

EVALUASI KINERJA MESIN DIESEL BERDASARKAN ANALISIS INDICATED HORSE POWER (IHP)

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 research evaluates the performance of a diesel engine based on the analysis of Indicated Horse Power (IHP) using the Pressure Combustion Analysis (PCA) method. The study applied a quantitative descriptive approach by measuring combustion pressure in each cylinder under stable operating conditions. Data acquisition was carried out using the Haliza Machinery & Diesel Engine Analyzer combined with SoftHaliza software for processing combustion characteristics and engine performance parameters. The investigation focused on several variables, including combustion pressure, ignition delay, pressure at crank angle 340°, combustion stability, and IHP distribution among cylinders. The results indicated that the combustion process in all cylinders operated under normal conditions with relatively stable pressure patterns. No significant abnormalities such as excessive ignition delay, combustion instability, or diesel knocking were identified during testing. The analysis also showed that the total Indicated Horse Power generated by the engine reached 1730.3 kW, equivalent to approximately 87% of the generator output capacity of 4000 kW. In addition, the uniformity of combustion pressure among cylinders demonstrated that the fuel injection and combustion systems were functioning properly. Overall, the PCA method proved effective for monitoring combustion characteristics and evaluating diesel engine performance. The method can therefore be implemented as part of a predictive maintenance strategy to improve operational reliability, combustion efficiency, and engine durability in diesel power generation systems.

Keywords: diesel engine; indicated horse power; pressure combustion analysis; combustion pressure; predictive maintenance; combustion stability.

Riwayat Artikel :

Tanggal diterima : 27-11-2025

Tanggal revisi : 04-12-2025

Tanggal terbit : 08-12-2025

DOI :

<https://doi.org/10.31949/j-ensitec.v12i01.18281>

1. PENDAHULUAN

Mesin diesel merupakan salah satu sumber penggerak utama pada sektor pembangkitan tenaga listrik karena

memiliki efisiensi termal yang tinggi, kemampuan bekerja pada beban besar, serta keandalan operasi yang baik dalam jangka panjang [1]. Pada pembangkit

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



listrik tenaga diesel, performa mesin sangat memengaruhi kontinuitas suplai energi listrik dan efisiensi operasional sistem pembangkit. Penurunan performa mesin diesel dapat menyebabkan meningkatnya konsumsi bahan bakar, penurunan daya keluaran, serta bertambahnya biaya pemeliharaan dan operasional [2].

Evaluasi performa mesin diesel perlu dilakukan secara berkala untuk memastikan bahwa sistem pembakaran, sistem injeksi, dan komponen mekanis mesin bekerja secara optimal. Salah satu parameter penting dalam evaluasi performa mesin diesel adalah Indicated Horse Power (IHP). IHP merupakan daya teoritis yang dihasilkan di dalam silinder akibat proses pembakaran bahan bakar sebelum dikurangi oleh rugi-rugi mekanis mesin [3]. Nilai IHP dapat digunakan untuk mengetahui kemampuan aktual mesin dalam menghasilkan energi mekanik serta menjadi indikator efisiensi proses pembakaran pada setiap silinder.

Pengukuran IHP umumnya dilakukan melalui analisis tekanan pembakaran di dalam silinder menggunakan metode Pressure Combustion Analysis (PCA). Metode ini memungkinkan proses evaluasi dilakukan tanpa pembongkaran mesin sehingga lebih efektif untuk mendukung kegiatan predictive maintenance [4]. Selain itu, PCA mampu memberikan informasi mengenai karakteristik tekanan pembakaran, keselarasan tekanan antar silinder, keterlambatan pembakaran (ignition delay), serta indikasi gangguan pembakaran yang dapat memengaruhi nilai daya indikator mesin [5].

Dalam pengoperasian mesin diesel, ketidakseimbangan performa antar silinder dapat menyebabkan distribusi beban yang tidak merata dan menurunkan efisiensi pembakaran. Kondisi tersebut umumnya dipengaruhi oleh gangguan sistem injeksi bahan bakar, keausan cylinder liner, penurunan kualitas atomisasi bahan bakar, maupun keterlambatan waktu injeksi [6]. Ketika proses pembakaran tidak berlangsung optimal, tekanan pembakaran di dalam silinder akan mengalami penurunan

sehingga daya indikator yang dihasilkan juga menurun [7].

Perkembangan teknologi pemeliharaan modern mendorong penerapan sistem condition based maintenance dan predictive maintenance pada mesin diesel. Pendekatan ini dilakukan melalui pemantauan parameter operasi secara berkala untuk mendeteksi potensi kerusakan sejak dini sebelum terjadi kegagalan sistem [8]. Salah satu parameter yang sering digunakan dalam pemantauan kondisi mesin diesel adalah IHP karena parameter ini dapat menggambarkan performa pembakaran dan kondisi mekanis mesin secara menyeluruh [9].

Selain dipengaruhi oleh kondisi mekanis mesin, nilai IHP juga dipengaruhi oleh kualitas bahan bakar dan karakteristik pembakaran di dalam ruang bakar. Penggunaan bahan bakar dengan kualitas atomisasi yang baik dapat meningkatkan tekanan pembakaran dan menghasilkan daya indikator yang lebih tinggi [10]. Sebaliknya, pembakaran yang tidak sempurna dapat menyebabkan penurunan efisiensi termal, peningkatan temperatur gas buang, dan bertambahnya emisi hasil pembakaran [2].

Analisis IHP juga dapat digunakan sebagai dasar evaluasi keselarasan performa antar silinder mesin diesel multi silinder. Nilai IHP yang berbeda signifikan antar silinder menunjukkan adanya ketidakseimbangan proses pembakaran yang berpotensi menimbulkan getaran mekanis, peningkatan konsumsi bahan bakar, dan penurunan umur pakai komponen mesin [3]. Oleh karena itu, evaluasi performa mesin berdasarkan IHP menjadi bagian penting dalam menjaga keandalan dan efisiensi operasi mesin diesel.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi kinerja mesin diesel berdasarkan analisis Indicated Horse Power (IHP). Penelitian difokuskan pada analisis distribusi daya indikator antar silinder, karakteristik tekanan pembakaran, serta faktor-faktor yang memengaruhi performa pembakaran mesin diesel sebagai upaya mendukung

peningkatan efisiensi dan keandalan operasi mesin.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif deskriptif dengan pendekatan evaluatif untuk menganalisis performa mesin diesel berdasarkan nilai *Indicated Horse Power* (IHP). Evaluasi dilakukan melalui pengukuran tekanan pembakaran pada setiap silinder menggunakan metode *Pressure Combustion Analysis* (PCA). Pendekatan ini digunakan untuk mengetahui distribusi daya indikator, karakteristik pembakaran, serta kondisi operasi mesin diesel pada saat pengujian.

Pengujian dilakukan ketika mesin beroperasi pada kondisi beban konstan untuk memperoleh hasil pengukuran yang stabil dan representatif. Objek penelitian berupa mesin diesel multi silinder yang digunakan sebagai penggerak pembangkit listrik. Parameter utama yang dianalisis dalam penelitian ini meliputi:

- *Indicated Horse Power* (IHP)
- Tekanan pembakaran tiap silinder
- Tekanan pada sudut 340°
- Ignition delay
- Deviasi tekanan pembakaran
- Keselarasan tekanan antar silinder

Peralatan yang digunakan pada penelitian terdiri atas:

- Haliza ver 9.1 Machinery & Diesel Engine Analyzer
- Magnetic pick-up sensor sebagai sensor putaran poros engkol
- Engine pressure sensor untuk pengukuran tekanan pembakaran
- Standard accelerometer untuk pengukuran vibrasi mesin
- Timing light untuk verifikasi posisi sudut poros engkol
- SoftHaliza 8.7 sebagai perangkat lunak pengolahan data

Tahapan penelitian dilakukan melalui beberapa langkah berikut:

1. Persiapan Pengujian

Tahap awal dilakukan dengan membuat database mesin pada perangkat lunak SoftHaliza 8.7 yang memuat spesifikasi mesin, urutan pembakaran (*firing order*), diameter piston, panjang langkah piston, dan rute pengambilan data. Setelah itu dilakukan pemasangan sensor tekanan pembakaran dan sensor sudut poros

engkol pada titik pengukuran yang telah ditentukan.

2. Pemasangan Sensor Sudut Engkol

Pemasangan magnetic pick-up sensor dilakukan pada posisi Top Dead Center (TDC) silinder referensi. Ketepatan posisi sensor diverifikasi menggunakan timing light untuk memastikan sinkronisasi antara sudut poros engkol dan grafik tekanan pembakaran yang dihasilkan.

3. Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan setelah mesin mencapai kondisi operasi stabil dan beban dijaga tetap konstan. Data yang dikumpulkan meliputi: tekanan pembakaran terhadap sudut engkol, temperatur gas buang, tekanan udara bilas, temperatur pelumas, tekanan pelumas, vibrasi mesin, serta daya indikator tiap silinder. Data hasil pengukuran direkam menggunakan Haliza ver 9.1 kemudian dipindahkan ke perangkat lunak SoftHaliza 8.7 untuk dianalisis lebih lanjut.

4. Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan metode Pressure Combustion Analysis untuk mengevaluasi nilai *Indicated Horse Power* (IHP) dan performa pembakaran mesin diesel. Parameter yang dianalisis meliputi: daya indikator tiap silinder, tekanan pembakaran maksimum, tekanan pada sudut 340° , ignition delay, serta deviasi tekanan pembakaran antar silinder.

Nilai IHP dianalisis untuk mengetahui distribusi daya yang dihasilkan masing-masing silinder dan dibandingkan dengan daya total generator. Selain itu, analisis tekanan pada sudut 340° digunakan untuk mengidentifikasi indikasi penurunan performa cylinder liner.

Data hasil pengujian juga dibandingkan dengan hasil pengukuran sebelumnya untuk mengetahui perubahan performa mesin setelah penggunaan fuel additive. Evaluasi dilakukan berdasarkan nilai rata-rata tekanan pembakaran, deviasi tekanan, dan perubahan daya indikator pada masing-masing silinder.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian performa mesin diesel dilakukan menggunakan metode Pressure Combustion Analysis (PCA) pada Diesel Engine. Pengambilan data dilakukan untuk mengevaluasi kondisi pembakaran dan performa masing-masing silinder berdasarkan diagram tekanan terhadap

sudut engkol (P-T diagram).

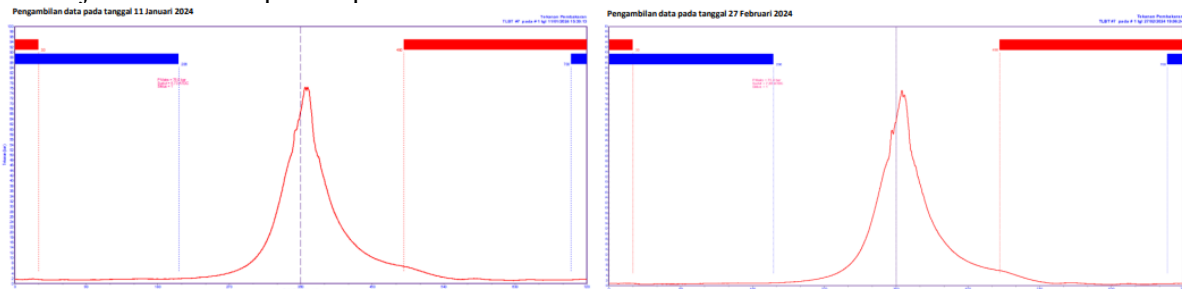
Hasil pengujian menunjukkan bahwa proses pembakaran pada seluruh silinder mesin diesel berada dalam kondisi normal. Berdasarkan hasil analisis diagram P-T, tekanan pembakaran pada setiap silinder masih menunjukkan pola pembakaran yang stabil dan tidak ditemukan indikasi gangguan pembakaran yang signifikan. Menurut Wang et al. [11], kestabilan tekanan pembakaran menjadi indikator utama dalam menentukan kualitas pembakaran pada mesin diesel.

Pada Cylinder 1, hasil analisis menunjukkan bahwa proses pembakaran di

dalam ruang bakar berlangsung normal dengan pola tekanan pembakaran yang stabil dibandingkan pengujian sebelumnya.

Hal ini sesuai dengan penelitian Payri et al. [12] yang menyatakan bahwa keseragaman tekanan pembakaran mencerminkan

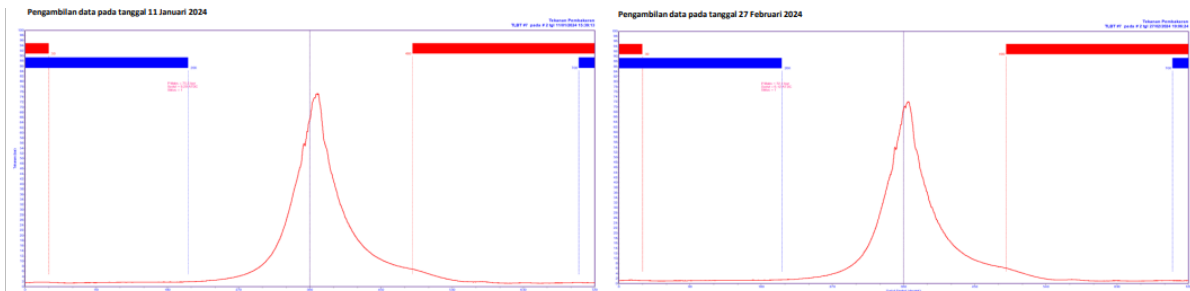
kestabilan proses pembakaran dan distribusi energi pada mesin diesel.



Gambar 1. Haliza Pressure Combustion Analysis Silinder 1

Hasil yang sama juga diperoleh pada Cylinder 2. Diagram tekanan pembakaran menunjukkan bahwa proses pembakaran berlangsung dalam kondisi normal tanpa adanya indikasi keterlambatan pembakaran maupun penurunan tekanan pembakaran

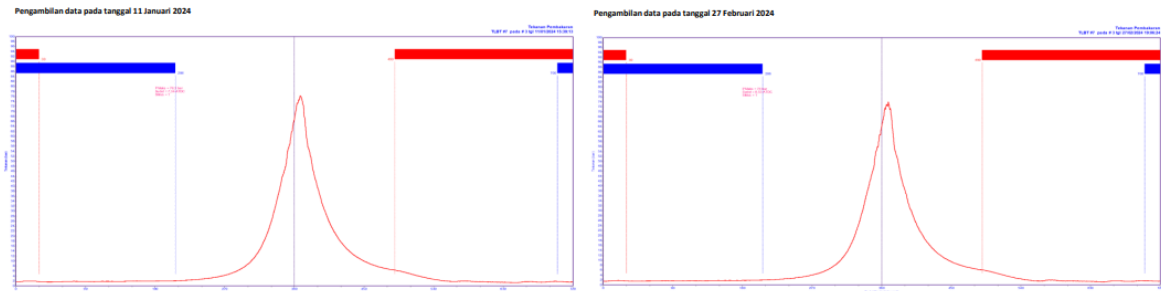
yang signifikan. Kumar dan Singh [13] menjelaskan bahwa kualitas atomisasi bahan bakar sangat memengaruhi kestabilan tekanan pembakaran dan efisiensi mesin diesel.



Gambar 2. Haliza Pressure Combustion Analysis Silinder 2

Pada Cylinder 3, karakteristik pembakaran juga menunjukkan kondisi operasi yang baik. Grafik tekanan terhadap sudut engkol memperlihatkan pola pembakaran yang relatif stabil dan seragam terhadap data pengujian sebelumnya.

Menurut Heywood [14], distribusi tekanan pembakaran yang seragam dapat meningkatkan efisiensi termal dan mengurangi risiko getaran mekanis pada mesin diesel multi silinder.



Gambar 3. Haliza Pressure Combustion Analysis Silinder 3

Selain itu, hasil evaluasi pada silinder lainnya menunjukkan bahwa seluruh ruang bakar masih berada pada kondisi operasi normal. Tidak ditemukan indikasi abnormal seperti diesel knocking, keterlambatan pembakaran berlebih, maupun penurunan tekanan pembakaran yang dapat memengaruhi performa mesin diesel secara keseluruhan.

Berdasarkan hasil analisis tekanan pembakaran, nilai Indicated Horse Power

(IHP) pada masing-masing silinder menunjukkan distribusi daya yang relatif merata. Menurut Li et al. [15], metode PCA sangat efektif digunakan dalam sistem predictive maintenance karena mampu mendeteksi potensi gangguan pembakaran sejak tahap awal. Nilai total daya total IHP (kW) yang terbaca dari masing - masing silinder mesin sebesar 1730,3 kW atau 87% dari daya yang dibangkitkan oleh generator yaitu sebesar 4000 kW.

Tabel 1. Pembakaran Motor

Sil	IHP (kW)	Tekanan pada sudut (bar)					Sudut terjadinya (derajat)					Puncak (Peak) (bar)					Laju P	Exh (C)
		180	340	400	540	0	BB in	nyala	delay	peak	min	rata2	maks	dev	beda			
# 1	219,3	1,0	38,1	28,6	1,7	1,0	-23,6	-21,6	2,0	7,1	74,1	74,7	75,4	0,50	1,9	0,3	0	
# 2	173,6	1,4	39,7	26,9	1,9	1,3	-25,8	-23,8	2,0	5,3	72,1	73,3	74,3	1,07	-1,3	0,6	0	
# 3	206,8	1,9	36,2	28,6	2,5	1,6	-23,8	-21,1	2,7	8,3	73,1	73,6	74,0	0,38	0,6	0,8	0	
# 4	201,0	2,3	36,1	28,8	3,3	2,3	-24,5	-21,4	3,1	7,9	74,2	74,8	75,1	0,42	1,3	0,8	0	
# 5	146,1	2,6	39,6	25,6	2,8	2,5	-24,5	-22,2	2,2	4,9	73,0	73,3	73,9	0,38	-0,5	1,1	0	
# 6	187,5	2,8	39,5	28,5	3,3	2,7	-24,2	-22,5	1,7	6,1	74,8	75,7	76,2	0,68	2,2	1,2	0	
# 7	197,2	2,9	35,4	28,0	3,4	2,7	-23,3	-20,6	2,7	7,1	71,4	71,9	72,5	0,47	-2,1	1,4	0	
# 8	200,6	3,2	37,4	29,3	3,7	3,0	-23,9	-20,6	3,3	7,7	72,8	73,7	74,4	0,69	1,0	1,3	0	
# 9	198,4	3,5	37,8	29,3	3,9	3,2	-24,7	-22,5	2,2	8,6	69,3	69,8	70,4	0,51	-4,2	1,5	0	
	1730,5	2,4	37,8	28,2	2,9	2,2					72,8	73,4	74,0		8,6 %		0	

Keseragaman tekanan pembakaran antar silinder menunjukkan bahwa proses konversi energi hasil pembakaran menjadi daya indikator berlangsung dengan baik.

Stabilitas nilai IHP dipengaruhi oleh kestabilan tekanan pembakaran dan keselarasan proses injeksi bahan bakar pada setiap silinder. Pada pengujian ini, pola tekanan pembakaran yang relatif seragam menunjukkan bahwa sistem pembakaran dan sistem injeksi masih bekerja secara optimal sehingga daya indikator mesin tetap terjaga.

Perbandingan data pengujian menunjukkan bahwa tidak terdapat perubahan signifikan pada pola pembakaran mesin diesel. Hal tersebut mengindikasikan bahwa kondisi operasi mesin masih stabil

dan performa pembakaran tetap berada dalam kategori normal. Zheng et al. [16] menjelaskan bahwa kestabilan tekanan pembakaran mencerminkan kondisi pembakaran yang efisien dan rendah kehilangan energi termal.

Berdasarkan hasil keseluruhan pengujian, kondisi pembakaran pada Diesel Engine masih berada dalam kategori baik. Diagram tekanan pembakaran pada seluruh silinder memperlihatkan bahwa proses pembakaran berlangsung secara normal dan tidak ditemukan indikasi gangguan mekanis maupun gangguan sistem pembakaran.

Keseragaman pola pembakaran antar silinder menunjukkan bahwa distribusi bahan bakar, proses atomisasi, dan tekanan kompresi masih berada dalam kondisi

optimal. Selain itu, tidak ditemukan gejala penurunan performa yang dapat menyebabkan penurunan daya indikator mesin secara signifikan. Rakopoulos dan Giakoumis [17] menyatakan bahwa pembakaran yang stabil sangat berpengaruh terhadap umur pakai komponen mesin diesel dan efisiensi konsumsi bahan bakar.

Dengan demikian, hasil pengujian menunjukkan bahwa metode Pressure Combustion Analysis dapat digunakan untuk mengevaluasi performa mesin diesel dan kondisi pembakaran secara efektif sebagai bagian dari kegiatan predictive maintenance pada sistem pembangkit tenaga diesel.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, metode Pressure Combustion Analysis (PCA) mampu digunakan untuk mengevaluasi performa mesin diesel melalui analisis tekanan pembakaran dan Indicated Horse Power (IHP) pada setiap silinder. Hasil pengujian menunjukkan bahwa proses pembakaran pada seluruh silinder berada dalam kondisi normal dengan pola tekanan pembakaran yang stabil dan relatif seragam.

Nilai total Indicated Horse Power (IHP) yang dihasilkan mesin sebesar 1730,3 kW atau sekitar 87% dari daya generator sebesar 4000 kW. Hasil tersebut menunjukkan bahwa distribusi daya indikator antar silinder masih bekerja dengan baik sehingga performa mesin tetap terjaga.

5. 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] Payri F, Broatch A, Margot X. Pressure analysis techniques in diesel engines. *Applied Thermal Engineering*. 2020;170:114989.
- [5] Wang Y, Liu H, Wei L. Combustion diagnosis in diesel engines using in-cylinder pressure analysis. *Energy Reports*. 2021;7:1024-1032.
- [6] Kumar N, Singh OP. Experimental investigation of combustion characteristics in CI engines. *Case Studies in Thermal Engineering*. 2020;21:100686.
- [7] Rakopoulos CD, Giakoumis EG. *Diesel engine transient operation*. London: Springer; 2018.
- [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] Li T, Zhang Z, Sun Y. Predictive maintenance technologies for diesel engine systems. *Measurement*. 2021;178:109328.
- [10] Ashraful AM, Masjuki HH, Kalam MA, Fattah IMR, Imtenan S, Shahir SA, et al. Production and comparison of fuel properties and engine performance of biodiesel blends. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2019;88:202-228.
- [11] Wang Y, Liu H, Wei L. Combustion diagnosis in diesel engines using in-cylinder pressure analysis. *Energy Reports*. 2021;7:1024-1032.
- [12] Payri F, Broatch A, Margot X. Pressure analysis techniques in diesel engines. *Applied Thermal Engineering*. 2020;170:114989.
- [13] Kumar N, Singh OP. Experimental investigation of combustion characteristics in CI engines. *Case Studies in Thermal Engineering*. 2020;21:100686.
- [14] Heywood JB. *Internal combustion engine fundamentals*. 2nd ed. New York: McGraw-Hill Education; 2018.
- [15] Li T, Zhang Z, Sun Y. Predictive maintenance technologies for diesel engine systems. *Measurement*. 2021;178:109328.
- [16] Zheng M, Reader GT, Hawley JG. Diesel engine combustion analysis and emissions. *Fuel*. 2019;246:123-135.
- [17] Rakopoulos CD, Giakoumis EG. *Diesel engine transient operation*. London: Springer; 2018.