

ANALISIS KARAKTERISTIK TEKANAN PEMBAKARAN MESIN DIESEL MENGUNAKAN SOFTWARE SOFTHALIZA 8.7

Moh. Syaiful Anwar¹, Mochamad Shaleh²

^{1,2}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sunan Giri Surabaya
Jl. Brigjen Katamso II Waru Sidoarjo
Email: msa.syaiful1@gmail.com

ABSTRACT

This study analyzes the combustion pressure characteristics of Diesel Engine #8 using SoftHaliza 8.7 software through the Pressure Combustion Analysis (PCA) method. The research aimed to evaluate the effect of fuel additive usage on combustion pressure performance in each cylinder. Data collection was conducted by measuring combustion pressure before and after the application of fuel additive under stable engine operating conditions. The analysis results showed that the use of fuel additive improved the combustion characteristics in all cylinders. The average combustion pressure increased from 56.50 bar before additive application to 67.99 bar after additive application, with an average deviation of 11.49 bar. The highest pressure increase occurred in Cylinder 4 with a deviation of 17.3 bar, while the lowest increase was observed in Cylinder 5 with a deviation of 8.9 bar. In addition, the combustion pressure graphs generated by SoftHaliza 8.7 indicated smoother and more stable expansion curves after additive application, reflecting a more complete combustion process and improved combustion efficiency. Overall, SoftHaliza 8.7 proved effective for monitoring combustion pressure characteristics, identifying combustion conditions in each cylinder, and supporting predictive maintenance activities to improve the reliability and operational performance of diesel engines.

Keywords: diesel engine; combustion pressure; SoftHaliza 8.7; pressure combustion analysis; fuel additive; predictive maintenance.

Riwayat Artikel :

Tanggal diterima : 29-11-2024

Tanggal revisi : 02-12-2024

Tanggal terbit : 05-12-2024

DOI :

<https://doi.org/10.31949/jensitec.v10i02.xx.xx>

PENDAHULUAN

Mesin diesel merupakan salah satu penggerak utama pada sistem pembangkitan tenaga listrik, industri maritim, dan sektor manufaktur karena

memiliki efisiensi termal yang tinggi serta kemampuan bekerja pada beban besar secara kontinu [1]. Keandalan mesin diesel sangat dipengaruhi oleh kualitas proses pembakaran yang terjadi

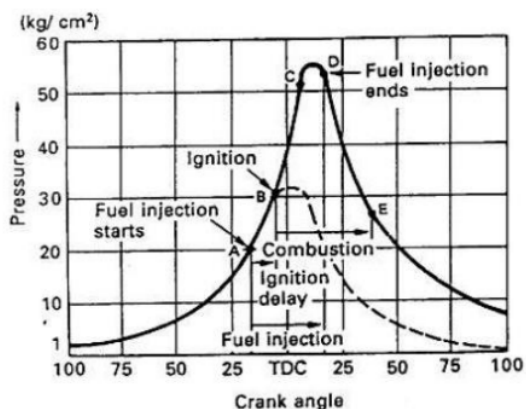
This is an open access article under the CC BY-4.0 license.



di dalam ruang bakar. Proses pembakaran yang optimal akan menghasilkan tekanan pembakaran yang stabil sehingga daya yang dihasilkan mesin dapat bekerja secara maksimal dengan konsumsi bahan bakar yang efisien [2].

Karakteristik tekanan pembakaran menjadi parameter penting dalam mengevaluasi performa mesin diesel. Tekanan pembakaran menggambarkan proses konversi energi kimia bahan bakar menjadi energi mekanik melalui proses kompresi dan pembakaran di dalam silinder [3]. Ketidaksesuaian tekanan pembakaran antar silinder dapat menyebabkan distribusi daya yang tidak merata, meningkatnya getaran mekanis, penurunan efisiensi termal, hingga kerusakan komponen mesin seperti piston, injector, dan cylinder liner [4].

Proses pembakaran yang terjadi didalam silinder mesin diesel dapat dibagi menjadi beberapa proses diantaranya :



Gambar 1. Proses Pembakaran dalam Silinder Mesin Diesel

Untuk proses pembakaran dapat diuraikan sebagai berikut:

a. Pembakaran Tertunda (A-B)

Tahap ini merupakan persiapan pembakaran. Bahan bakar disemprotkan oleh injektor berupa kabut ke udara panas dalam ruang bakar sehingga bercampur menjadi campuran yang mudah terbakar. Pada tahap ini bahan bakar belum terbakar atau dengan kata lain pembakaran belum dimulai. Pembakaran akan mulai pada titik Peningkatan tekanan

terjadi secara konstan karena piston terus bergerak ke TMA.

b. Rambatan Api (B-C)

Campuran yang mudah terbakar telah berbentuk dan merata di seluruh bagian dalam silinder. Awal pembakaran mulai terjadi di beberapa bagian dalam silinder. Pembakaran ini berlangsung sangat cepat sehingga terjadilah letupan (explosive). Letupan ini berakibat tekanan dalam silinder meningkat dengan cepat.

c. Pembakaran Langsung (C-D)

Injektor terus menyemprotkan bahan bakar dan berakhir pada titik D. Karena injeksi bahan bakar terus berlangsung maka tekanan dan suhu tinggi terus berlanjut di dalam silinder. Akibatnya, bahan bakar yang diinjeksi langsung terbakar oleh api. Pembakaran dikontrol oleh jumlah bahan bakar yang diinjeksikan sehingga tahap ini disebut juga tahap pengontrolan pembakaran.

d. Pembakaran Lanjut (D-E)

Pada titik D, injeksi bahan bakar berhenti, namun bahan bakar masih ada yang belum terbakar. Pada periode ini sisa bahan bakar diharapkan akan terbakar seluruhnya. Apabila tahap ini terlalu panjang akan menyebabkan suhu gas buang meningkat dan efisiensi pembakaran berkurang.

e. Detonasi (Diesel Knocking)

Adakalanya dalam setiap proses pembakaran tertunda (A-B) terjadi lebih panjang. Hal ini disebabkan terlalu banyaknya bahan bakar yang diinjeksikan pada tahapan pembakaran tertunda (A-B), sehingga terlalu banyak bahan bakar yang terbakar pada tahapan kedua (B-C) yang mengakibatkan tekanan dalam silinder meningkat drastis serta menghasilkan getaran dan suara.

Perkembangan teknologi diagnostik mesin saat ini memungkinkan analisis kondisi pembakaran dilakukan secara lebih akurat melalui metode Pressure Combustion Analysis (PCA). Metode ini digunakan untuk menganalisis tekanan silinder berdasarkan hubungan

tekanan terhadap sudut poros engkol (P-0 diagram) sehingga mampu memberikan informasi detail mengenai proses pembakaran pada setiap silinder mesin diesel [5]. Analisis tersebut dapat digunakan untuk mendeteksi gangguan pembakaran seperti ignition delay, diesel knocking, ketidakseimbangan tekanan silinder, serta indikasi penurunan performa mesin [6].

Salah satu perangkat lunak yang digunakan dalam analisis tekanan pembakaran adalah SoftHaliza 8.7. Software ini berfungsi untuk merekam, mengolah, dan menampilkan data tekanan pembakaran mesin diesel dalam bentuk grafik dan parameter diagnostik lainnya. Penggunaan SoftHaliza 8.7 memungkinkan proses evaluasi kondisi mesin dilakukan secara cepat dan efisien tanpa harus melakukan pembongkaran komponen mesin [7]. Selain itu, software ini juga mendukung kegiatan condition monitoring dan predictive maintenance untuk meningkatkan keandalan operasi mesin diesel [8].

Analisis tekanan pembakaran menggunakan SoftHaliza 8.7 dapat memberikan informasi mengenai tekanan maksimum pembakaran, tekanan pada sudut tertentu, keselarasan tekanan antar silinder, serta distribusi pembakaran pada masing-masing silinder [9]. Parameter tersebut sangat penting untuk mengetahui kualitas pembakaran dan performa sistem injeksi bahan bakar. Menurut penelitian Wang et al. [10], analisis tekanan pembakaran berbasis perangkat lunak mampu meningkatkan akurasi deteksi gangguan pembakaran pada mesin diesel dibandingkan metode konvensional.

Kondisi pembakaran yang tidak stabil umumnya disebabkan oleh gangguan sistem injeksi bahan bakar, kualitas atomisasi bahan bakar yang kurang baik, keterlambatan waktu injeksi, maupun penurunan tekanan kompresi [11]. Permasalahan tersebut dapat mengakibatkan penurunan tekanan pembakaran sehingga efisiensi mesin menurun dan konsumsi bahan bakar meningkat [12]. Oleh karena itu, pemantauan tekanan pembakaran secara

berkala sangat diperlukan untuk menjaga performa mesin tetap optimal.

Dalam beberapa tahun terakhir, penerapan sistem predictive maintenance pada mesin diesel semakin berkembang seiring meningkatnya kebutuhan terhadap keandalan sistem pembangkit dan efisiensi operasional [13]. Metode ini dilakukan melalui pemantauan parameter operasi mesin secara terus-menerus untuk mendeteksi potensi kerusakan sejak dini. Salah satu parameter utama yang digunakan dalam predictive maintenance adalah tekanan pembakaran karena parameter ini mampu menggambarkan kondisi pembakaran dan performa mekanis mesin secara menyeluruh [14].

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa analisis tekanan pembakaran dapat digunakan untuk mengevaluasi kondisi operasi mesin diesel secara efektif. Stabilitas tekanan pembakaran menunjukkan bahwa sistem injeksi bahan bakar, proses atomisasi, dan distribusi udara pembakaran masih bekerja dengan baik [15]. Sebaliknya, deviasi tekanan yang tinggi antar silinder dapat menjadi indikasi awal terjadinya gangguan pembakaran maupun penurunan performa komponen mesin.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis karakteristik tekanan pembakaran mesin diesel menggunakan software SoftHaliza 8.7. Penelitian difokuskan pada evaluasi pola tekanan pembakaran, keselarasan tekanan antar silinder, dan kondisi pembakaran mesin diesel sebagai upaya mendukung peningkatan efisiensi operasi dan keandalan mesin.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif deskriptif dengan pendekatan analisis diagnostik pembakaran mesin diesel. Penelitian dilakukan untuk menganalisis karakteristik tekanan pembakaran sebelum dan sesudah penggunaan fuel additive menggunakan software SoftHaliza 8.7 melalui metode Pressure Combustion Analysis (PCA).

Penelitian dilaksanakan pada unit Diesel

Engine #8 PLTD Teluk Betung dalam kegiatan predictive maintenance UPDK Bandar Lampung. Pengujian dilakukan pada tanggal 27 Februari 2024 menggunakan metode Haliza Pressure Combustion Analysis.

Objek penelitian berupa mesin diesel multi silinder Diesel Engine #8. Analisis dilakukan pada seluruh silinder mesin, yaitu silinder 1 sampai silinder 9, untuk mengetahui karakteristik tekanan pembakaran dan perubahan pola pembakaran pasca penggunaan fuel additive.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian meliputi:

- Haliza Machinery & Diesel Engine Analyzer
- Software SoftHaliza 8.7
- Engine pressure sensor untuk pengukuran tekanan pembakaran
- Magnetic pick-up sensor untuk pembacaan sudut poros engkol

Tahapan penelitian dilakukan melalui beberapa langkah sebagai berikut:

1. Persiapan Pengujian
Tahap awal dilakukan dengan menyiapkan software SoftHaliza 8.7 dan peralatan Haliza Pressure Combustion Analysis. Selanjutnya dilakukan pengecekan kondisi mesin diesel agar berada pada kondisi operasi normal dan stabil selama pengambilan data.
2. Pemasangan Sensor
Sensor tekanan dipasang pada masing-masing indikator silinder untuk memperoleh data tekanan pembakaran. Selain itu, magnetic pick-up sensor dipasang pada poros engkol untuk membaca posisi sudut engkol selama proses pembakaran berlangsung.
3. Pengambilan Data
Pengambilan data dilakukan pada seluruh silinder Diesel Engine #8 saat mesin beroperasi pada beban konstan. Data tekanan pembakaran direkam menggunakan Haliza Analyzer dan ditampilkan dalam bentuk grafik tekanan terhadap sudut engkol (P-T diagram) melalui software SoftHaliza 8.7. Pengujian dilakukan dengan membandingkan kondisi pembakaran sebelum (before) dan sesudah (after) penggunaan fuel additive. Parameter yang diamati meliputi:
 - pola tekanan pembakaran,
 - karakteristik proses pembakaran,

- kestabilan tekanan pembakaran,
- dan kondisi langkah ekspansi dari Titik Mati Atas (TMA) menuju Titik Mati Bawah (TMB).

4. Analisis Data

Data hasil pengujian dianalisis menggunakan software SoftHaliza 8.7 untuk mengevaluasi karakteristik tekanan pembakaran pada masing-masing silinder. Analisis dilakukan dengan membandingkan grafik before dan after penggunaan fuel additive. Evaluasi difokuskan pada kesempurnaan proses pembakaran, kestabilan grafik tekanan pembakaran, indikasi detonasi, serta kondisi langkah ekspansi D-E pada diagram tekanan pembakaran.

Apabila proses langkah ekspansi berlangsung terlalu panjang dan grafik tekanan terlihat tidak halus (unsmooth), maka kondisi tersebut menunjukkan adanya pembakaran kurang sempurna yang dapat menyebabkan peningkatan suhu gas buang dan penurunan efisiensi pembakaran.

Analisis data dilakukan secara deskriptif kuantitatif menggunakan grafik dan interpretasi diagram tekanan pembakaran hasil SoftHaliza 8.7. Data dari masing-masing silinder dibandingkan untuk mengetahui perubahan karakteristik pembakaran sebelum dan sesudah penggunaan fuel additive.

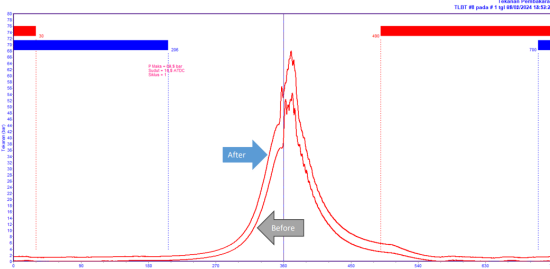
Hasil analisis digunakan untuk menentukan kondisi pembakaran mesin diesel, mengevaluasi efektivitas penggunaan fuel additive, serta mendukung kegiatan predictive maintenance pada Diesel Engine #8.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian menunjukkan bahwa proses pembakaran setelah penggunaan fuel additive mengalami peningkatan dibandingkan kondisi sebelumnya. Perbaikan tersebut terlihat pada grafik tekanan pembakaran (P-T diagram) yang menunjukkan pola langkah ekspansi dari Titik Mati Atas (TMA) menuju Titik Mati Bawah (TMB) atau langkah D-E menjadi lebih halus (smooth) dibandingkan sebelum penggunaan fuel additive.

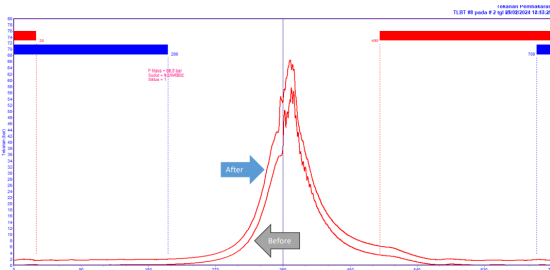
Pada silinder 1, hasil analisis menunjukkan bahwa pembakaran bahan bakar berlangsung lebih optimal dibandingkan pengujian sebelumnya. Grafik tekanan pembakaran after

memperlihatkan proses ekspansi yang lebih stabil dan tidak menunjukkan indikasi detonasi seperti pada grafik before.



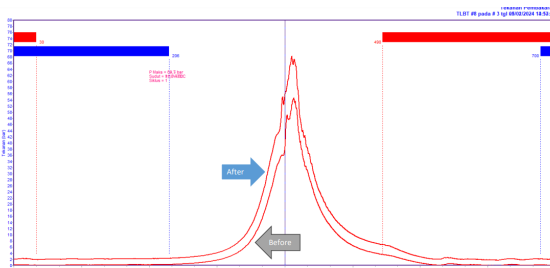
Gambar 2. Haliza Pressure Combustion Analysis Silinder 1

Hasil yang serupa juga ditemukan pada silinder 2. Setelah penggunaan fuel additive, pola tekanan pembakaran menunjukkan proses pembakaran yang lebih sempurna dengan grafik tekanan yang lebih stabil pada langkah ekspansi.

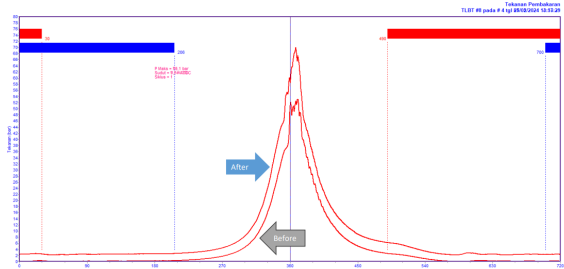


Gambar 3. Haliza Pressure Combustion Analysis Silinder 2

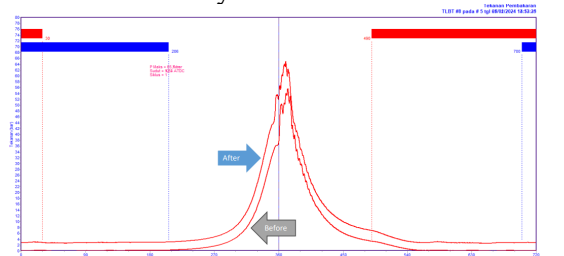
Pada silinder 3 hingga silinder 9, grafik tekanan pembakaran juga memperlihatkan peningkatan kualitas pembakaran dibandingkan kondisi sebelumnya. Seluruh silinder menunjukkan pola tekanan pembakaran yang lebih halus dan stabil setelah penggunaan fuel additive.



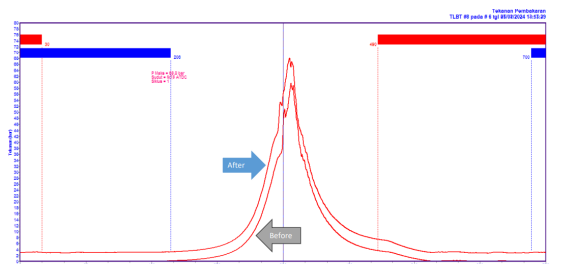
Gambar 4. Haliza Pressure Combustion Analysis Silinder 3



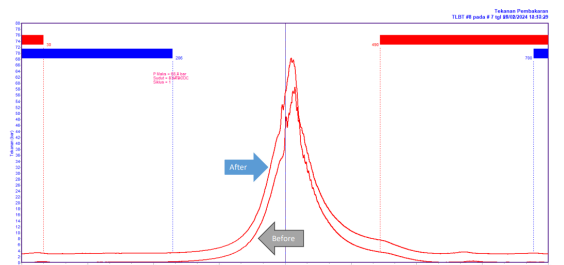
Gambar 5. Haliza Pressure Combustion Analysis Silinder 4



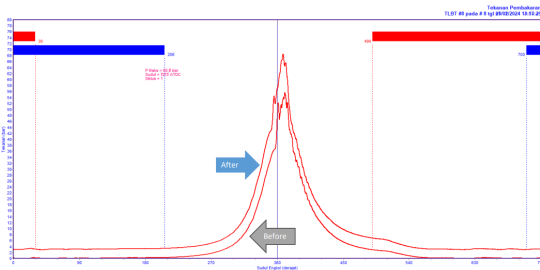
Gambar 6. Haliza Pressure Combustion Analysis Silinder 5



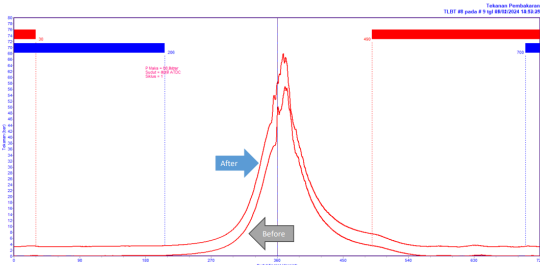
Gambar 7. Haliza Pressure Combustion Analysis Silinder 6



Gambar 8. Haliza Pressure Combustion Analysis Silinder 7



Gambar 9. Haliza Pressure Combustion Analysis Silinder 8



Gambar10. Haliza Pressure Combustion Analysis Silinder 9

Secara umum, hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh silinder Diesel Engine #8 mengalami peningkatan kualitas pembakaran setelah penggunaan fuel additive. Grafik pembakaran menunjukkan bahwa proses pembakaran menjadi lebih stabil dan indikasi pembakaran kurang sempurna pada langkah ekspansi berkurang secara signifikan.

Berdasarkan hasil pengujian, penggunaan fuel additive memberikan pengaruh positif terhadap karakteristik tekanan pembakaran pada Diesel Engine #8. Perbaikan kualitas pembakaran terlihat dari pola grafik tekanan pembakaran yang lebih halus (smooth) pada langkah ekspansi D-E setelah penggunaan fuel additive. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa proses pembakaran bahan bakar berlangsung lebih sempurna dibandingkan sebelum penggunaan aditif bahan bakar. Hal tersebut dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Komparasi Sebelum dan Sesudah Penggunaan Fuel Additive

Komparasi Tekanan Pembakaran			
Cylinder	Before Additive Tekanan (bar) 05/01/2024	After Additive Tekanan (bar) 27/02/2024	Deviasi (bar) (After-Before)
1	54,7	67,1	12,4
2	57	66,6	9,6
3	56,1	68,2	12,1
4	53,4	70,7	17,3
5	55,8	64,7	8,9
6	59,3	68,9	9,6
7	58,8	69	10,2
8	55,9	68,7	12,8
9	57,5	68	10,5
Rata-rata	56,50	67,99	11,49

Pada kondisi sebelum penggunaan fuel additive, grafik tekanan pembakaran menunjukkan adanya proses pembakaran yang kurang sempurna pada langkah ekspansi TMA menuju TMB. Kondisi ini ditandai dengan pola grafik tekanan yang kurang stabil akibat terjadinya detonasi selama proses pembakaran. Detonasi tersebut menyebabkan proses pembakaran berlangsung lebih panjang sehingga sisa bahan bakar tidak terbakar secara sempurna pada ruang bakar.

Pembakaran yang berlangsung terlalu lama pada langkah ekspansi dapat menyebabkan peningkatan temperatur gas buang dan penurunan efisiensi pembakaran mesin diesel. Selain itu, kondisi tersebut juga dapat meningkatkan beban termal pada komponen ruang bakar seperti piston, injector, dan silinder liner. Setelah penggunaan fuel additive, pola pembakaran menjadi lebih stabil sehingga indikasi detonasi pada diagram tekanan pembakaran mengalami penurunan.

Perbaikan karakteristik tekanan pembakaran setelah penggunaan fuel additive menunjukkan bahwa kualitas atomisasi bahan bakar dan proses pencampuran udara-bahan bakar menjadi lebih baik. Kondisi ini menyebabkan proses pembakaran berlangsung lebih cepat dan lebih merata pada setiap silinder. Grafik tekanan pembakaran yang lebih stabil juga menunjukkan bahwa distribusi energi hasil pembakaran menjadi lebih optimal.

Hasil pengujian pada seluruh silinder menunjukkan pola peningkatan pembakaran yang relatif seragam. Hal tersebut mengindikasikan bahwa penggunaan fuel additive memberikan pengaruh terhadap keseluruhan sistem pembakaran mesin diesel, bukan hanya pada silinder tertentu. Stabilitas tekanan pembakaran antar silinder menjadi indikator bahwa proses injeksi bahan bakar dan proses pembakaran masih bekerja dalam kondisi baik.

Selain itu, penggunaan software SoftHaliza 8.7 terbukti mampu membantu proses evaluasi kondisi pembakaran mesin diesel melalui tampilan grafik tekanan pembakaran secara detail. Analisis menggunakan software ini memudahkan identifikasi kondisi pembakaran abnormal seperti detonasi, pembakaran tidak sempurna, dan ketidakteraturan tekanan pembakaran pada masing-masing silinder.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa metode Haliza Pressure Combustion Analysis menggunakan software SoftHaliza 8.7 dapat digunakan secara efektif untuk menganalisis karakteristik tekanan pembakaran mesin diesel dan mengevaluasi pengaruh penggunaan fuel additive terhadap kualitas proses pembakaran

c. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis menggunakan software SoftHaliza 8.7, penggunaan fuel additive terbukti meningkatkan karakteristik tekanan pembakaran pada Diesel Engine, dimana rata-rata tekanan meningkat dari 56,50 bar sebelum penggunaan fuel additive menjadi 67,99 bar setelah penggunaan fuel additive, dengan rata-rata deviasi sebesar 11,49 bar.

Peningkatan tekanan tertinggi terjadi pada Cylinder 4 dengan deviasi 17,3 bar, sedangkan peningkatan terendah terjadi pada Cylinder 5 sebesar 8,9 bar. Selain itu, grafik hasil SoftHaliza 8.7 menunjukkan kurva pembakaran yang lebih halus (smooth) dan stabil pada seluruh silinder, sehingga proses pembakaran menjadi lebih sempurna dan efisiensi mesin diesel meningkat.

REFERENSI

- [1] Heywood JB. Internal combustion engine fundamentals. 2nd ed. New York: McGraw-Hill Education; 2018.
- [2] Zheng M, Reader GT, Hawley JG. Diesel engine combustion analysis and emissions. *Fuel*. 2019;246:123-135.
- [3] Taylor CF. The internal combustion engine in theory and practice. Cambridge: MIT Press; 2019.
- [4] Reif K. Diesel engine management systems and components. Wiesbaden: Springer Vieweg; 2018.
- [5] Payri F, Broatch A, Margot X. Pressure analysis techniques in diesel engines.

Applied Thermal Engineering. 2020;170:114989.

- [6] Rakopoulos CD, Giakoumis EG. Diesel engine transient operation. London: Springer; 2018.
- [7] Li T, Zhang Z, Sun Y. Predictive maintenance technologies for diesel engine systems. *Measurement*. 2021;178:109328.
- [8] Jardine AKS, Lin D, Banjevic D. Machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance. *Mechanical Systems and Signal Processing*. 2019;20(7):1483-1510.
- [9] Mohan B, Yang W, Chou SK. Fuel injection strategies and combustion characteristics in diesel engines. *Fuel*. 2021;104:669-678.
- [10] Wang Y, Liu H, Wei L. Combustion diagnosis in diesel engines using in-cylinder pressure analysis. *Energy Reports*. 2021;7:1024-1032.
- [11] Kumar N, Singh OP. Experimental investigation of combustion characteristics in CI engines. *Case Studies in Thermal Engineering*. 2020;21:100686.
- [12] Zhao H. HCCI and CAI engines for the automotive industry. Cambridge: Woodhead Publishing; 2019.
- [13] Jardine AKS, Tsang AHC. Maintenance, replacement, and reliability. Boca Raton: CRC Press; 2020.
- [14] Bae C, Kim J. Alternative fuels for internal combustion engines. *Proceedings of the Combustion Institute*. 2020;37(1):3389-3413.
- [15] Labeckas G, Slavinskas S. Combustion performance of diesel engines using fuel additives. *Energy Conversion and Management*. 2020;149:440-450.