

Analysis of the Impact of Exhaust Gas Emissions on Diesel Fueled Vehicles in View From the Year of Manufacture

[Analisa Dampak Emisi Gas Buang pada Kendaraan Berbahan Bakar Solar Ditinjau dari Tahun Pembuatan]

Irfan Dwi Farilla¹⁾, Ali Akbar²⁾

¹⁾Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: aliakbar@umsida.ac.id

Abstract. *Air pollution is a condition caused by exhaust gas from motor vehicles operating on the roads. In order to minimize air pollution from getting bigger, the government is making preventive efforts by carrying out vehicle emissions tests, which are carried out regularly, which are currently being carried out targeting transport vehicles. This research aim to determine the year of the vehicle that produces the dominant emission gas tested based on the year of the vehicle with the L300 type of diesel fueled vehicle. The method used is experimental using two way Anova analysis. The research results show that vehicles with a long lifespan produce high emissions of gases. This is in accordance with the results of the ANOVA test which accepts the statement that there is at least one vehicle age that has a significant effect on smoke concentration.*

Keywords - ANOVA, Gas Emissions, RPM, Smoke density.

Abstrak. *Polusi udara adalah suatu kondisi yang disebabkan adanya gas buang kendaraan bermotor, yang beroperasi di jalanan. Guna meminimasi adanya polusi udara semakin besar, maka pemerintah melakukan upaya preventif dengan melakukan uji emisi kendaraan, yang dilakukan secara rutin, yang saat ini dilakukan dengan menyasar kendaraan angkutan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tahun kendaraan yang menghasilkan gas emisi dominan yang diuji berdasarkan tahun kendaraan dengan jenis kendaraan L300 berbahan bakarsolar. Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan menggunakan analisa two way Anova. Hasil penelitian bahwa kendaraan dengan tahun yang lama menghasilkan gas emisi yang tinggi. Hal ini sebagaimana hasil pengujian anova yang menerima atas pernyataan bahwa minimal ada satu umur kendaraan yang berpengaruh signifikan terhadap Kepekatan Asap.*

Kata Kunci – ANOVA, Emisi Gas, Kepekatan asap, RPM

I. PENDAHULUAN

Pertumbuhan kendaraan bermotor di Indonesia yang terus meningkat telah menyebabkan persoalan serius dalam hal peningkatan pencemaran udara. Salah satu jenis kendaraan bermotor yang membawa dampak besar terhadap pencemaran udara di Indonesia adalah kendaraan bermotor bermesin diesel[1]. Mesin diesel merupakan salah satu jenis motor yang banyak digunakan masyarakat baik sebagai alat transportasi maupun dalam industri. Efisiensi motor diesel dipengaruhi oleh kesempurnaan terjadinya proses pembakaran bahan bakar didalam silinder motor diesel tersebut [2]. Mesin diesel termasuk jenis mesin pembakaran dalam (Internal Combustion Engine). Mesin pembakaran dalam adalah mesin penggerak yang selalu memanfaatkan energi panas dari proses terbakarnya bahan bakar menjadi energi gerak. Mesin diesel merupakan mesin pembakaran dalam dimana proses penyalannya adalah ketika piston mendekati titik mati atas selanjutnya bahan bakar akan disemprotkan ke dalam ruang bakar melalui nosel maka terjadilah pembakaran pada ruang bakar dan udara dalam silinder akan mencapai temperatur tinggi [3]. Mesin diesel ini memiliki perbandingan kompresi yang lebih tinggi dibandingkan dengan motor bensin, ini dikarenakan pada motor bensin proses penyalan bahan bakarnya dibantu dengan busi sehingga tidak memerlukan kompresi yang tinggi. Perbandingan kompresi mesin diesel adalah antara 15 – 30, sedangkan untuk mesin bensin adalah 6 – 12. Dengan lebih besarnya kompresi, maka daya yang dihasilkan mesin diesel juga lebih besar jika dibandingkan dengan mesin bensin.

Berkembangnya teknologi di dunia otomotif akan menghasilkan produk – produk kendaraan dengan kapasitas mesin besar. Kendaraan yang mempunyai kapasitas mesin besar harus diimbangi dengan pemakaian bahan bakar yang sesuai dan hasil dari pembakaran yang minim. Apabila bahan bakar yang digunakan tidak sesuai dengan kebutuhan mesin yang digunakan akan mengganggu proses pembakaran sehingga dapat mengakibatkan gejala knocking atau destocking. Saat ini bahan bakar yang dijual di pasaran umumnya mempunyai angka cetane yang rendah dan

cenderung tidak sesuai dengan kapasitas mesin yang digunakan. Cetane Number (Angka Setana) adalah ukuran yang menunjukkan kualitas dari bahan bakar untuk diesel. Kapasitas mesin besar tetapi menggunakan bahan bakar dengan angka cetane rendah dapat mengakibatkan konsumsi bahan bakar berlebih. Tingkat konsumsi bahan bakar dipengaruhi oleh temperature bahan bakar atau mesin, beban mesin dan juga angka cetane dalam bahan bakar. Setiap bahan bakar memiliki karakteristik dan nilai pembakaran yang berbeda-beda. Karakteristik inilah yang menentukan sifat-sifat dalam proses pembakaran, dimana sifat yang kurang menguntungkan dapat disempurnakan dengan jalan menambah bahan-bahan kimia ke dalam bahan bakar tersebut[4].

Solar merupakan bahan bakar yang digunakan untuk kendaraan bermotor bermesin diesel, selain untuk bahan bakar solar juga dapat digunakan sebagai pelumas pada komponen mesin. Minyak solar berasal dari Gas Oil, yang merupakan fraksi minyak bumi dengan kisaran titik didih antara 2500C sampai 3500C yang disebut juga middle destilat. Komposisinya terdiri dari senyawa hidrokarbon dan non-hidrokarbon. Senyawa hidrokarbon yang ditemukan dalam minyak solar seperti parafinik, naftenik, olepin dan aromatik. Sedangkan untuk senyawa non-hidrokarbon terdiri dari senyawa yang mengandung unsur-unsur non- logam, yaitu sulfur, nitrogen, dan oksigen serta unsur logam seperti vanadium, nikel, dan besi. Karakteristik ideal bahan bakar solar yaitu viskositas sempurna (tidak tinggi dan tidak terlalu rendah persentase air, abu, belerang dan sisa-sisa karbon harus rendah). Makin tinggi cetane number semakin mudah suatu solar untuk dibakar[5]. Solar dengan kandungan tersebut apabila digunakan untuk proses pembakaran mesin diesel dapat menghasilkan gas buang yang bersifat racun. Gas buang motor diesel yang pekat dapat mengakibatkan gangguan pandangan maupun gangguan kesehatan. Opasitas / kepekatan asap gas buang dapat muncul sebagai akibat kerusakan pada mesin maupun kesalahan penyetyelan yang kurang tepat, sehingga performa mesin tidak optimal. Namun tidak hanya itu, bahan bakar yang kurang sesuai juga dapat dimungkinkan sebagai salah satu penyebab timbulnya opacity/kepekatan asap [6].

Polutan dari emisi kendaraan bermotor berdampak signifikan terhadap sistem ekologi dan kesehatan manusia[7]. Penggunaan solar sebagai bahan bakar mesin diesel menghasilkan emisi gas buang dengan kandungan jelaga/asap hitam, CO, CO₂, NO_x, SO_x, hidrokarbon dan partikulat-partikulat. Permasalahan emisi gas buang dapat diatasi dengan cara meningkatkan kualitas bahan bakar yang digunakan. Kualitas bahan bakar yang baik dapat membuat proses pembakaran menjadi lebih sempurna. Proses pembakaran yang sempurna dapat menghasilkan tenaga yang optimal dan emisi gas buang yang lebih efisien. Polutan atau emisi gas buang yang dihasilkan oleh tiap kendaraan pada tahunnya memiliki kualitas yang berbeda beda hal ini dapat disebabkan oleh perkembangan teknologi pada dunia otomotif. Dengan berlatar hal tersebut penulis berniat untuk melakukan riset dan penelitian terhadap ketebalan asap pada emisi gas buang dari kendaraan diesel dari tahun 2017 hingga 2021. Dimana hasil penelitian tersebut akan disimpulkan untuk meninjau perkembangan efisiensi dan kualitas kinerja mesin dari tahun ke tahun.

II. METODE

Pada Penelitian ini penyusun melakukan pengujian dan pengamatan terhadap kendaraan bermotor mesin diesel roda empat dengan tahun pembuatan mulai dari 2017 sampai 2021 yang menggunakan bahan bakar Solar. Total sampel atau kendaraan yang diuji ialah 5 kendaraan dari setiap tahunnya, maka total kendaraan yang diuji ialah 30 kendaraan. Metode analisis menggunakan pengolahan SPSS versi 27, sedangkan teknik pengolahan data menggunakan teknik deskriptif berdasarkan hasil eksperimen. Perhitungan akan dilakukan selama pemrosesan untuk menentukan tingkat emisi yang dihasilkan dari pengujian yang dilakukan. Data yang dihasilkan akan dilakukan pengujian dengan metode Anova.

A. Rekapitulasi Data Uji Kepekatan Asap

Berikut adalah data rekapitulasi pengujian kepekatan Asap terhadap 30 kendaraan di UPT Pengujian Kendaraan Bermotor Dishub Kabuapten Sidoarjo. Hasil pengujian atas tingkat kepekatan asap buang yang dihasilkan oleh kendaraan L300, di tinjau dari tahun produksi kendaraan, dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 1. Hasil uji kepekatan asap berdasarkan tahun produksi kendaraan

Tahun Produksi kendaraan	Ketebalan asap(%)	Tahun Produksi kendaraan	Ketebalan asap(%)	Tahun Produksi kendaraan	Ketebalan asap(%)
2017	35	2018	57	2020	34
2017	61	2018	49	2021	13
2017	65	2019	26	2021	19
2017	68	2019	33	2021	18
2017	40	2019	64	2021	23
2017	45	2019	38	2021	30
2017	50	2019	44	2022	7

2018	53	2020	17	2022	11
2018	30	2020	16	2022	12
2018	37	2020	21	2022	15
2018	43	2020	26	2022	21

Tabel 1. Merupakan hasil pengujian yang dilakukan terdapat 33 unit kendaraan mobil merk Mitsubishi jenis L300 berbahan bakar solar, yang telah mengikuti uji emisi gas buang dalam hal ini uji kepekatan Asap. Merujuk ketentuan kementerian lingkungan hidup no. 5 tahun 2006, bahwa tingkat opositas pada kendaraan jenis solar untuk tahun di atas 2010 adalah 40% HSU[8] Keseluruhan uji emisi menunjukkan 26 unit kendaraan telah lulus uji dan 7 unit kendaraan dinyatakan tidak lulus uji. Penyebaran data atas ketidakkulusan uji terdistribusi hampir keseluruhan tahun pembuatan, yaitu tahun 2017 dengan tingkat ketebalan asap tertinggi hingga mencapai 68% dan tingkat ketebalan terendah 35%, kemudian tahun 2018 tingkat ketebalan tertinggi hingga 53% dengan tingkat ketebalan terendah 30%. Selanjutnya tahun 2019 dengan tingkat ketebalan asap tertinggi 64% dan terendah 26%, kemudian tahun 2020, 2021 dan 2022 yang relatif aman dalam hal tingkat ketebalan asap, hal tersebut dapat dilihat pada tingkat ketebalan tertinggi masing-masing 34%, 30% dan 21% sedangkan tingkat terendah ketebalan asapnya masing-masing adalah 16%, 13% dan 7%.

B. Kualitas Gas Buang

Kualitas emisi gas buang yang dihasilkan kendaraan dapat diketahui dari hasil uji emisi yang telah dilakukan pada suatu kendaraan. Pada penelitian ini uji gas buang dilakukan pada mobil Mitsubishi L300 berbahan bakar solar, dengan melakukan pengujian dikelompokkan berdasarkan tahun produksi dan dilakukan terhadap 33 kendaraan L300 yang diproduksi tahun 2017-2022. Hasil pengujian diilustrasikan kedalam bentuk tabel, yang dikelompokkan berdasarkan tahun, jumlah kendaraan yang diuji dan pengelompokan lulus atau tidak lulus yang dijabarkan pada data hasil uji dapat dilihat pada tabel 2, dibawah ini.

Tabel 2. Hasil uji kepekatan Asap kendaraan mobil L 300

Tahun Produksi kendaraan	Jumlah	lulus Uji	Tidak Lulus Uji
2017	7	4	3
2018	6	4	2
2019	5	4	1
2020	5	5	0
2021	5	5	0
2022	5	5	0

Merujuk pada tabel 2. Hasil uji kepekatan Asap kendaraan L300, dari 5 pengujian atas sampel, menunjukkan bahwa 4 sampel kendaraan L300 dinyatakan lulus uji dan 1 dinyatakan tidak lulus uji.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan dengan menggunakan analisis Anova satu Arah, untuk menguji terhadap hipotesa penelitian, yaitu :

H0 : Semua tahun pembuatan Kendaraan yaitu 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022 tidak berpengaruh signifikan terhadap kepekatan Asap

H1 : Minimal ada satu umur kendaraan yang berpengaruh signifikan terhadap Kepekatan Asap.

Analisis variasi mensyaratkan atas pemenuhan tiga asumsi, yaitu bersifat identik, independen, dan terdistribusi normal. yaitu :

A. Uji Normalitas

Uji Normalitas bertujuan untuk mengetahui hasil pengujian terdistribusi normal, tabel.1 merupakan hasil tests of normality, yang jelaskan sebagai berikut:

Tabel 3. Tests Of Normality

Hasil Uji Kepekatan Asap	Tahun Kendaraan	Shapiro-Wilk ^a
		Sig
	2017	563
	2018	887
	2019	609
	2020	487
	2021	876
	2022	872

Tabel 1. Tests of Normality menunjukkan bahwa signifikansi hasil uji kepekatan asap terhadap kendaraan tahun 2017 adalah 0,563, kemudian tahun 2018 adalah 0,887, tahun 2019 adalah 0,609, tahun 2020 adalah 0,487, tahun 2021 adalah 0,878 dan terakhir tahun 2022 yaitu 0,872. Dari hasil keseluruhan menunjukkan nilai sigifikan seluruh tahun pembuatan kendaraan memiliki nilai lebih besar dari 0,05, sehingga dapat disimpulkan bahwa data terdistribusi normal.

B. Output test of homogeneity of variances

Pengujian ini bertujuan untuk menguji ada tidaknya asumsi untuk Anova, hal tersebut dapat dilihat dari nilai probabiitas atau signifikannya pada uji normalitas tersebut. Hal ini dapat dilihat dari tabel 2. Tests of Homogeneity of Variance dibawah ini.

Tabel 4. Test Of Homogeneity Of Variances

		Levene			
		Statistic	df1	df2	Sig.
Hasil Uji Kepekatan Asap	Based on Mean	1.841	5	27	.138
	Based on Median	1.316	5	27	.287
	Based on Median and with adjusted df	1.316	5	16.932	.304
	Based on trimmed mean	1.806	5	27	.145

Pada tabel 2. Tests of Homogeneity of Variance, menunjukkan nilai signifikan adalah 0,138 yang berarti lebih besar dari 0.05. Dengan demikian H0 di tolak. Sehingga pernyataan bahwa Semua tahun pembuatan Kendaraan yaitu 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022 tidak berpengaruh signifikan terhadap kepekatan Asap, adalah diterima.

C. Uji Anova

Pengujian anova merupakan pengujian akhir, hal ini digunakan untuk menentukan nilai yang dihasilkan terhadap hipotesa apakah diterima atau ditolak. Penentuan H0 atau H1 yang diterima, harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

- Apabila nilai Fhitung > Ftabel, H0 dinyatakan di Tolak.
- Apabila nilai Fhitung < Ftabel, H0 dinyatakan di Terima.
- Dan apabila nilai signifikan atau probabilitas >0,05, H0 dinyatakan di Terima.
- Dan apabila nilai signifikan atau probabilitas <0,05, H0 dinyatakan di Tolak.

Berikut adalah hasil uji Anova sebagaimana Tabel. 3. Anova :

Tabel 5. Uji Anova

Hasil Uji Kepekatan Asap					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6905.336	5	1381.067	13.159	.000
Within Groups	2833.633	27	104.949		
Total	9738.970	32			

Pada tabel 3. Uji Anova di atas, nilai Fhitung adalah 230,881 dan Ftabel dengan nilai df1 : 4 dan nilai df2 : 145, maka nilai Fhitung adalah 2,43, yang berarti Fhitung > dari Ftabel yang berarti H0 di tolak. Sementara nilai probabilitas atau signifikan adalah 0,000, yang berarti bahwa 0,000 < 0,05 dengan demikian hipotesa nol (H0) di

Tolak. Hal ini menunjukkan bahwa minimal ada satu umur kendaraan yang berpengaruh signifikan terhadap Kepekatan Asap.

D. Tes Post Hoc

Uji Post Hoc berfungsi untuk mencari kelompok yang berbeda, yang ditunjukkan adanya perbedaan F hitung dengan merujuk pada hipotesa nol (H0) yang di tolak. Untuk menjelaskan besaran nilai F hitung perlu ditampilkan output descriptive statistics, Berikut adalah output descriptive statistics dan hasil uji Post Hoc.

Tabel 6. Descriptives

Hasil Uji Kepekatan Asap							
N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	5% Confidence Interval for Mean			Minimum
				Lower Bound	Upper Bound		
2017	7	52.0000	12.85820	4.85994	51.6823	52.3177	35.00
2018	6	44.8333	10.16694	4.15064	44.5597	45.1069	30.00
2019	5	41.0000	14.45683	6.46529	40.5686	41.4314	26.00
2020	5	22.8000	7.39594	3.30757	22.5793	23.0207	16.00
2021	5	20.6000	6.34823	2.83901	20.4106	20.7894	13.00
2022	5	13.2000	5.21536	2.33238	13.0444	13.3556	7.00
Total	33	33.9697	17.44542	3.03686	33.7778	34.1616	7.00

Tabel 6. output descriptive statistics, menjelaskan tentang hasil data statistik deskriptif yang berisikan mean, standart deviasi, angka terendah dan tertinggi serta standart error. Data yang ditampilkan berasal dari pengujian hasil uji kepekatan asap yang telah dilakukan. Dari tabel tersebut dapat dilihat adanya perbedaan mean tahun pembuatan kendaraan 2017 terhadap tahun 2018 sebesar 7.16667 yang diperoleh dari nilai mean tahun 2017 adalah 52 dan mean tahun 2018 adalah 44,8333 (tabel 5. output descriptive statistics) dan perbedaan mean tahun 2017 terhadap 2019 adalah 11 (tabel 5. output descriptive statistics). Langkah perhitungan ini digunakan untuk mengetahui perbedaan mean post hoc dengan mencari equal variances assumed melalui nilai Tukey dan Bonferroni.

IV. SIMPULAN

Pengujian terhadap tahun kendaraan terhadap emisi gas buang pada kendaraan L300 berbahan bakar solar menunjukkan bahwa tahun kendaraan memiliki pengaruh terhadap emisi gas buang yang dihasilkan. Hal ini terbukti atas hasil pengujian analisis anova yang menyatakan bahwa semua tahun pembuatan kendaraan tidak berpengaruh signifikan terhadap kepekatan Asap ternyata tidak terbukti, sementara pernyataan yang menyatakan bahwa minimal ada satu umur kendaraan yang berpengaruh signifikan terhadap Kepekatan Asap dinyatakan terbukti. Namun kandungan rata-rata emisi gas buang yang dihasilkan salah satu faktor penentu adalah tahun produksi, sehingga perlunya perawan rutin adalah salah satu solusi dengan menjaga kondisi kendaraan yang dimiliki khususnya kendaraan L300.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih saya ucapkan kepada program studi teknik mesin universitas muhammadiyah sidoarjo yang telah memberikan ilmu dan wawasan yang bermanfaat serta para rekan aslab dan juga teman-teman yang telah membantu untuk menyelesaikan penelitian ini.

REFERENSI

- [1] I. M. Muliatna, D. V. Wijanarko, and W. Warju, "Uji Efektivitas Diesel Particulate Trap (Dpt) Berbahan Dasar Kuningan Dan Glasswool Terhadap Reduksi Opasitas Gas Buang Mesin Diesel Multi Silinder," *Otopro*, vol. 13, no. 1, p. 35, 2019, doi: 10.26740/otopro.v13n1.p35-43.
- [2] A. I. Tariq and A. M. Saleh, "An experimental investigation into the combustion properties, performance, emissions, and cost reduction of using heavy and light fuel oils," *Case Stud. Therm. Eng.*, vol. 44, no. February, p. 102832, 2023, doi: 10.1016/j.csite.2023.102832.
- [3] A. Palinggi, L. Lantang, and T. A. Fongo, "Optimizing the Performance of Diesel Engine With Dexlite and Biodiesel Fuels From Local Virgin Coconut Oil," vol. 208, no. Icist 2020, pp. 259–263, 2021.
- [4] W. Wilarso, T. Wibowo, B. Teguh, and M. Mujiarto, "Analysis of injector spring damage to determine maintenance management diesel engine at PLTD Ampenan," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1402, no. 7, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1402/7/077043.

- [5] W. Wilarso, F. Azharul, M. A. Pahmi, D. Mugisidi, and K. A. Ilman, "Analysis of Engine Piston Damage to the Generator Set Using the Fishbone Analysis Method," *AIP Conf. Proc.*, vol. 2578, no. November, 2022, doi: 10.1063/5.0116742.
- [6] K. Winangun, W. T. Putra, N. S. Akhmad, and T. Prasetyo, "Pengaruh bahan bakar campuran minyak plastik LDPE dengan biosolar terhadap kinerja dan emisi mesin diesel," *JTTM J. Terap. Tek. Mesin*, vol. 3, no. 2, pp. 89–95, 2022, doi: 10.37373/jttm.v3i2.300.
- [7] Suhaldin, Syafiudin, and Haruna, "The Effect of Fuel Octane Value on Emission Levels in Manual (Four-Stroke) Motorcycles.," *J. Vocat. Automot. Eng.*, vol. 1, no. 1, pp. 8–12, 2022.
- [8] E. Yorda Agustin, Subekti Subekti, and Dayu Andryas Saputra, "Identification of misfiring in engine 1000cc using fast fourier transform analysis," *JTTM J. Terap. Tek. Mesin*, vol. 4, no. 2, pp. 148–155, 2023, doi: 10.37373/jttm.v4i2.553.
- [9] Irpan Setiawan and Wilarso, "ANALISIS PERBANDINGAN TEKANAN TIPE POMPA BAHAN BAKAR INJEKSI DAN TIPE BAHAN BAKAR MEKANIK," *TEKNOSAINS J. Sains, Teknol. dan Inform.*, vol. 8, no. 1, 2021, doi: 10.37373/tekno.v8i1.73.
- [10] E. Julianto, D. Stiawan, F. Fuazen, and E. Sarwono, "Effect of Ignition System in Motorcycle To Performance and Exhaust Gas Emissions With Fuel Ron 88, Ron 90, and Ron 92," *SINTEK J. J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 14, no. 2, p. 74, 2020, doi: 10.24853/sintek.14.2.74-79.
- [11] M Bagus Anggoro, Armila, and Rudi Kurniawan Arief, "Analisis Variasi Busi Terhadap Performa dan Bahan Bakar Motor Bensin 2 Langkah Yamaha F1ZR 110CC," *JTTM J. Terap. Tek. Mesin*, vol. 2, no. 2, pp. 61–68, 2021, doi: 10.37373/jttm.v2i2.137.
- [12] A. M. Siregar, Chandra Amirsyahputra Siregar, Affandi, Wawan Septiawan Damanik, Toto Herdianto, and Ardi Syahputra, "Pemanfaatan skrap besi ST-40 pada knalpot untuk mengurangi pencemaran udara," *JTTM J. Terap. Tek. Mesin*, vol. 3, no. 2, pp. 128–135, 2022, doi: 10.37373/jttm.v3i2.315.
- [13] D. Andryas Saputra, Subekti Subekti, and Erlangga Yorda Agustin, "Identification of ignition system coil damage on MPV 1000 CC vehicle using fast fourier transform," *JTTM J. Terap. Tek. Mesin*, vol. 4, no. 2, pp. 156–162, 2023, doi: 10.37373/jttm.v4i2.554.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.