

Pengaruh Putaran, Celah Busi, Celah Katub, Minyak Atsiri Terhadap Emisi Gas Buang

Khoirul Anam^{1*}

¹ Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Pekajangan Pekalongan, Indonesia

*email: cadoels@gmail.com

Received: Maret 2024

Revised: Maret 2024

Accepted: 25 April 2024

Abstract

This research aims to analyze the influence of engine rotation, valve clearance, spark plug gap, and the addition of essential oil mixture on the 2006 Toyota Avanza engine's hydrocarbon (HC) and carbon dioxide (CO₂) emissions. The research findings indicate that adding 20 ml of essential oil per liter of fuel significantly affects exhaust gas emissions, followed by adjusting spark plug clearance and valve clearance, with engine rotation having the least impact. The configuration resulting in the lowest CO₂ emissions involves adding 20 ml of essential oil, setting the spark plug clearance to 1.1 mm, setting the valve clearance to 0.15-0.20, and running the engine at 4,000 rpm. Meanwhile, the lowest HC emissions occur when the spark plug clearance is set to 0.9 mm, adding 20 ml of essential oil, running the engine at 4,000 rpm, and setting the valve clearance to 0.20-0.25. The final predictions show HC emissions of 193.11 ppm and CO₂ emissions of 7.87% under the conditions of adding 20 ml of essential oil, setting the spark plug clearance to 1.1 mm, setting the valve clearance to 0.15-0.20, and running the engine at 4,000 rpm.

Keywords: *Essential oil; spark plug gap; valve clearance.*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh putaran mesin, celah katup, celah busi, dan pencampuran minyak atsiri pada mesin Toyota Avanza tahun 2006 terhadap emisi gas hidrokarbon (HC) dan karbon dioksida (CO₂). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan minyak atsiri sebanyak 20 ml per liter bahan bakar memiliki pengaruh signifikan terhadap emisi gas buang, diikuti oleh penyeterelan celah busi dan celah katup, dengan putaran mesin mempengaruhi dalam urutan terakhir. Pengaturan yang menghasilkan emisi CO₂ terendah adalah dengan penambahan minyak atsiri 20 ml, celah busi 1.1 mm, celah katup 0.15-0.20, dan putaran mesin 4.000 rpm. Sedangkan emisi HC terendah terjadi pada pengaturan celah busi 0.9 mm, penambahan minyak atsiri 20 ml, putaran mesin 4.000 rpm, dan celah katup 0.20-0.25. Prediksi hasil akhir menunjukkan emisi HC sebesar 193.11 ppm dan emisi CO₂ sebesar 7.87% pada kondisi pengaturan minyak atsiri 20 ml, celah busi 1.1 mm, celah katup 0.15-0.20, dan putaran mesin 4.000 rpm.

Kata kunci: *Minyak atsiri, celah busi, celah katup*

1. Pendahuluan

KLHK dan Dinas Lingkungan Hidup Provinsi di Indonesia telah melakukan pemantauan kualitas udara ambien secara kontinu untuk berbagai parameter pencemaran udara seperti materi partikulat (PM₁₀ dan PM_{2,5}), nitrogen dioksida (NO₂), karbon monoksida (CO), dan 2 sulfur dioksida (SO₂). Data ini kemudian direpresentasikan dalam Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) yang memberikan

informasi kondisi kualitas udara dalam rentang berbahaya, tidak sehat, sehat, dll setiap harinya. Standar Pencemar Udara (ISPU) yang memberikan informasi kondisi kualitas udara dalam rentang berbahaya, tidak sehat, sehat, setiap di setiap propinsi[1][2]. Sementara itu, cadangan minyak bumi yang semakin menipis diperkirakan akan habis dalam 15-20 tahun ke depan, menyebabkan potensi kelangkaan bahan bakar minyak[3]. Hal ini mendorong perlunya eksplorasi bahan bakar alternatif, baik melalui pengembangan bahan bakar baru maupun penambahan bahan-bahan tertentu pada bahan bakar minyak[4][5]

Para pelaku industri otomotif tentu ingin mendapatkan hasil produksi yang maksimal dari produk yang mereka buat, pada kendaraan bermotor perlu dilakukan pengujian performa mesin (engine). [6][7] Selain itu, pengujian performa mesin juga merupakan bagian penting dari proses pengembangan dan inovasi. Dengan memahami kinerja mesin mereka dengan lebih baik, produsen dapat melakukan penyesuaian desain, material, atau teknologi untuk meningkatkan performa mesin, mengurangi emisi, meningkatkan efisiensi bahan bakar, atau mengurangi kebisingan dan getaran.

Oleh karena itu, penelitian dan pengembangan sumber energi terbarukan serta optimalisasi alat pembangkit energi menjadi sangat penting untuk meningkatkan kinerja, efisiensi, dan keberlanjutan lingkungan.

Imam Prasetyo melakukan penelitian dengan menambahkan minyak atsiri pada bahan bakar pertalite dengan variasi takaran minyak atsiri (6 ml, 12 ml, dan 18 ml) dan putaran mesin (1000 rpm - 3000 rpm). Hasil penelitian menunjukkan penurunan signifikan kadar emisi CO terjadi pada putaran mesin 2000 rpm dan 3000 rpm [8].

Sugiarto T melakukan penelitian penggunaan bahan bakar alternatif dari limbah plastik dapat menurunkan konsumsi bahan bakar sebesar 14,061 % dan pada kadar emisi gas buang CO terdapat penurunan sebesar 85,515 % dan pada kandungan HC terdapat peningkatan sebesar -350,73 %. Penggunaan penggunaan bahan bakar alternatif pada konsumsi putaran 1400 Rpm dan putaran 1800 Rpm signifikan dan pada putaran 2200 Rpm dan 2600 Rpm tidak signifikan untuk kandungan emisi CO pada semua putaran 1400,1800,2200 dan 2600 Rpm signifikan, dan untuk kandungan emisi HC pada semua putaran 1400,1800,2200 dan 2600 Rpm tidak signifikan[9]

Adirianus Urbata melakukan penelitian tentang pengaruh variasi penyetelan katup terhadap putaran pada engine stand motor bensin Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu untuk sendiri adalah untuk melihat pengaruh penyetelan katup terhadap putaran pada engine motor bensin.[10]

Hiroshi Yamashita melakukan penelitian Studi numerik karakteristik penyalaan percikan campuran metana-udara menggunakan kinetika kimia rinci Pengaruh rasio ekuivalen, jarak celah elektroda, dan jari-jari elektroda pada MIE, jarak pendinginan, dan penundaan penyalaan[11]

Budiyono melakukan penelitian tentang pengaruh pemilihan kerenggangan celah busi dan pemilihan jenis busi pada mobil Xenia 1.0 terhadap gas buang. [12].

Minyak atsiri, yang merupakan bahan bioaditif, diperoleh dari tumbuhan nabati, dan tidak menimbulkan dampak negatif yang dapat merusak lingkungan. Pencampuran minyak atsiri ke dalam bahan bakar pertalite bertujuan untuk meningkatkan kandungan oksigen dalam bahan bakar[13], memperbaiki pembakaran di dalam ruang bakar mesin, meningkatkan performa mesin, mengurangi emisi gas buang, dan mengurangi volume penggunaan bahan bakar[14]. Di Indonesia, serih wangi adalah salah satu tumbuhan yang mengandung minyak atsiri.

Penelitian telah menunjukkan bahwa putaran mesin memiliki pengaruh signifikan terhadap emisi gas buang. Pada putaran mesin yang rendah, seperti pada kondisi idle atau kecepatan rendah, pembakaran bahan bakar tidak lengkap dapat terjadi, menyebabkan peningkatan emisi hidrokarbon (HC) dan karbon monoksida (CO)[7]. Namun, pada putaran mesin yang tinggi, terjadi peningkatan emisi nitrogen oksida (NOx) karena suhu pembakaran yang tinggi dan tekanan yang meningkat. Oleh karena itu, pengaturan kontrol mesin yang efektif perlu dipertimbangkan untuk mengurangi emisi gas buang pada berbagai rentang putaran mesin[15]

J. Lenoir menggunakan pengapian busi untuk memulai pembakaran di mesin pembakaran internalnya pada tahun 1860, dan R. Bosch dan N. Tesla secara mandiri mengembangkan teknologi busi tegangan tinggi pada tahun 1898. Pada tahun 1911, C. F. Kettering, seorang insinyur Amerika, mengembangkan listrik[16]. Dengan pengapian percikan, pembakaran dimulai oleh pelepasan listrik melintasi celah elektroda.

Kendaraan pada awalnya dibuat sesuai dengan standar emisi gas buang yang berlaku, tetapi seiring penggunaan yang berkelanjutan, beberapa komponen seperti katup, busi, ring, torak, silinder, dan lainnya mengalami perubahan ukuran atau keausan. Perubahan ini dapat menyebabkan kendaraan tidak lagi memenuhi standar emisi yang ditetapkan, sehingga diperlukan penyetelan ulang dan perawatan rutin untuk memastikan kendaraan tetap mematuhi standar emisi. Dengan demikian, perawatan berkala menjadi penting untuk menjaga kinerja mesin dan mengurangi emisi gas buang yang berlebihan, sehingga kendaraan tetap efisien dan ramah lingkungan selama masa pakainya.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dan dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Pekajangan Pekalongan selama kurang lebih 300 hari pada periode 2022-2023. Metode yang digunakan adalah metode Taguchi, sebuah pendekatan yang dirancang untuk mempelajari seluruh ruang parameter dengan jumlah eksperimen yang lebih kecil melalui penggunaan

array ortogonal [17]. Dalam metode ini, perhitungan dilakukan untuk menentukan kondisi optimal.

Metode Taguchi berfokus pada peningkatan kualitas dengan meminimalkan efek variasi tanpa menghilangkan penyebabnya, yang dapat diterapkan dalam optimasi dan desain produk. Dalam penelitian ini, optimasi desain dilakukan dengan menggunakan 4 variabel bebas dengan 3 level percobaan, menghasilkan data dari 9 percobaan. Tabel 1 dibuat untuk menggambarkan jumlah variabel/faktor percobaan dan level terkait [17].

3. Tabel 1. Batasan dan ruang lingkup penelitian

Kode	Variabel Bebas / Faktor	Level 1	Level 2	Level 3
A	Putaran	2000	3000	4000
B	Celah Katup In dan Out	0.10 : 0.15	0.15 : 0.20	0.20 : 0.25
C	Celah Busi	0.8	0.9	1.1
D	Minyak Atsiri	0	10	20

Selanjutnya ruang lingkup penelitian yang berisikan banyaknya kondisi desain dan jumlah eksperimen yang akan dilakukan, berdasarkan batasan desain seperti diatas terlihat pada Tabel 1, yaitu:

Tabel 2. Kondisi Experiment sesuai dengan *taguchi*

No	Putaran	Celah Katup	Celah Busi	Minyak Atsiri	HC	CO2
1	2000	0.10 : 0.15	0.8	0	249.33	12.93
2	3000	0.15 : 0.20	0.9	10	369.00	10.50
3	4000	0.20 : 0.25	1.1	20	376.67	9.07
4	3000	0.10 : 0.15	0.9	20	236.33	9.85
5	3000	0.15 : 0.20	1.1	10	372.00	10.50
6	3000	0.20 : 0.25	0.8	0	247.00	12.56
7	4000	0.10 : 0.15	1.1	10	231.00	9.97
8	4000	0.15 : 0.20	0.8	20	292.67	9.30
9	4000	0.20 : 0.25	0.9	0	311.00	12.47

4. Hasil dan Pembahasan

a. Analisis Pengaruh Rata-Rata Masing-Masing Faktor

Tabel 3 digunakan untuk mengevaluasi dampak dari masing-masing level faktor pada hasil pengujian. Perhitungan respons rata-rata digunakan untuk menentukan level faktor yang paling berpengaruh terhadap perhitungan desain. Tabel 4 berikut menyajikan hasil respons rata-rata dari setiap faktor pada berbagai levelnya terhadap emisi hidrokarbon (HC) dan karbon dioksida (CO₂).

Tabel 3 Pengaruh rata-rata faktor terhadap masing-masing level

NO	Uraian	Notasi	HC	CO ₂
1	Emisi rata rata	Y	285.04	10.79
2	Pengaruh rata-rata Putaran 2000 rpm	A1	291.78	10.83
3	Pengaruh rata-rata Putaran 3000 rpm	A2	285.11	10.97
4	Pengaruh rata-rata Putaran 4000 rpm	A3	178.22	10.58
5	Pengaruh rata-rata Celah Katup 0.10 -0.15	B1	278.78	10.92
6	Pengaruh rata-rata Celah Katup 0.15 -0.20	B2	307.22	10.10
7	Pengaruh rata-rata Celah Katup 0.20 -0.25	B3	269.11	11.37
8	Pengaruh rata-rata Celah Busi 0.8	C1	309.00	11.60
9	Pengaruh rata-rata Celah Busi 0.9	C2	241.44	10.94
10	Pengaruh rata-rata Celah Busi 1.1	C3	304.67	9.84
11	Pengaruh rata-rata Minyak atsiri 0 ml	D1	309.00	12.66
12	Pengaruh rata-rata Minyak atsiri 10 ml	D2	286.67	10.32
13	Pengaruh rata-rata Minyak atsiri 20 ml	D3	259.44	9.41

b. Identifikasi Lever Faktor Optimum

Identifikasi lever faktor optimum diperlukan untuk mengetahui level faktor yang memberikan pengaruh terbesar terhadap hasil Experiment. Kombinasi dari level faktor dominan ini diharapkan memberikan parameter yang optimum

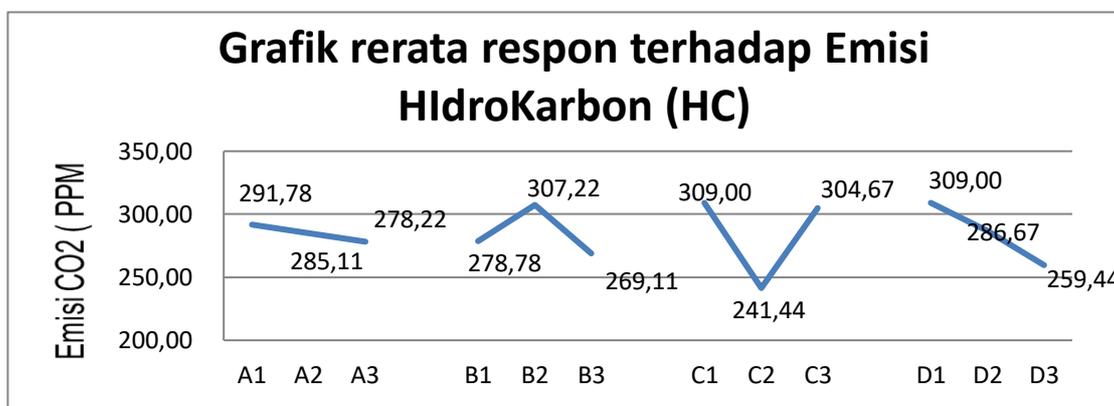
1. Level Faktor Optimum Hidrokarbon HC

Dampak dari setiap level dan faktor terhadap emisi hidrokarbon (HC) dapat diketahui melalui Tabel 5 berikut:

Tabel 5 Identifikasi level faktor optimum pada jumlah *tube*

Faktor	Putaran	Celah katub	Celah busi	Minyak Atsiri
Level	(A)	(B)	(C)	(D)
1	291.78	278.78	309.00	309.00
2	285.11	307.22	241.44	286.67
3	278.22	269.11	304.67	259.44
Selisih	13.56	38.11	63.22	49.56
Rangking	3	4	1	2

Dari data yang tercantum pada Tabel 5, dapat disimpulkan bahwa kombinasi level faktor yang menghasilkan emisi hidrokarbon (HC) terkecil adalah pada C3;D3;A3 dan B3, yaitu pada celah busi 0.9 mm, penambahan minyak atsiri sebanyak 20 ml, putaran mesin 4000 rpm, dan celah katup 0.20 : 0.25. Gambar 4.2 menampilkan tanggapan level faktor terhadap emisi hidrokarbon (HC).



Gambar 1 Pengaruh rerata respon masing-masing level terhadap Hidrokarbon (HC)

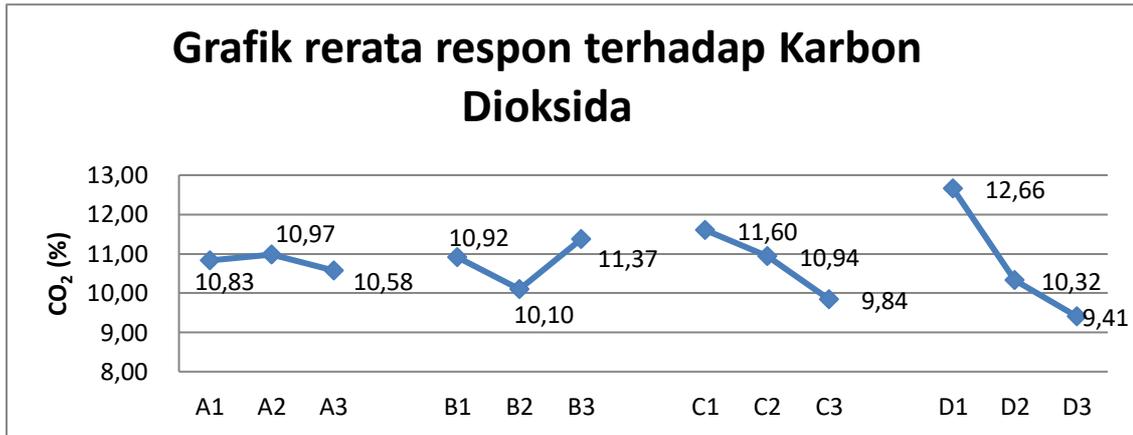
2. Level Faktor Optimum Karbon Dioksida

Dampak dari setiap level dan faktor terhadap emisi karbon dioksida dapat diidentifikasi melalui Tabel 6 berikut:

Tabel 6 Identifikasi level faktor optimum pada Emisi Karbon Dioksida

Faktor	Putaran	Celah katub	Celah busi	Minyak Atsiri
Level	(A)	(B)	(C)	(D)
1	10.83	10.92	11.60	12.66
2	10.97	10.10	10.94	10.32
3	10.58	11.37	9.84	9.41
Selisih	0.40	0.82	1.76	3.25
Rangking	4	3	2	1

Dari data yang tercantum pada Tabel 6, dapat disimpulkan bahwa kombinasi level faktor yang menghasilkan emisi karbon dioksida (CO₂) terkecil adalah pada D3;C3;B2 dan A3, yaitu pada penambahan minyak atsiri sebanyak 20 ml, celah busi 1.1 mm, celah katup 0.15-0.20, dan putaran mesin 4.000 rpm. Gambar 4.3 menampilkan tanggapan level faktor terhadap emisi karbon dioksida (CO₂).



Gambar 2 Pengaruh rata-rata respon masing-masing level terhadap Karbon Dioksida

5. Kesimpulan

Dari data yang tercantum pada Tabel 5 dan Tabel 6, dapat disimpulkan bahwa kombinasi level faktor yang menghasilkan emisi hidrokarbon (HC) terkecil adalah pada C3;D3;A3 dan B3, dengan nilai masing-masing faktor berupa celah busi 0.9 mm, penambahan minyak atsiri 20 ml, putaran mesin 4000 rpm, dan celah katup 0.20-0.25. Sementara itu, untuk emisi karbon dioksida (CO₂), kombinasi terbaik terjadi pada D3;C3;B2 dan A3, dengan penambahan minyak atsiri 20 ml, celah busi 1.1 mm, celah katup 0.15-0.20, dan putaran mesin 4000 rpm. Gambar 4.2 dan Gambar 4.3 menunjukkan tanggapan level faktor terhadap masing-masing emisi, membantu dalam menentukan kombinasi optimal faktor untuk mengurangi emisi gas buang.

6. Ucapan Terima Kasih (jika ada)

Kami mengucapkan terima kasih kepada semua dosen dan mahasiswa dari Program Studi Teknik Mesin yang telah memberikan kontribusi berharga dalam penelitian ini. Dukungan dan partisipasi Anda telah memainkan peran penting dalam menyelesaikan artikel ini dengan baik. Kami juga ingin menyampaikan terima kasih kepada Universitas Muhammadiyah Pekajangan Pekalongan atas fasilitas yang diberikan, yang telah membantu kelancaran proses penelitian kami. Semoga kerja sama yang baik ini dapat terus berlanjut di masa mendatang.

Referensi

- [1] KLHK, *Status Lingkungan Hidup Indonesia “Pilar Lingkungan Hidup Indonesia.”* 2014. [Online]. Available: https://www.menlhk.go.id/cadmin/uploads/SLHI_2022_upload_final_77f9948571.pdf
- [2] SLHI, *SLHI_2022_Kementrian LHK.* 2022.
- [3] ESDM, “STATISTIK Minyak dan Gas Bumi Semester | 2021,” *Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.* pp. 1–94, 2021. [Online]. Available: [https://migas.esdm.go.id/cms/uploads/uploads/E--Statistik-semester-2021-\(21-02-2022\)-ok-\(2\).pdf](https://migas.esdm.go.id/cms/uploads/uploads/E--Statistik-semester-2021-(21-02-2022)-ok-(2).pdf)
- [4] M. Syahbana *et al.*, “Pengaruh Penambahan Bioaditif Minyak Atsiri Pada Bahan Bakar Biosolar Terhadap Kinerja Mesin Diesel,” *J. Teknol. Ind. Pertan.*, vol. 32, no. April, pp. 65–73, 2022, doi: 10.24961/j.tek.ind.pert.2022.32.1.65.
- [5] P. Sidi, “Peningkatan Energi Dalam Negeri terhadap Perkembangan Ekonomi Global dapat Meningkatkan Ketahanan Nasional,” *Kaji. Lemhannas RI*, vol. 27, no. 9, p. 25, 2016, [Online]. Available: https://www.lemhannas.go.id/images/Publikasi_Humas/Jurnal/Jurnal_Edisi_27_September_2016.pdf
- [6] Nikolaï Viktorovich Petrovskii, *Marine Internal Combustion Engines.* Michigan: 1968, 1968.
- [7] A. T. K. Colin R. Ferguson, *Internal Combustion Engines*, Third Edit. 2016.
- [8] I. P. Imam and M. Arieq Nasabi, “the Effect of Addition of Essential Oil From Cereh Leaves To Pertalite Fuel on Emissions of Waste Gas,” *Sci. J. Mech. Eng. Kinemat.*, vol. 5, no. 2, pp. 129–137, 2020, doi: 10.20527/sjmekinematika.v5i2.182.
- [9] P. L. Manalu, E. Alwi, T. Sugiarto, J. Prof, H. Air, and T. Padang, “ALTERNATIF DARI LIMBAH PLASTIK HASIL DARI PYROLISIS tri POD-AP SETARA BENSIN TERHADAP KONSUMSI BAHAN BAKAR DAN KANDUNGAN EMISI GAS BUANG PADA SEPEDA MOTOR 4 TAK,” *Automot. Eng. Educ. Journals*, vol. 1, 2015.
- [10] V. N. Van Harling and A. Urbata, “Pengaruh Variasi Penyetelan Katup Terhadap Putaran Pada Engine Stand Motor Bensin,” *J. Pendidik. Tek. Mesin Undiksha*, vol. 8, no. 2, pp. 79–85, 2020, doi: 10.23887/jptm.v8i2.26637.
- [11] J. Han, H. Yamashita, and N. Hayashi, “Numerical study on the spark ignition characteristics of a methane-air mixture using detailed chemical kinetics. Effect of equivalence ratio, electrode gap distance, and electrode radius on MIE, quenching distance, and ignition delay.,” *Combust. Flame*, vol. 157, no. 7, pp. 1414–1421, 2010, doi: 10.1016/j.combustflame.2010.02.021.
- [12] B. Budiyo, “Pengaruh kerenggangan celah dan pemilihan jenis busi pada mobil xenia 1.0 terhadap gas buang,” *Tek. J. Sains dan Teknol.*, vol. 16, no. 1, p. 122, 2020, doi: 10.36055/tjst.v16i1.7701.
- [13] B. U. Wisesa and D. Dahlan, “Pengembangan Bioaditif Serai Wangi Pada Bahan Bakar Bensin Terhadap Performa Mesin Dan Emisi Gas Buang Sepeda Motor,” *J. Ilm. Progr. Stud. Magister Tek. Mesin*, vol. 10, no. 2, pp. 29–35, 2017.
- [14] D. G. C. Alfian, R. A. Prahmana, D. J. Silitonga, A. Muhyi, and D. Supriyadi, “Uji Performa Gasoline Engine menggunakan bioaditif cengkeh dengan

- bensin berkadar oktan 90,” *J. Sci. Appl. Technol.*, vol. 4, no. 1, p. 49, 2020, doi: 10.35472/jsat.v4i1.243.
- [15] B. M. A. Cengel Yunus A, *Thermodynamic An Engineering Approach Sixth Edition*, McGraw-Hil. McGraw-Hill: McGraw-Hill, 2007.
- [16] H. Margareth, *Internal Combustion Engines*. 2017.
- [17] R. K. Roy, *Design of experiments using the Taguchi approach*. New York: A Wiley Interscience Publication, 2001.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)
