

BAB 5

PENUTUP

Bab ini menyajikan kesimpulan yang diperoleh berdasarkan hasil simulasi dan pembahasan mengenai pengaruh strategi *multiple injection* dan variasi *dwel time* terhadap karakteristik pembakaran serta performa mesin diesel Cummins N14. Selain itu, bab ini juga memuat saran yang diharapkan dapat menjadi masukan bagi penelitian selanjutnya maupun pengembangan simulasi mesin diesel menggunakan perangkat lunak ANSYS Forte *Student Version*.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi Computational Fluid Dynamics (CFD) menggunakan ANSYS Forte terhadap karakteristik pembakaran dan performa mesin diesel Cummins N14, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada tahap analisis single injection, kombinasi putaran mesin 1500 RPM dan *Main Duration of Injection* (DOI) 12 CAD menghasilkan performa terbaik dalam rentang variasi yang diuji, dengan IMEP sebesar 0,43868 MPa, ISFC sebesar 187,94 g/kWh, dan efisiensi termal sebesar 42,985%. Hasil simulasi pada konfigurasi tersebut menunjukkan distribusi *droplet* dan pencampuran udara-bahan bakar yang lebih baik, sehingga energi hasil pembakaran dapat dimanfaatkan secara lebih efektif dibandingkan konfigurasi *single injection* lainnya.
2. Penerapan strategi *multiple injection* menunjukkan bahwa variasi *fuel injection quantity ratio* dan *dwel time* menghasilkan perubahan pada karakteristik pembakaran dan performa mesin. Dalam rentang variasi yang diuji, kombinasi terbaik diperoleh pada rasio *pilot-main* 10:90 dengan *dwel time* 15 CAD, yang menghasilkan IMEP sebesar 0,43933 MPa, ISFC sebesar 187,66 g/kWh, dan efisiensi termal sebesar 43,049%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pembagian injeksi menjadi dua tahap menghasilkan proses *thermal pre-conditioning*, sehingga pelepasan panas berlangsung lebih bertahap dan efisiensi termal sedikit meningkat dibandingkan kondisi optimum *single injection*.

3. Berdasarkan hasil simulasi, strategi *multiple injection* berpotensi dikembangkan sebagai pendekatan *retrofitting* untuk meningkatkan performa dan efisiensi mesin diesel Cummins N14 yang telah lama beroperasi. Pembagian injeksi ke dalam tahap *pilot* dan *main injection* membuat pelepasan panas berlangsung lebih bertahap sehingga kenaikan tekanan di dalam silinder menjadi lebih terkendali dibandingkan pembakaran yang terjadi secara tiba-tiba. Pelepasan panas yang lebih bertahap mengindikasikan proses pembakaran yang lebih terkendali. Namun, pengaruhnya terhadap *diesel knock* dan pembebanan mekanis masih memerlukan pengujian lebih lanjut. Dengan demikian, strategi *multiple injection* berpotensi menjadi alternatif untuk meningkatkan performa dan efisiensi operasi mesin tanpa mengganti unit mesin secara keseluruhan.

5.2 Saran

1. Penelitian selanjutnya disarankan melakukan analisis pembentukan emisi, seperti NO_x, soot, CO, dan UHC, sehingga pengaruh strategi *multiple injection* dapat dievaluasi tidak hanya dari sisi performa, tetapi juga dari aspek lingkungan.
2. Penelitian berikutnya dapat mengembangkan variasi parameter lain, seperti *injection pressure*, *dual-fuel injection*, jumlah tahap injeksi, maupun penggunaan bahan bakar alternatif untuk memperoleh konfigurasi pembakaran yang lebih optimal.
3. Hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai referensi dalam pengembangan strategi *retrofitting* sistem injeksi pada mesin diesel *heavy-duty* yang telah lama beroperasi. Optimalisasi parameter injeksi melalui pengaturan *pilot-main injection* dan *dwel time* berpotensi menjadi solusi yang lebih ekonomis untuk meningkatkan efisiensi pembakaran sekaligus menjaga keandalan operasional mesin.