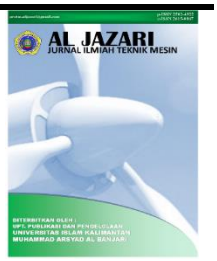
Al Jazari
Jurnal Ilmiah Teknik Mesin

Journal homepage:
https://ojs.uniska-bjm.ac.id/index.php/JZR/index
p-ISSN 2502-4922, e-ISSN 2615-0867



Analisis Pengaruh Jenis Bahan Bakar Terhadap Nilai Emisi Gas Buang Pada *Diesel Engine Common Rail System*

Heri Pratomo [1,a], Puji Saksono [2,b*], Marsius Ferdnian [3,c]

[1,2,3] Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Balikpapan

[a] heripratomo260392@gmail.com; [b*] pujisaksono@uniba-bpn.ac.id; [c] marsius@uniba-bpn.ac.id

Info Artikel
Riwayat Artikel:
Diterima: 7 Oktober 2023
Diterima dalam bentuk revisi: 16 Oktober 2023
Diteima/publis: 7 Nopember 2023

Abstrak
Emisi gas buang kendaraan bermotor mempunyai berbagai senyawa kimia, dimana nilainya salah satunya tergantung dari jenis bahan bakar yang digunakan. Penelitian dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan jenis bahan bakar dengan variasi putaran engine terhadap nilai emisi gas buang pada mobil Diesel engine dengan sistem common rail. Adapun tahap awal penelitian dilakukan survey menggunakan kuisioner googleform dan dilanjutkan pengujian engine menggunakan jenis bahan bakar Solar, Dexlite, dan PertaminaDex dengan variasi putaran engine sebesar 900, 1500, 2500, 3500 dan 4000 rpm. Engine yang digunakan adalah mobil merk Toyota Type Hilux 2.4 G Double Cabin tahun 2018. Hasil pengujian didapatkan nilai emisi gas buang paling rendah yaitu dengan menggunakan jenis bahan bakar PertaminaDex dengan putaran engine 900 rpm (idle) untuk gas CO dan HC, serta pada putaran engine 4000 rpm untuk gas NOx. Sedangkan nilai emisi paling tinggi yaitu dengan menggunakan jenis bahan bakar Solar pada saat putaran engine 4000 rpm untuk gas CO dan HC serta pada putaran engine 900 rpm (idle) untuk gas NOx nya.

Kata Kunci:
Engine tipe common rail, pengujian, nilai emisi gas buang

Abstract
Motor vehicle exhaust emissions contain various chemical compounds, the value of which depends on the type of fuel used. The research was conducted to determine the effect of using fuel types with variations in engine speed on exhaust gas emission values in Diesel engine cars with a common rail system. As for the initial stage of the research, a survey was carried out using a Google Form questionnaire and continued with engine testing using Diesel, Dexlite, and PertaminaDex fuel types with engine speed variations of 900, 1500, 2500, 3500, and 4000 rpm. The engine used is a 2018 Toyota Type Hilux 2.4 G Double Cabin car. The test results showed that the lowest exhaust gas emission value was using PertaminaDex fuel with an engine speed of 900 rpm (idle) for CO and HC gases, as well as at engine speed. 4000 rpm for NOx gas. Meanwhile, the highest emission value is using diesel fuel at 4000 rpm engine speed for CO and HC gas and 900 rpm (idle) engine speed for NOx gas.

http://dx.doi.org/10.31602/al-jazari.v8i2.12730
@UNISKA 2023. Diterbitkan oleh UPT Publikasi dan Pengelolaan Jurnal
Jurnal Al Jazari is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License

PENDAHULUAN

Emisi gas buang kendaraan bermotor mempunyai berbagai senyawa kimia, dimana nilainya salah satunya tergantung dari jenis bahan bakar yang digunakan. Selain tentunya juga dari tata cara mengendarai, jenis *engine*, teknologi pengendali emisi gas buang kendaraan bermotor, temperatur pada saat digunakan dan faktor penentu lainnya yang berdampak pada nilai emisi gas buang kendaraan bermotor yang dihasilkan.

Meskipun emisi gas buang kendaraan bermotor ada senyawa yang tidak berbahaya seperti nitrogen, karbon dioksida, dan uap air, tapi juga mengandung senyawa lain dengan jumlah banyak yang membahayakan kesehatan maupun lingkungan. Polutan utama yang terkandung dalam emisi gas buang kendaraan bermotor adalah karbon monoksida (CO), senyawa hidrokarbon (HC),

berbagai oksida nitrogen (NOx) dan sulfur (SOx), serta partikulat debu termasuk timbel (PB).

Kecepatan putaran *engine* yang bermacam-macam dapat mempengaruhi emisi gas buang yang bermacam pula. Kecepatan putaran *engine* memperlihatkan semakin tinggi putaran *engine*, maka semakin keras kerja *engine*nya dan semakin banyak *engine* membakar bahan bakar. Kecepatan kendaraan bermotor dipengaruhi oleh kecepatan putaran *engine*. Putaran *engine* yang bervariasi langsung mengakibatkan nilai emisi gas buang kendaraan bermotor [1].

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh penggunaan bahan bakar dalam hal ini dengan menggunakan Solar, Dexlite dan PertaminaDex dengan variasi putaran *engine* terhadap nilai emisi gas buang kendaraan bermesin diesel dengan sistem *commom rail*. Dalam penelitian ini menggunakan variasi putaran *engine* 900 rpm (*idle*), 1500 rpm, 2500 rpm, 3500 rpm, dan 4000 rpm.

Tujuan dari penelitian ini mengukur dan menganalisa pengaruh penggunaan bahan bakar Solar, Dexlite, dan PertaminaDex dengan variasi putaran *engine* terhadap nilai emisi gas buang kendaraan bermotor *diesel engine* dengan sistem *common rail*.

TINJAUAN PUSTAKA

Peraturan di Indonesia resmi menerapkan standar emisi *Euro-4* bagi kendaraan bermotor tercantum pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.20/MENLHK/SETJEN/KUM.1/3/2017 [7].

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan kembali merilis jenis kendaraan tipe baru kategori M, N dan O sebagai tipe kendaraan yang wajib menerapkan standar emisi *Euro-4* sesuai dengan aturan yang tertera dalam PERMENLHK tersebut. Kendaraan bermotor kategori M yaitu mobil untuk angkutan orang, kategori N untuk mobil angkutan barang sedangkan kategori O untuk kendaraan bermotor gandengan atau tempel. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral yang bersama Pertamina bertugas mengembangkan bahan bakar yang sesuai spesifikasi *Euro-4* ini [8].

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada bulan April s/d Juli 2022. Adapun tempat penelitian di Kantor Balai Pengelola Transportasi Darat Wilayah XVII Provinsi Kalimantan Timur dan Kalimantan Utara Kementerian Perhubungan di Jalan Pattimura RT 48 Kelurahan Batu Ampar Kecamatan Balikpapan Utara Kota Balikpapan Provinsi Kalimantan Timur (Terminal Tipe A Batu Ampar). Objek penelitian mobil Merk Toyota Type Hilux 2.4 G Double Cabin tahun 2018.



Gambar 1. Mobil Sebagai Obyek Penelitian
Sunber: Balai Pengelola Transportasi Darat Wilayah XVII

Alat uji emisi gas buang yang digunakan hasilnya dapat terbaca nilai atau kandungan gas buang seperti karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), dan oksida nitrogen (NOx).



Gambar 2. Alat Uji Emisi Gas Buang
Sunber: Balai Pengelola Transportasi Darat Wilayah XVII

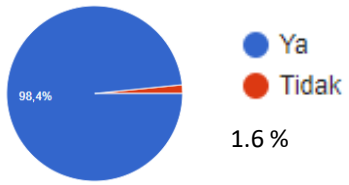
Dalam penelitian ini dibagi menjadi 2 (dua) tahapan, tahap pertama peneliti melakukan survei menggunakani google form dengan link https://bit.ly/SurveyDataPenelittian atau dengan *scan QR Code* yang telah disiapkan oleh peneliti. Survei awal ini untuk mengetahui data pengguna kendaraan bermotor *diesel engine* tersebut sudah mengetahui dari definisi kendaraan bermotor *diesel engine*, mengetahui jenis bahan bakar yang paling banyak digunakan pada kalangan masyarakat serta mengetahui besar putaran *engine* yang digunakan pada saat berkendara.

Selanjutnya peneliti melakukan eksperimen penelitian dengan pengujian untuk mengetahui pengaruh jenis bahan bakar dengan putaran *engine* terhadap nilai emisi gas buang yang dihasilkan oleh Kendaraan Bermotor Merk Toyota *Type Hilux* 2.4 G *Double Cabin*. Jenis bahan bakar yang digunakan antara lain menggunakan bahan bakar Solar, Dexlite dan PertaminaDex. Serta menggunakan berbagai putaran *engine* yang berbeda yaitu 900 rpm (*idle*), 1500 rpm, 2500 rpm, 3500 rpm dan 4500 rpm. Adapun kandungan emisi gas buang yang diteliti antara lain CO, HC dan NOx.

HASIL DAN PEMBAHASAN

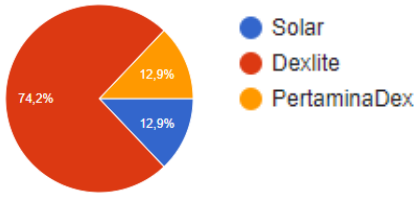
Dari hasil survey kuisioner untuk pertanyaan ke-1 mengenai pengetahuan tentang definisi dari kendaraan bermotor *diesel engine*, didapatkan bahwa 98,4% dari 63 (enam puluh tiga) responden yaitu 62 (enam puluh dua) responden mengetahui tentang definisi dari kendaraan bermotor *diesel engine*. sedangkan 1,6% dari 63 (enam

puluh tiga) responden yaitu 1 (satu) responden tidak mengetahui tentang definisi dari kendaraan bermotor *diesel engine*. dengan hasil tersebut bahwa hampir keseluruhan responden mengetahun definisi apa itu kendaraan bermotor *diesel engine*.



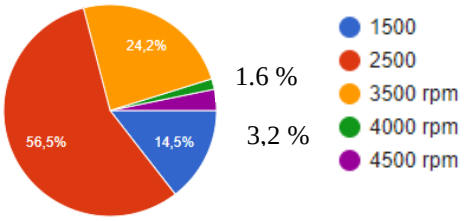
Gambar 3. Persentase jawaban survei pertanyaan ke-1

Dari hasil survey kuisioner untuk pertanyaan ke-2 mengenai jenis bahan bakar yang digunakan, didapatkan bahwa 12,9% dari 63 (enam puluh tiga) responden yaitu 8 (delapan) responden menggunakan bahan bakar jenis solar untuk kendaraan mereka. dan 74,2% dari 63 (enam puluh tiga) responden yaitu 46 (empat puluh enam) responden menggunakan bahan bakar jenis dexlite untuk kendaraan mereka. sedangkan sisanya 12,9% dari 63 (enam puluh tiga) responden yaitu 8 (delapan) responden menggunakan bahan bakar Pertaminadex untuk kendaraan mereka. dengan hasil tersebut bahwa mayoritas responden menggunakan bahan bakar jenis dexlite untuk kendaraan mereka.



Gambar 4. Persentase jawaban survei pertanyaan ke-2

Dari hasil survey kuisioner untuk pertanyaan ke-3 mengenai kecepatan putaran *engine* yang digunakan, didapatkan bahwa 14,5% dari 63 (enam puluh tiga) responden yaitu 9 (sembilan) responden menggunakan putaran *engine* 1500 rpm saat mengendarai kendaraan mereka, 56,5% dari 63 (enam puluh tiga) responden yaitu 35 (tiga puluh lima) responden menggunakan putaran *engine* 2500 rpm saat mengendaraai kendaraan mereka, 24,2% dari 63 (enam puluh tiga) responden yaitu 15 (lima belas) responden mengunakan putaran *engine* 3500 rpm saat mengendarai kendaraan mereka, 1,6% dari 63 (enam puluh tiga) responden yaitu 1 (satu) responden menggunakan putaran *engine* 4000rpm saat mengendarai kendaraan mereka, dan terakhir 3,2% dari 63 (enam puluh tiga) responden yaitu 2 (dua) responden menggunakan putaran *engine* 4500 rpm saat mengendarai kendaraan mereka. dengan hasil tersebut didapatkan bahwa paling banyak responden menggunakan putaran *engine* 2500 rpm saat mengendarai kendaraan mereka.



Gambar 5. Persentase jawaban survei pertanyaan ke-3

Pengaruh bahan bakar jenis Solar dan variasi putaran *engine* terhadap nilai emisi gas buang

Adapun rekapitulasi hasil emisi gas buang CO, HC dan NOx dengan jenis bahan bakar solar berdasarkan hasil penelitian di atas, sebagai berikut :

Tabel 1. Emisi Gas Buang CO Solar

Emisi gas buang CO Solar (%)	Putaran *Engine*				
	900 (*idle*) rpm	1500 rpm	2500 rpm	3500 rpm	4000 rpm
Test 1	0,01	0,04	0,06	0,08	0,08
Test 2	0,01	0,04	0,07	0,07	0,08
Test 3	0,01	0,03	0,06	0,09	0,08
Rata-rata	0,01	0,04	0,06	0,08	0,08

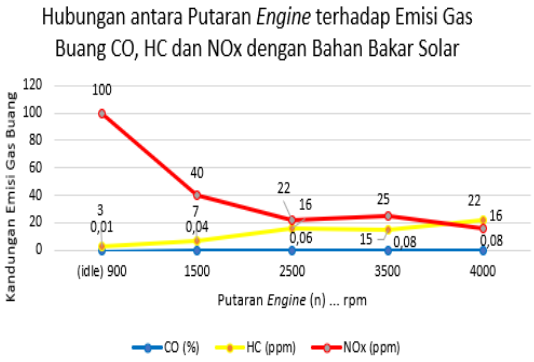
Tabel 2. Emisi Gas Buang HC Solar

Emisi Gas Buang HC Solar (ppm)	**Putaran *Engine***				
	900 (*idle*) rpm	**1500 rpm**	**2500 rpm**	**3500 rpm**	**4000 rpm**
Test 1	2	6	16	15	22
Test 2	3	8	16	14	23
Test 3	3	6	16	17	22
Rata-rata	**3**	**7**	**16**	**15**	**22**

Tabel 3. Emisi Gas Buang NOx Solar

Emisi Gas Buang NOx Solar (ppm)	Putaran *Engine*				
	900 (*idle*) rpm	1500 rpm	2500 rpm	3500 rpm	4000 rpm
Test 1	100	42	23	27	17
Test 2	101	39	22	24	16
Test 3	100	39	22	23	16
Rata-rata	100	40	22	25	16

Dari table di atas, dapat dibuat grafik perbandingan kandungan emisi gas buang CO, HC dan NOx yang dihasilkan berdasarkan bahan bakar jenis Solar dengan variasi putaran *engine*



Gambar 6. Grafik Hubungan antara Putaran *engine* terhadap Emisi Gas Buang CO, HC dan NOx dengan Bahan Bakar Solar

Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa perbandingan kandungan emisi gas buang yang terendah terjadi pada saat putaran *engine* 2500 rpm yaitu kandungan emisi gas buang CO sebesar 0,06 %, HC sebesar 16 ppm, dan NOx sebesar 22 ppm. Sedangkan kandungan emisi gas buang tertinggi terjadi saat putaran *engine* 900 rpm (*idle*) yaitu kandungan emisi gas buang CO sebesar 0,01%, HC sebesar 3 ppm, dan NOx sebesar 100 ppm.

Pengaruh bahan bakar jenis Dextlite dan variasi putaran *engine* terhadap nilai emisi gas buang

Adapun rekapitulasi hasil emisi gas buang CO, HC dan NOx dengan jenis bahan bakar Dexlite berdasarkan hasil penelitian di atas, sebagai berikut :

Tabel 4. Emisi Gas Buang CO Dexlite

Emisi Gas Buang CO Dexlite (%)	Putaran *Engine*				
	900 (*idle*) rpm	1500 rpm	2500 rpm	3500 rpm	4000 rpm
Test 1	0,01	0,02	0,05	0,07	0,08
Test 2	0,01	0,02	0,05	0,07	0,08
Test 3	0,01	0,02	0,05	0,08	0,08
Rata-rata	0,01	0,02	0,05	0,07	0,08

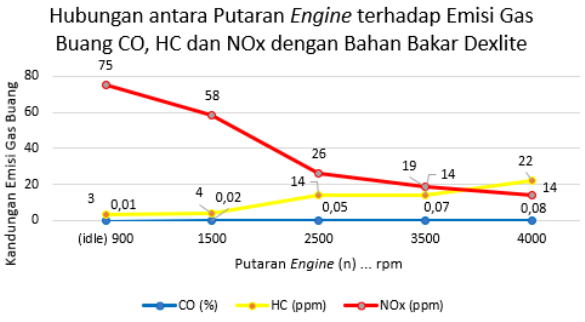
Tabel 5 Emisi Gas Buang HC Dexlite

Emisi Gas Buang HC Dexlite (ppm)	Putaran *Engine*				
	900 (*idle*) rpm	1500 rpm	2500 rpm	3500 rpm	4000 rpm
Test 1	4	6	13	13	23
Test 2	2	3	15	14	21
Test 3	3	4	13	14	22
Rata-rata	3	4	14	14	22

Tabel 6. Emisi Gas Buang NOx Dexlite

Emisi Gas Buang NOx Dexlite (ppm)	Putaran *Engine*				
	900 (*idle*) rpm	1500 rpm	2500 rpm	3500 rpm	4000 rpm
Test 1	74	59	26	22	15
Test 2	75	59	24	17	13
Test 3	77	56	27	19	15
Rata-rata	75	58	26	19	14

Dari tabel di atas, dapat dibuat grafik perbandingan kandungan emisi gas buang CO, HC dan NOx yang dihasilkan berdasarkan bahan bakar jenis Dexlite dengan variasi putaran *engine*



Gambar 7. Grafik Hubungan antara Putaran *Engine* terhadap Emisi Gas Buang CO, HC dan NOx dengan Bahan Bakar Dexlite

Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa perbandingan kandungan emisi gas buang yang terendah terjadi pada saat putaran *engine* 3500 rpm yaitu kandungan emisi gas buang CO sebesar 0.05 %, HC sebesar 14 ppm, dan NOx sebesar 26 ppm. sedangkan kandungan emisi gas buang tertinggi terjadi saat putaran *engine* 900 rpm (*idle*) yaitu kandungan emisi gas buang CO sebesar 0.01 %, HC sebesar 3 ppm, dan NOx sebesar 75 ppm.

Pengaruh bahan bakar jenis PertaminaDex dan variasi putaran *engine* terhadap nilai emisi gas buang

Adapun rekapitulasi hasil emisi gas buang CO, HC dan NOx dengan jenis bahan bakar PertaminaDex berdasarkan hasil penelitian di atas, sebagai berikut :

Tabel 7. Emisi Gas Buang CO PertaminaDex

Emisi Gas Buang CO Pertamina Dex (%)	Putaran *Engine*				
	900 (*idle*) rpm	1500 rpm	2500 rpm	3500 rpm	4000 rpm
Test 1	0,01	0,01	0,04	0,06	0,07
Test 2	0,01	0,01	0,04	0,06	0,08
Test 3	0,01	0,01	0,05	0,06	0,07
Rata-rata	0,01	0,01	0,04	0,06	0,07

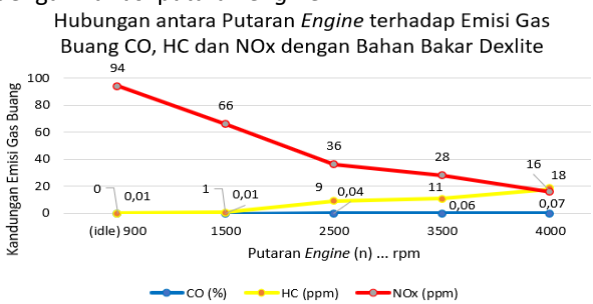
Tabel 8. Emisi Gas Buang HC PertaminaDex

Emisi Gas Buang HC Pertamina Dex (ppm)	Putaran *Engine*				
	900 (*idle*) rpm	1500 rpm	2500 rpm	3500 rpm	4000 rpm
Test 1	0	1	9	12	20
Test 2	0	1	9	11	19
Test 3	0	0	10	11	15
Rata-rata	0	1	9	11	18

Tabel 9. Emisi Gas Buang NOx PertaminaDex

Emisi Gas Buang NO Pertamina Dex (ppm)	Putaran *Engine*				
	900 (*idle*) rpm	1500 rpm	2500 rpm	3500 rpm	4000 rpm
Test 1	88	66	35	27	16
Test 2	96	67	37	27	13
Test 3	97	64	35	30	20
Rata-rata	94	66	36	28	16

Dari table di atas, dapat dibuat grafik perbandingan kandungan emisi gas buang CO, HC dan NOx yang dihasilkan berdasarkan bahan bakar jenis PertaminaDex dengan variasi putaran *engine.*



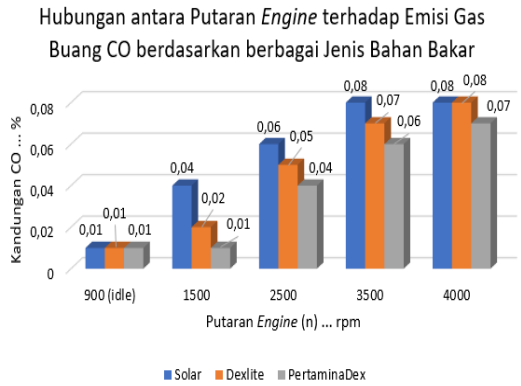
Gambar 7. Grafik Hubungan antara Putaran *Engine* terhadap Emisi Gas Buang CO, HC dan NOx dengan Bahan Bakar PertaminaDex

Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa perbandingan kandungan emisi gas buang yang terendah terjadi pada saat putaran *engine* 2500 rpm yaitu kandungan emisi gas buang CO sebesar 0,04 %, HC sebesar 9 ppm, dan NOx sebesar 36 ppm. Sedangkan kandungan emisi gas buang tertinggi terjadi saat putaran *engine* 900 rpm (idle) yaitu kandungan emisi gas buang CO sebesar 0,01%, HC sebesar 0 ppm, dan NOx sebesar 94 ppm.

Perbandingan Nilai Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor berdasarkan Jenis Bahan Bakar dan Variasi Putaran *Engine*

a) Emisi Gas Buang CO

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, didapatkan perbandingan nilai emisi gas buang CO yang dilihat berdasarkan jenis bahan bakar dan putaran *engine* yang digunakan.

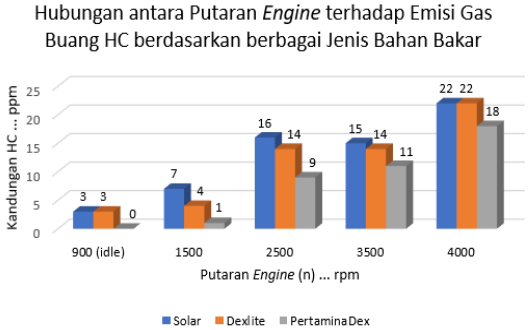


Gambar 8. Grafik Hubungan antara Putaran *Engine* terhadap Emisi Gas Buang CO dari berbagai Jenis Bahan Bakar

Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa nilai emisi gas buang CO paling tinggi dengan variasi putaran *engine* yaitu dihasilkan oleh bahan bakar jenis Solar, sedangkan nilai emisi gas buang CO paling rendah dengan variasi putaran *engine* yaitu dihasilkan oleh bahan bakar jenis Pertaminadex.

b) Emisi Gas Buang HC

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, didapatkan perbandingan nilai emisi gas buang HC yang dilihat berdasarkan jenis bahan bakar dan putaran *engine*.

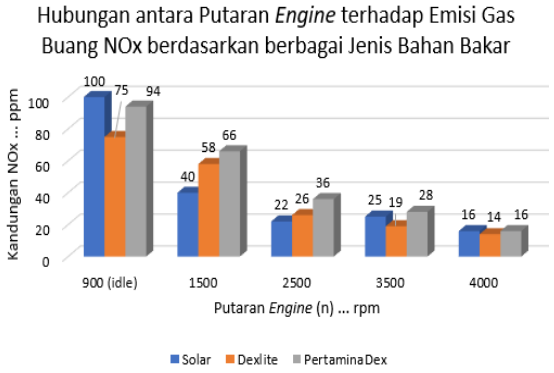


Gambar 9. Grafik Hubungan antara Putaran *Engine* terhadap Emisi Gas Buang HC berdasarkan berbagai Jenis Bahan Bakar

Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa nilai emisi gas buang HC paling tinggi dengan variasi putaran *engine* yaitu dihasilkan oleh bahan bakar jenis Solar, sedangkan nilai emisi gas buang HC paling rendah dengan variasi putaran *engine* yaitu dihasilkan oleh bahan bakar jenis Pertaminadex.

c) Emisi Gas Buang NOx

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, didapatkan perbandingan nilai emisi gas buang NOx yang dilihat berdasarkan jenis bahan bakar dan putaran *engine* yang digunakan, antara lain sebagai berikut :



Gambar 4.17 Grafik Hubungan antara Putaran *Engine* terhadap Emisi Gas Buang NOx berdasarkan berbagai Jenis Bahan Bakar

Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa nilai emisi gas buang NOx paling tinggi terjadi fluktuatif tergantung dari putaran *engine* yang digunakan. Pada putaran *engine* 1500 rpm, 2500 rpm dan 3500 rpm emisi gas buang NOx yang paling tinggi dihasilkan oleh bahan bakar jenis Pertaminadex, sedangkan pada putaran *engine* 900 rpm (*idle*) dan 4000 rpm emisi gas buang NOx paling tinggi dihasilkan oleh bahan bakar jenis Solar.

KESIMPULAN

Hasil penelitian disimpulkan bahwa penggunaan jenis bahan bakar dan variasi putaran *engine* sangat mempengaruhi nilai dari kandungan emisi gas buang yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor *diesel engine commonrail system*. Nilai emisi gas buang kendaraan bermotor paling rendah dihasilkan oleh jenis bahan bakar PertaminaDex pada saat putaran *engine* 900 rpm (*idle*) untuk kandungan gas CO dan HC, serta putaran *engine* 4000 rpm untuk kandungan gas NOx. Sedangkan nilai emisi gas buang kendaraan bermotor paling tinggi dihasilkan oleh jenis bahan bakar Solar pada saat putaran *engine* 4000 rpm untuk kandungan gas CO dan HC, serta putaran *engine* 900 rpm (idle) untuk kandungan gas NOx.

REFERENSI

alatuji.com, “RPM Mesin, Salah Satu Indikator Penting Dalam Kendaraan,” *alatuji.com*, 2022. https://www.alatuji.com/article/detail/190/rpm-

mesin-salah-satu-indikator-penting-dalam-kendaraan-.

E. S. I Gede Eka Lesmana, Rovida Camalia Hartantrie, "Analisis Perbandingan Emisi Gas Buang Bahan Bakar Biodiesel B30 Dan Solar Dexlite Pada Mesin Diesel R175A," *J. ALMIKANIKA*, vol. l, no. 1, pp. 22–27, 2022.

H. Muhammad Iskandar Musa, "Analisis Penggunaan Bahan Bakar Solar dan Pertamina Dex Terhadap Emisi Gas Buang Mesin Diesel," pp. 566–567, 2019.

N. H. M Abrar F, Andy Mizwar, Riza MK, Indah N, "Perbandingan Emisi Gas Buang Yang Dihasilkan Pada Penerapan BioDiesel di PT Adaro Indonesia," *J. Tek. Lingkung.*, vol. 6, no. 2, pp. 147–156, 2020.

H. B. Suwarto, "Pengaruh Pencampuran Bahan Bakar Biosolar Dan Dexlite Terhadap Opasitas Gas Buang Dan Konsumsi Bahan Bakar Pada Internal Combustion Engine (Ice)," *Semin. Nas. Inov. dan Apl. Teknol. di Ind. 2018*, pp. 184–192, 2018.

P. P. U. Puji Saksono, "Analisis Pengaruh Pembebanan Engine Terhadap Emisi Gas Buang Dan Fuel Consumption Menggunakan Bahan Bakar Solar Dan Biodiesel B10 Pada Engine Cummins Qsk 45 C," vol. 15, no. 2, p. 136, 2018, doi: 10.24912/poros.v15i2.1276.

KLH, "Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI Nomor P.20/MENLHK/SETJEN/KUM.1/3/2017," 2017.

Khoiria Oktaviani, "Mengenal Standar Emisi Gas Buang Eropa," *esdm.go.id*, 2018. https://www.esdm.go.id/en/media-center/news-archives/mengenal-standar-emisi-gas-buang-eropa.