

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dengan meningkatnya kebutuhan energi global dan terbatasnya cadangan bahan bakar fosil, ketergantungan pada bahan bakar fosil menimbulkan risiko kelangkaan energi. Dalam sepuluh tahun terakhir, penggunaan bahan bakar fosil dalam konsumsi energi global terus mengalami penurunan, dari 82% pada tahun 2013 menjadi 80% pada tahun 2023. Selama periode ini, permintaan energi meningkat sebesar 15%, di mana 40% dari pertumbuhan tersebut dipenuhi oleh sumber energi bersih, termasuk energi terbarukan di sektor kelistrikan dan penggunaan akhir, serta nuklir, dan bahan bakar dengan emisi rendah seperti teknologi penangkapan, pemanfaatan, dan penyimpanan karbon. Sementara itu, di negara-negara maju, permintaan energi secara keseluruhan mengalami penurunan rata-rata sebesar 0,5% per tahun dalam dekade terakhir. Di sisi lain, di negara-negara berkembang dan pasar yang sedang tumbuh – yang mencakup hampir 85% populasi dunia – permintaan energi meningkat sekitar 2,6% per tahun dalam sepuluh tahun terakhir (Cozzi and Gould, 2024), (Hassan *et al.*, 2023). Dalam ketergantungan bahan bakar fosil sebanyak 58% digunakan untuk otomotif contohnya pada mesin diesel (Hassan *et al.*, 2023). Salah satu kelemahan utama mesin berbahan bakar fosil adalah emisi gas rumah kaca, terutama CO₂, yang berkontribusi besar terhadap pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, minat terhadap bahan bakar dari sumber terbarukan seperti alkohol, biodiesel, biogas (BG), dan hidrogen semakin meningkat karena potensinya untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan (Rimkus *et al.*, 2024).

Biodiesel sendiri merupakan bahan bakar ramah lingkungan yang termasuk dalam sumber energi bersih dan terbarukan. Bahan bakar biodiesel biasanya diproduksi dari reaksi transesterifikasi lemak hewan atau minyak nabati. Kandungan oksigen dalam biodiesel berkisar antara 11% hingga 15%, yang membantu meningkatkan proses pembakaran serta mengurangi emisi yang dihasilkan dari pembakaran diesel (Amir Khalid *et al.*, 2017). Salah satu contoh

dari biodiesel adalah biodiesel yang berasal dari minyak kelapa sawit. Minyak kelapa sawit menghasilkan pendapatan tertinggi per hektar, menjadikannya bahan baku terbaik untuk produksi biodiesel alternatif. Hal ini mendorong minyak sawit sebagai pilihan utama dalam pengembangan bahan bakar terbarukan di tingkat global. Indonesia sebagai salah satu produsen minyak sawit mentah atau yang dikenal dengan *Crude Palm Oil* (CPO) terbesar di dunia, memiliki peran penting dalam memenuhi kebutuhan CPO secara global. Dalam beberapa tahun terakhir, produksi CPO di Indonesia telah mengalami peningkatan yang signifikan, sebagaimana terlihat dari bertambahnya ragam produk berbasis minyak sawit. Pertumbuhan ini tidak hanya mencerminkan permintaan pasar yang meningkat, tetapi juga menegaskan posisi Indonesia dalam rantai pasokan biodiesel berbahan dasar sawit yang berkelanjutan (Cahyo *et al.*, 2023).

Pada biodiesel salah satu sifat utamanya adalah viskositas, yang sekitar dua kali lebih besar dibandingkan dengan diesel dan meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi biodiesel. Viskositas yang tinggi ini dapat menyebabkan masalah, terutama pada suhu lingkungan rendah dan saat menyalakan mesin dalam kondisi dingin (Veza *et al.*, 2021). Viskositas kinematik cenderung meningkat seiring dengan kandungan biodiesel yang lebih tinggi karena molekul biodiesel lebih kental daripada molekul diesel, sebagian besar disebabkan oleh berat molekul biodiesel yang lebih besar. Ini menjadi perhatian utama dalam penggunaan biodiesel karena viskositas yang ideal harus mampu memberikan pelumasan yang cukup bagi komponen mesin tanpa mengorbankan performa. Viskositas yang ada pada CPO yang relatif tinggi berkisar 20-50 cSt pada 40°C (Veza *et al.*, 2022) menjadi tantangan yang perlu diatasi melalui berbagai metode seperti preheating atau pencampuran dengan bahan bakar lain. Hal ini juga dilihat pada penggunaan minyak kelapa sawit mentah secara langsung di mesin diesel tidak disarankan karena dapat menimbulkan dampak negatif, seperti peningkatan konsumsi bahan bakar, penurunan daya output, penumpukan karbon dalam ruang bakar, serta penurunan kualitas pelumas (Prahmana *et al.*, 2024).

Menurut Misra dkk (Misra and Murthy, 2010), meneliti pencampuran langsung minyak nabati dengan bahan bakar diesel pada mesin pembakaran

kompresi dan menyimpulkan bahwa viskositas campuran yang lebih tinggi menyebabkan atomisasi bahan bakar yang buruk. Hal ini berdampak pada pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna serta menyebabkan timbunan karbon pada injektor dan kursi katup, yang berujung pada pengotoran serius pada mesin. Penelitian Bari dkk juga (Bari, Lim and Yu, 2002), mempelajari dampak pemanasan minyak sawit mentah (CPO) pada sistem injeksi, performa, dan emisi mesin diesel. Para peneliti menemukan bahwa pada suhu ruangan, viskositas CPO sekitar 10 kali lebih tinggi daripada diesel. Agar viskositasnya mendekati diesel, suhu pemanasan minimal 92°C dibutuhkan untuk memastikan aliran bahan bakar yang lancar melalui injektor.

Menurut penelitian (Siwale *et al.*, 2013), bahwa penggunaan campuran n-Butanol pada bahan bakar diesel dalam mesin diesel dapat mengurangi emisi karbon monoksida (CO) dan jelaga secara signifikan, meskipun menyebabkan peningkatan emisi nitrogen oksida (NOx) dan hidrokarbon tidak terbakar (UHC). Dalam pengurangan emisi karbon monoksida (CO) hingga 71,4% dan jelaga hingga 85,1%, dibandingkan dengan diesel. Dari segi pembakaran, campuran n-butanol/diesel menghasilkan stabilitas yang lebih baik serta meningkatkan efisiensi pencampuran udara-bahan bakar, yang terlihat dari fase pembakaran premixed yang lebih intensif. Dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang menggunakan biodiesel dan bioetanol, jurnal ini menunjukkan keunggulan dalam pengurangan emisi yang lebih besar, terutama dalam hal CO dan jelaga. Selain itu, n-butanol memiliki sifat fisikokimia yang lebih baik dibandingkan etanol, seperti nilai kalor lebih tinggi dan angka setana yang lebih baik, menjadikannya kandidat bahan bakar alternatif yang lebih unggul.

Penelitian lebih lanjut menunjukkan bahwa penambahan antioksidan dapat meningkatkan karakteristik emisi serta kemampuan penyimpanan bahan bakar, secara signifikan mengurangi degradasi bahan bakar. Antioksidan fenolik seperti TBHQ, BHA, dan BHT umumnya digunakan untuk mengendalikan degradasi bahan bakar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan antioksidan mampu mengurangi emisi NOx, meskipun ada peningkatan emisi asap, CO, dan

HC (Varatharajan and Cheralathan, 2013) (Varatharajan, Cheralathan and Velraj, 2011).

Berdasarkan paragraf sebelumnya, penelitian ini akan menguji performa dan emisi yang dihasilkan dari beberapa variasi bahan bakar, yaitu CPO, CPO+n-Butanol, CPO+BHT, B40, B40+n-Butanol, dan B40+BHT sebagai pembanding. Pengujian akan dilakukan pada mesin diesel dengan variasi putaran mesin antara 1250 hingga 2250 RPM pada kondisi beban konstan yaitu 4000 Watt. Variasi putaran mesin ini dipilih untuk mengetahui respons mesin terhadap perubahan kecepatan dan bagaimana emisi yang dihasilkan pada kondisi yang berbeda. Dalam pengujian ini, parameter performa yang akan diamati mencakup daya dan efisiensi mesin, sementara parameter emisi yang dianalisis mencakup kadar NO_x, CO, HC, CO₂, O₂, dan opasitas asap. Dengan melakukan pengujian pada beberapa kombinasi bahan bakar ini, diharapkan diperoleh data komprehensif mengenai dampak n-butanol dan BHT pada performa mesin serta potensi pengurangan emisi yang dihasilkan.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan bahan bakar campuran berbasis CPO yang lebih ramah lingkungan serta berpotensi menurunkan emisi gas buang yang dihasilkan oleh mesin diesel. Hasil dari penelitian ini diharapkan tidak hanya bermanfaat untuk mengurangi dampak polusi udara, tetapi juga sebagai solusi dalam menghadapi keterbatasan bahan bakar fosil di masa depan. Dengan meningkatnya tuntutan akan bahan bakar yang lebih bersih, campuran bahan bakar seperti B40 dengan aditif n-butanol dan BHT diharapkan dapat menjadi salah satu alternatif yang efisien dan berkelanjutan. Serta penambahan aditif pada CPO yang diharapkan dapat mengurangi emisi dan pembentukan deposit. Penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan referensi bagi industri otomotif dan energi dalam mengembangkan bahan bakar yang lebih ramah lingkungan tanpa mengorbankan performa mesin diesel yang telah dikenal tangguh dan efisien.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana karakteristik performa mesin dan emisi gas buang yang dihasilkan dari penggunaan variasi bahan bakar, yaitu CPO, CPO+n-Butanol, CPO+BHT, B40, B40+n-Butanol, dan B40+BHT, pada mesin diesel dengan variasi putaran mesin 1250, 1500, 1750, 2000, dan 2250 RPM pada kondisi beban konstan 4000 Watt?
2. Bagaimana penggunaan aditif seperti n-Butanol dan *Butylated Hydroxytoluene* (BHT) dalam bahan bakar CPO dan B40 dapat meningkatkan performa mesin dan mengurangi emisi gas buang pada mesin diesel yang diuji dalam beban konstan 4000 Watt dengan variasi putaran mesin?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Menganalisis karakteristik performa mesin dan emisi gas buang yang dihasilkan dari penggunaan variasi bahan bakar, yaitu CPO, CPO+n-Butanol, CPO+BHT, B40, B40+n-Butanol, dan B40+BHT, pada mesin diesel dengan variasi putaran mesin 1250, 1500, 1750, 2000, dan 2250 RPM dalam kondisi beban konstan 4000 Watt.
2. Menganalisis pengaruh penggunaan aditif seperti n-Butanol dan *Butylated hydroxytoluene* (BHT) dalam bahan bakar CPO dan B40 terhadap peningkatan performa mesin dan penurunan emisi gas buang.

1.4 Batasan Penelitian

1. Pengujian dilakukan dengan menggunakan mesin diesel Kubota RD 65 DI-NB dan Altenator Denyo FA-5.
2. Bahan bakar *Crude Palm Oil* (CPO) yang digunakan berasal dari PT. Salim Ivomas Pratama.
3. Bahan bakar B40 yang digunakan diperoleh dari Dexlite PT. Pertamina dengan kandungan 40% biodiesel dan 60% minyak fosil.
4. Aditif tambahan yang digunakan adalah n-Butanol dan *Butylated hydroxytoluene* (BHT).
5. *Crude Palm Oil* (CPO) temperatur 100°C.

6. Beban pengujian mesin diesel dilakukan secara konstan menggunakan lampu halogen sebesar 4000 Watt.
7. Parameter yang diukur dalam performa mesin meliputi daya, torsi, konsumsi bahan bakar spesifik, efisiensi termal, serta temperatur pada komponen-komponen seperti *exhaust*, *intake*, *cylinder block*, *cylinder head*, dan *coolant*.
8. Parameter tambahan yang diukur adalah getaran mesin, tingkat kebisingan suara mesin, dan intensitas cahaya.
9. Parameter yang diukur dalam emisi gas buang yang dianalisis mencakup CO, CO₂ NO_x, O₂ dan HC.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Memberikan kontribusi pengetahuan tentang performa dan emisi gas buang mesin diesel dengan penggunaan bahan bakar berbasis CPO.
2. Menjadi referensi untuk pengembangan penelitian selanjutnya terkait bahan bakar alternatif yang optimal untuk mesin diesel.
3. Memberikan informasi tentang potensi penggunaan CPO dan turunannya sebagai bahan bakar alternatif.
4. Mendukung program diversifikasi energi dan penggunaan bahan bakar yang lebih ramah lingkungan.
5. Memberikan rekomendasi untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan meningkatkan keberlanjutan energi.