

EMISI KEPEKATAN ASAP KENDARAAN BERBAHAN BAKAR DEXLITE DAN SHELL BIODIESEL DENGAN PENAMBAHAN ZAT ADITIF PADA MITSUBISHI CANTER FE 74 TAHUN 2024

Anastas Rizaly^{1*}, Moh.Arif Batutah¹

¹Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surabaya Jl.
Sutorejo No. 59, Surabaya, Indonesia

*E-mail : anastaszrizaly@ft.um-surabaya.ac.id

ABSTRAK

Pertumbuhan kendaraan di jalan raya yang utama yaitu pertumbuhannya kendaraan komersial dengan mesin diesel dirasa sebuah peningkatan pada emisi gas buang dari sebuah kendaraan. Dari kegiatan penelitian ini tujuan utamanya yakni guna mengetahui kualitasnya bahan bakar yang bisa memberikan pengaruh terhadap tingkatan kepekatan asap mesin diesel. Pengujian dilaksanakan melalui pengambilannya teknik uji sampling terhadap kendaraan yang telah tidak mempunyai keasingan yang umum dipakai oleh masyarakat truck mitsubishi canter FE 74 euro 4 136 PS dan pengujian kepekatan asap menggunakan alat *smoke tester*. Dari kegiatan pengujian bahan bakar *dexlite* hasilnya diperoleh bahwa kepekatan asap paling tinggi di putaran mesin maksimalnya yakni 3500 rpm yang rata-ratanya paling tinggi nilai kepekatan asap sebesar 57,66 %, bahan bakar *dexlite* dicampur zat aditif diperoleh nilai kepekatannya asap paling tinggi hasilnya di putaran mesin maksimal sebesar 3500 rpm yang nilai kepekatannya asap paling tinggi ialah 29,6 % sedangkan menggunakan bahan bakar *shell bio.*, hasil nilai kepekatan asap paling tinggi adalah didapatkan di putaran mesin yang maksimalnya yakni 3500 rpm dengan nilai kepekatan asap rata-ratanya tertinggi sebesar 24,33 %. Dari tiga pengujian menunjukkan bahwa penggunaan bahan bakar *shell bio* dapat menurunkan kadar kepekatan asap di banding bahan bakar *dexlite* karena kandungan sulfur sangat rendah.

Kata kunci: Bahan bakar, Kepekatan asap, Motor diesel

1. PENDAHULUAN

Salah satu jenis mesin yang dibutuhkan oleh masyarakat dalam keperluan sehari-hari mempunyai tenaga stasioner kuat seperti traktor, mobil angkutan, pembangkit listrik, kendaraan berat dan sistem transportasi yaitu mesin diesel. Kendaraan bermotor saat ini berkembang dengan pesat, misalnya seperti di Indonesia orang yang menggunakan kendaraan mesin diesel sebagian besarnya di kendaraan operasional sebuah perusahaan ataupun angkutan umum [1]. Pemakaian kendaraan bermotor yang banyak dan juga teknologi di dunia otomotif yang berkembang begitu pesat maka menciptakan berbagai produk kendaraan bermotor yang memiliki kapasitas mesin besar [2]. Kapasitas mesin yang besar tersebut diharuskan untuk dilakukan pengembangan terhadap bahan bakar yang tepat dalam penggunaannya serta meminimalisir hasil pembakarannya [3]. Proses pembakaran akan terganggu serta memunculkan gejala *destocking* serta *knocking* jikalau bahan bakar yang dipakai tidak sesuai terhadap keperluan mesin yang dipakai. Pada sekarang ini, di pasaran umum bahan bakar yang beredar memiliki angka setana yang rendah serta memiliki kecenderungan kapasitas mesin tidak proporsional terhadap kapasitas mesin yang dipakai [4], [5]. Akan menimbulkan pengonsumsi bahan bakar yang lebih jikalau kapasitas mesin yang besar namun memakai bahan bakar yang angka setananya rendah. Temperatur bahan bakar, angka setana didalam bahan bakar, serta beban mesin dapat mempengaruhi tingkatan konsumsi bahan bakar [6], [7].

Sebuah bahan bakar minyak paling baru Pertamina guna kendaraan dengan mesin diesel di Indonesia ialah *dexlite*. Terdapat sejumlah 20% dengan zat aditif didalamnya komposisi dari *dexlite* dari pengkombinasian biodiesel maupun *fatty acid methyl ester* (FAME). Nilai setana atau CN minimalnya *dexlite* ialah 51 serta mempunyai sulfur optimalnya 1.200 *part per million* (PPM). Lalu untuk *shell bio diesel v-power* memakai teknologi *dynaflex*, *Shell V-Power Diesel* yang dilakukan formulasi terhadap teknologi *dynaflex* guna efisiensi serta pembersihan mesin. Teknologi *dynaflex* tersebut membantu guna melakukan perlindungan serta melakukan pembersihan komponen utama di sistem bahan bakar misalnya yakni injektor bahan bakar dari endapan yang menumpuk yang bisa menjadikan performa mesin kurang lalu untuk *shell v-power diesel* telah melakukan penerapan *standar euro 5* terhadap kerendahan kandungan sulfur ultra (10 ppm), bisa dipakai guna bermacam-macam jenis diesel yang termasuk yaitu mesin diesel modern, didalam *shell v-power diesel* terdapat sebuah teknologi pembersih yang tidak hanya membantu melakukan peningkatan keadaan mesin namun juga mendorong maksimalnya energi dari bahan bakar yang digunakan.

Mesin diesel ialah salah satu jenis mesin yang dipakai guna kegiatan transportasi darat, ciri-ciri mesin diesel pada umumnya yakni rendahnya pengonsumsi bahan bakar serta dapat menghasilkan kerendahan emisi CO tetapi memiliki ketinggian pada emisi NOx [8], [9]. Terdapat beberapa kandungan dari emisi gas buang yang menimbulkan bahaya untuk kesehatan seperti halnya CO, HC, NOx, serta asap dari hasil pembakaran. *Particulate Matter* (PM) ialah resiko lainnya yang memiliki dampak besar untuk manusia dibanding dengan udara yang tercemar pada umumnya. Terdapat kandungan PM ialah karbon, ammonia, sulfat, natrium klorida, nitrat, air, serta debu mineral. Terdapat beberapa kegiatan penelitian yang hasilnya menyatakan bahwa kematian lebih banyak dikarenakan PM_{2,5} (PM dibawah 2,5µm) dibanding dengan PM₁₀ (PM dibawah 10 µm [10]).

Proses pembakaran sempurna bergantung terhadap kualitas bahan bakar, angka kandungan lain serta angka setananya di bahan bakar yang dipakai [11], [12]. Dapat menyebabkan terjadinya detonasi apabila rendahnya angka setana terjadi dikarenakan bahan bakarnya sulit untuk dibakar dengan sendirinya. Lalu akan menyebabkan mudah terbakarnya bahan bakar apabila angka setananya tinggi serta memunculkan kemungkinan lebih lama pada proses pembakarannya hingga proses pembakaran lebih bagus. Kandungan nilai sulfur memberikan pengaruh pada kinerjanya mesin pembakaran, nomor mesin akan dipengaruhi oleh tingginya kandungan sulfur [12]. Mesin jadi mudah karatan apabila nilai sulfur makin tinggi dikarenakan memiliki sifat asam. Asap hitam merupakan emisi lainnya yang diciptakan oleh mesin diesel. Bisa diamati secara jelas untuk mesin diesel yang asap gas buangnya keluar dari knalpot. Terdapat tanda bahwasanya kurang sempurnanya proses pembakaran apabila asap terlihat sangat pekat dan hitam. Rasa pekat yang dihasilkan oleh mesin diesel bisa menjadi masalah bagi penglihatan manusia yang bisa memunculkan kecelakaan bagi pengendara lainnya.

Lingkup kehidupan yang tercemar akan mempengaruhi sistem pernafasan dan kesehatan masyarakat. Dengan begitu, guna memperoleh proses pembakaran yang lebih optimal dibutuhkan bahan bakar yang memiliki angkasa tanah sesuai terhadap keadaan mesinnya [13]. Berdasarkan latar belakang yang diuraikan di atas, kegiatan penelitian yang berkenaan terhadap efek penggunaan bahan bakar *dexlite*, *dexlite* dengan penambahan zat aditif dan *shell bio diesel* dapat mempengaruhi kepekatan emisi gas buang pada Truck Mitsubishi Canter FE 74 Euro 4 136 PS. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil emisi gas buang pada Truck Mitsubishi Canter Euro 4 136 PS dengan penggunaannya bahan bakar Pertamina *dexlite*, mengetahui hasil emisi gas buang terhadap Truck Mitsubishi Canter Euro 4 136 PS penggunaan bahan bakar Pertamina *dexlite* ditambah zat aditif, dan mengetahui hasil emisi gas buang dari penggunaan bahan bakar Pertamina *dexlite*, Pertamina *dexlite* ditambah dengan zat aditif dan *Shell V-Power Bio Diesel*. Dari hasil penelitian dapat diketahui hasil

perbandingan dari Emisi gas buang pekat apabila memakai bahan bakar pertamina *dexlite*, pertamina *dexlite* ditambah dengan zat aditif dan *Shell V-Power Bio Diesel*.

2. METODE

Objek penelitian ini truck Mitsubishi Canter FE 74 HD tahun 2024, bahan bakar yang digunakan yang pertama *dexlite*, komposisi dari kombinasi antara biodiesel maupun *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME) sejumlah 20% melalui zat aditif didalamnya hingga *sulfur content* bisa sampai pada 1.000- 1.200, selanjutnya *dexlite* di tambah zat aditif (*Ams Oil Diesel Cetane Boost*), zat aditif sebagai campuran saat pengujian dengan tujuan untuk meningkatkan efisiensi bahan bakar, membantu menyalakan mesin diesel dengan lebih mudah, menjadikan getaran mesin menjadi halus, mengurangi asap dan emisi gas buang. Zat aditif berfungsi untuk meningkatkan nilai setana pada bahan bakar solar hingga tujuh poin. Bahan bakar selanjutnya *Shell bio (shell v-power diesel)* dalam pengujian yang ketiga, *shell bio* adalah bahan bakar distilat ringan dan sulfur ultra rendah digunakan untuk mesin high speed diesel (beroperasi lebih dari 800 rpm). Mempunyai kemampuan pelumasan melindungi pompa bahan bakar dan injek-tor. Kandungan sulfur dikendalikan hingga kurang dari 10 ppm. *Shell v-power diesel* mengandung aditif kinerja multifungsi yang akan mencegah penumpukan endapan pada sistem bahan bakar kendaraan dan injector pada kendaraan [14].

Peralatan yang digunakan diantaranya adalah *smoke tester* dan *dynotest*. Rancangan penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini diantaranya adalah

1. Analisis kebutuhan, pengujian dilakukan pada Truck Mitsubishi Canter FE 74 HD tahun 2024
2. Pengujian, peneliti terlebih dahulu menyediakan peralatan penelitian berupa kendaraan sebagai obyek penelitian yang akan diuji, untuk memastikan kendaraan dalam kondisi yang baik, sebelumnya harus dilakukan pengecekan, perawatan serta penggantian oli. Memastikan keandalan pada alat uji *smoke tester* dengan cara melakukan pengecekan kondisi alat dapat berfungsi dengan baik, membersihkan alat uji, proses kalibrasi dan pemanasan alat uji serta memeriksa kondisi komponen keseluruhan pada alat uji *smoke tester*;
3. Proses pengambilan data, dengan bahan bakar *dexlite* yang murni dengan putaran mesin pada waktu beberapa detik lalu dilanjut dengan akselerasi pedal gas penuh dalam waktu 10 detik guna melakukan pembuangan sisa jelaga maupun sisa karbon yang terdapat pada saluran pembuangan yang terjadi pada waktu proses uji yang pertama kali kita lakukan pengujian.
4. Proses uji dilaksanakan melalui melakukan penerapan beberapa varian akselerasi yakni perputaran mesin antara 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, serta 3.500 RPM pada tahap atau bervariasi di akselerasi khusus yang dilaksanakan pada proses uji asap pekat sejumlah 3 kali guna memperoleh hasil yang paling kuat melalui hasil dari setiap proses pengujian tersebut dilakukan pencatatan.
5. Proses berikutnya dilaksanakan melalui upaya yang sama terhadap proses uji pada sebelum itu tetapi menggunakan variasi yang tidak sama terhadap bahan bakar yang dipakai ialah penambahannya zat aditif dengan mencampurnya *dexlite* lalu dari proses uji tersebut hasilnya juga dilakukan pencatatan pada sebuah tabel. Proses uji akhirnya yakni memakai bahan bakar *shell bio* melalui proses uji yang tidak berpindah terhadap waktu sebelum itu serta hasil yang diperoleh nantinya akan dilakukan pembacaan dan sesudah dilakukan pengujian.
6. Hasil uji selanjutnya dilakukan analisis secara keseluruhan lalu data tersebut akan diinput pada form yang diberikan sebagai laporan penyusunan penelitian;

- Pengambilan keputusan, kesimpulan data hasil uji emisi gas buang yang diambil akan mengacu pada Peraturan Meteri Lingkungan Hidup (Permen LH no 05 tahun 2006).



Gambar 1. Balai uji UPTD pengujian kendaraan bermotor Kota Gresik



Gambar 2. Pemasangan sensor untuk mengetahui kepekatan emisi



Gambar 3. Pembacaan hasil uji emisi dari pembakaran



Gambar 4. Hasil pembacaan kepekatan asap dengan alat merk Altus

3. PEMBAHASAN

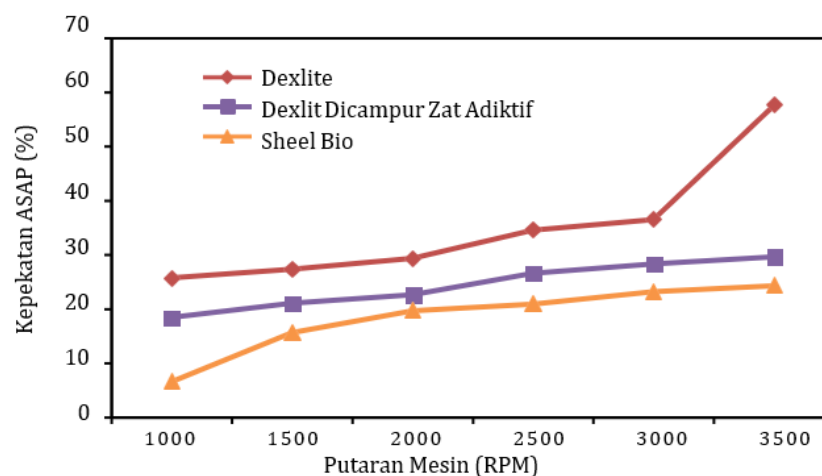
Berikut hasil uji emisi gas buang terhadap penggunaan bahan bakar *dexlite*, *dexlite* + zat aditif dan *shell bio* pada putaran mesin 1000 – 3500 rpm dengan hasil kepekatan asap seperti di tunjukkan pada Tabel 1 di bawah ini :

Tabel 1. Persen Kepekatan asap, hasil pegujian bahan bakar

RPM mesin	pengujian 1	pengujian 2	pengujian 3	Σ
bahan bakar dexlite				
1000	26,7	24,1	26,4	25,73
1500	27,0	27,3	27,8	27,36
2000	28,5	29,9	29,6	29,33
2500	32,9	32,1	30,6	34,56
3000	36,1	34,8	38,7	36,53
3500	55,7	58,8	58,5	57,66
bahan bakar dexlite + zat aditif				
1000	18,2	18,0	18,9	18,37

1500	21,6	21,8	19,6	21,00
2000	22,3	23,2	22,2	22,57
2500	26,8	26,9	26,01	26,57
3500	30,1	29,2	29,5	29,60
bahan bakar shell bio				
1000	5,8	6,6	7,4	6,60
1500	15,2	16,7	15,0	15,70
2000	19,2	20,2	19,7	19,73
2500	21,2	21,3	20,3	20,93
3000	22,9	23,4	23,5	23,27
3500	24,1	24,7	24,2	24,33
3000	28,7	28,2	27,9	28,27

Gambar 5 memaparkan bahwa pada 1000 rpm menunjukkan nilai semakin naik selanjutnya posisi dibawahnya merupakan *dexlite* + aditif., sedangkan grafik paling rendah adalah kepekatan yang dihasilkan oleh *shell bio*. Pada 1500 rpm menunjukkan nilai semakin naik selanjutnya posisi dibawahnya merupakan *dexlite* dicampur aditif sedangkan grafik paling rendah adalah kepekatan yang dihasilkan oleh *shell bio*. Pada 2000 rpm menunjukkan nilai semakin naik selanjutnya posisi dibawahnya merupakan *dexlite* dicampur aditif sedangkan grafik paling rendah adalah kepekatan yang dihasilkan oleh *shell bio*. Pada 2500 rpm menunjukkan nilai semakin naik selanjutnya posisi dibawahnya merupakan *dexlite* dicampur aditif sedangkan grafik paling rendah adalah kepekatan yang dihasilkan oleh *shell bio*. Pada 3000 rpm menunjukkan nilai semakin naik selanjutnya posisi dibawahnya merupakan *dexlite* dicampur aditif sedangkan grafik paling rendah adalah kepekatan yang dihasilkan oleh *shell bio*. Pada 3500 rpm grafik yang didapatkan semakin bertambah naik dimana *dexlite* berada di posisi paling atas selanjutnya di bawahnya merupakan grafik dari *dexlite* + zat aditif, sedangkan posisi paling bawah yaitu grafik dari nilai rata-rata hasil kepekatan asap *shell bio* [15],[16]. Berdasarkan data yang telah diperoleh selanjutnya dilakukan rekapitulasi serta dilaksanakan analisis yang disesuaikan terhadap ambang batas yang telah ditentukan oleh pemerintahan yakni di Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006, seperti dipaparkan pada Tabel 5.



Gambar 5. Putaran mesin dan kepekatan asap dexlite, dexlite + zat aditif, shell bio

Tabel 5. Kepekatan asap *dexlite*, *dexlite + aditif* dan *shell bio*

RPM	NAB	<i>dexlite</i>	Ket.	<i>dexlit + aditif</i>	Ket.	<i>shell bio</i>	Ket.
1000	50	25,73	√	18,37	√	6,6	√
1500	50	27,36	√	21	√	15,7	√
2000	50	29,33	√	22,57	√	19,8	√
2500	50	34,56	√	26,57	√	20,3	√
3000	50	36,53	√	28,27	√	23,5	√
3500	50	57,66	X	29,6	√	24,2	√

Note : √ lulus, X tidak lulus, NAB PERMEN Lingkungan Hidup No.05 Tahun 2006

Berdasarkan data rekapitulasi perbandingan hasil pengujian kepekatan asap pada kendaraan truck mitsubishi canter FE 74 HD tahun 2024 didapatkan hasil yang sangat bervariasi dimana hasil yang didapat tersebut selanjutnya akan dianalisa sesuai ambang batas yang berlaku dikeluarkan oleh pemerintah. Untuk regulasi nilai kepekatan asap pada kendaraan bermotor tipe baru tidak boleh lebih dari 50%. Seluruh hasil proses pengujian kepekatan asap kendaraan tersebut dinyatakan lulus kecuali pada putaran mesin maksimal 3500 rpm pada bahan bakar *dexlite* dimana nilai kepekatan asap melebihi ambang batas yaitu sebesar 57,66 % dinyatakan tidak lulus.

4. SIMPULAN

Hasil percobaan yang didapatkan dalam uji perputaran mesin 1.000 - 3500 rpm memakai variasi bahan bakar tiap-tiap variabel proses uji di setiap perputaran mesin yang dilaksanakan pada proses uji sejumlah 6 kali kemudian dilakukan pengambilan hasil rata-ratanya dari semua proses pengujian itu guna memperoleh hasil yang terakurat. Didapatkan nilai kepekatan asap di bawah 50% dari rata-rata kepekatan asap ambang batas dari peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2006 di waktu proses uji diperoleh hasil kesepakatan asap yang paling tinggi terhadap perputaran mesin optimal.

Hasil pengujian bahan bakar *dexlite* diperoleh nilai paling tinggi kepekatan asap di perputaran mesin optimal yakni 3500 rpm dengan nilai rata-rata paling tingginya sejumlah 57,66%, serta dinyatakan tidak lulus. Hasil pengujian bahan bakar *dexlite* dicampur zat aditif diperoleh nilai paling tinggi kepekatan asapnya di perputaran mesin optimal yakni 3500 rpm dengan nilai rata-rata paling tingginya sejumlah 29,6%, serta dinyatakan lulus. Hasil pengujian bahan bakar *shell bio*.diperoleh nilai paling tinggi kepekatan asapnya di perputaran mesin optimal yakni 3500 rpm dengan nilai rata-rata paling tinggi sejumlah 24,33% serta dikatakan lulus. Tiga pengujian menunjukkan bahwa penggunaan bahan bakar *shell bio*.menurunkan kadar kepekatan asap dibanding bahan bakar *dexlite* karena kandungan sulfur sangat rendah. Terdapat bukti bahwasanya bisa mengakibatkan penurunan tingkat kepekatan asap dibanding terhadap bahan bakar *dexlite* murni melalui terdapatnya penambahan zat aditif, tetapi dibanding dengan penggunaan bahan bakar *shell bio*, kepekatan asap ini masih jauh lebih tinggi di atasnya.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Wiksa Feryal Ismail NIM 20211331031, Mahasiswa Teknik Mesin di Universitas Muhammadiyah Surabaya dan Penguji/Inspektur Otomotif di UPTD Dinas Perhubungan Kota Gresik Jawa Timur.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tanuhita, B. "Pengaruh Campuran Biodiesel Dari Minyak Biji Kapas Pada Solar Terhadap Kinerja Dan Emisi Gas Buang Pada Mesin Diesel". *Jurnal Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya*, 3, 112-120. 2014.
- [2] Purba, M. M. "Pemanfaatan Teknologi Informasi Dalam Bidang Industri Otomotif". *JSI (Jurnal sistem Informasi) Universitas Suryadarma*, 6(1), 160-170. 2019.
- [3] Ramya, V. A., Pratiwi, N. R. A., Putri, W. D. O., & Untsa, R. M. "Aplikasi Delivery Bahan Bakar Minyak Online (DBO)". *Lomba Karya Tulis Ilmiah*, 3(1), 57-68. 2022.
- [4] Rohman, I. M. "Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Biosolar, Biosolar Dengan Aditive Dan Pertamina Dex Pada Mitsubishi L-300 Terhadap Kepekatan Asap". *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 4(1), 73-82. 2021.
- [5] Ali, B., & Nugroho, P. A. "Analisis pemakaian bahan bakar high speed diesel dan biodiesel (B30) terhadap konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang mesin diesel PLTD 1.4 MW". *Presisi*, 18(2). 2017.
- [6] Karim, H. A., Lis Lesmini, S. H., Sunarta, D. A., SH, M., Suparman, A., SI, S., ... & Bus, M. "Manajemen transportasi". *Cendikia Mulia Mandiri*. 2023.
- [7] Faisal, H. D., & Susanto, A. D. "Peran Masker/Respirator dalam Pencegahan Dampak Kesehatan Paru Akibat Polusi Udara". *Jurnal Respirasi*, 3(1), 18-25. 2017.
- [8] Lubis, S., Junaidi, J., & Kurniawan, F. A. "Uji Eksperimental Perbandingan Unjuk Kerja Motor Diesel Berbahanbakar Pertaminadex Dengan Campuran Pertaminadex Aditif". *Buletin Utama Teknik*, 18(2), 177-181. 2023.
- [9] Arba, S. Kosentrasi Respirable Debu Particulate Matter (Pm_{2.5}) Dan Gangguan Kesehatan Pada Masyarakat Di Pemukiman Sekitar PLTU". *Promotif: Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 9(2), 178-184. 2019.
- [10] Umar, S. "Identifikasi Terkontaminasinya Bahan Bakar Dengan Air Laut Di Dalam Tangki Double Bottom Di Mt. Menggala (Doctoral Dissertation)", *Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang*. 2020.
- [11] M. A. Batutah, A. Muhaimin. "Analisa Performa Bahan Bakar Minyak Premium dan Bahan Bakar Gas CNG pada Mesin Toyota Limo". *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri, Lingkungan dan Infrastruktur (SENTIKUIN) VOLUME 2 Tahun 2019*, page C13.1- C13.7. <https://pro.unitri.ac.id/index.php/sentikuin> ISSN: 2622-2744 (print), ISSN: 2622-9730 (online)". 2019.
- [12] M. A. Batutah, D. T. A. Nguyen, "The Effect of Exhaust Emissions L, O₂, CO, CO₂, and Hydrocarbon on the Performance of All New Ertiga Automotive". *International Journal of Mechanical Engineering Technologies and Applications (MECHTA)*. Vol. 6 No. 1 (2025). 2025-01-13. <https://doi.org/10.21776/MECHTA.2025.006.01.5>". 2025.
- [13] K. Miyazaki and K. Bowman, "Predictability of fossil fuel CO₂ from air quality emissions". *Nat. Commun.*, vol. 14, no. 1, pp. 1–13, 2023, doi: 10.1038/s41467-023 37264-8".
- [14] E. Nadimi, G. Przybyła, M. T. Lewandowski, and W. Adamczyk, "Effects of ammonia on combustion, emissions, and performance of the ammonia/diesel dual-fuel compression ignition engine". *J. Energy Inst.*, vol. 107, no. September 2022, doi: 10.1016/j.joe".
- [15] B. Wang, C. Yang, H. Wang, D. Hu, B. Duan, and Y. Wang, "Effects of combustion and emission performance of ammonia/natural gas engines ignited by diesel". *Fuel*, vol. 358, p. 130323, Feb. 2024, doi: 10.1016/j.fuel.2023.130323.
- [16] K. O. Yoro and M. O. Daramola, "CO₂ emission sources, greenhouse gases, and the global warming effect". *Elsevier Inc.*, 2020. doi: 10.1016/B978-0-12-819657-1.00001 3le".