4. Perlakuan yang diberikan pada bahan bakar adalah pemanasan awal (preheating) B50 menggunakan pemanas elektrik yang ditempatkan pada saluran bahan bakar sebelum bahan bakar masuk ke sistem injeksi. Variasi yang diteliti dibatasi pada kondisi tanpa pemanasan awal, pemanasan awal 70°C, dan pemanasan awal 90°C.
5. Pengujian dilakukan pada kondisi putaran mesin 1000 rpm dan 1500 rpm.
6. Karakteristik bahan bakar yang digunakan sebagai parameter pendukung analisis dibatasi pada densitas, viskositas kinematik, dan *Lower heating value* (LHV).
7. Parameter unjuk kerja mesin yang dianalisis dibatasi pada laju aliran massa bahan bakar, energi input bahan bakar (Q_{in}), dan Specific Fuel Consumption (SFC), dan efisiensi termal.
8. Pengambilan data dilakukan sebanyak 5 kali pengulangan pada setiap kondisi pengujian, dengan waktu pengambilan data 1 menit untuk setiap pengulangan. Ketidakpastian atau variasi data hasil pengukuran dianalisis berdasarkan nilai rata-rata dan standar deviasi.
9. Penelitian dibatasi pada analisis pengaruh temperatur pemanasan awal B50 terhadap parameter unjuk kerja mesin diesel 186FA pada kondisi pengujian yang telah ditentukan dan tidak mencakup analisis emisi gas buang, tekanan pembakaran di dalam silinder, laju pelepasan kalor (heat release rate), perubahan timing injeksi, keausan komponen, optimasi desain preheater, maupun analisis ekonomi penggunaan sistem pemanasan awal.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini, yaitu :

1. Menganalisis pengaruh pemanasan awal bahan bakar biodiesel B50 terhadap viskositas kinematik.

2. Menganalisis hubungan antara peningkatan suhu pemanasan awal bahan bakar biodiesel B50 terhadap konsumsi bahan bakar spesifik mesin diesel.
3. Menganalisis hubungan antara peningkatan suhu pemanasan awal bahan bakar biodiesel B50 terhadap efisiensi termal mesin diesel.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. **Manfaat Akademis**
Memberikan kontribusi ilmiah dan referensi tambahan mengenai pengaruh pemanasan awal bahan bakar biodiesel B50 terhadap kinerja dan emisi mesin diesel, serta dapat digunakan sebagai bahan rujukan untuk penelitian selanjutnya.
2. **Manfaat Praktis**
Memberikan informasi teknis mengenai pemanfaatan preheater bahan bakar biodiesel B50 sebagai upaya untuk meningkatkan kinerja mesin diesel
3. **Manfaat Pengembangan Teknologi**
Sebagai dasar pertimbangan dalam pengembangan dan penerapan sistem pemanasan awal bahan bakar biodiesel pada mesin diesel untuk meningkatkan performa dan efisiensi penggunaan bahan bakar alternatif.