

Kajian Eksperimental Daya dan Konsumsi Bahan Bakar Mesin Pembakaran Internal dengan Bioetanol dari Sorgum sebagai Sumber Energi Terbarukan

Sugiyarto¹, Rouf Muhammad², Faiz Rachman Arif Royani³, Wildan Ma'wa Rizki⁴,
Bakharudin Yusuf⁵

^{1,2,3,4,5}Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Depok, 16425, Indonesia

E-mail: sugiyarto@mesin.pnj.ac.id

Abstract

Relying on fossil energy as the primary source has led to serious environmental and economic issues, including the scarcity of non-renewable natural resources and significant environmental impacts. Efforts are needed to identify renewable energy sources that are environmentally friendly and sustainable in order to reduce dependence on fossil fuels and minimize negative environmental impacts. One promising renewable energy option is bioethanol derived from sorghum (Sorghum bicolor). The liquid from sorghum stalks is fermented and distilled to produce bioethanol, which is then blended with gasoline (Pertamax) in various concentrations (E10, E20, and E30). A dynotest was used to measure the power output, and a measuring cup was used to test the fuel consumption of a single-cylinder gasoline engine at idle speed. Engine power and fuel consumption were the parameters analyzed. The research showed that the higher the bioethanol content in the fuel, the more fuel-efficient it became, but the higher the power output generated by the engine. The E30 blend produced the best results in terms of engine power and fuel consumption. This is due to the more uniform fuel mixture, which results in better fuel expansion. These findings support sorghum bioethanol as a sustainable alternative fuel and promote a shift towards clean energy in industry and transportation.

Keywords: Bioethanol, Engine Power, Fuel Consumption

Abstrak

Ketergantungan pada energi fosil sebagai sumber utama telah menimbulkan beragam persoalan lingkungan dan ekonomi yang serius, termasuk kelangkaan sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui dan dampak lingkungan yang signifikan. Perlu dilakukan upaya untuk menemukan sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan dan berkelanjutan guna mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil serta meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan. Salah satu pilihan energi terbarukan yang potensial adalah bioetanol yang dihasilkan dari sorgum (*Sorghum Bicolor*). Cairan batang sorgum difermentasi dan distilasi untuk menghasilkan bioetanol, yang kemudian digunakan sebagai bahan bakar campuran dengan pertamax (E10, E20, dan E30). Dynotest digunakan untuk menguji daya dan gelas ukur dipergunakan untuk pengujian konsumsi bahan bakar mesin bensin satu silinder pada putaran *idle*. Daya mesin dan konsumsi bahan bakar adalah parameter yang dianalisis. Penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi kandungan bioetanol dalam bahan bakar, semakin hemat bahan bakar yang dibutuhkan, tetapi semakin tinggi daya yang dihasilkan mesin. Campuran E30 memberikan hasil terbaik dalam pengujian daya

mesin dan konsumsi bahan bakar. Ini terjadi karena percampuran bahan bakar yang digunakan lebih rata, yang menghasilkan pemuatan bahan bakar yang lebih baik. Hasil ini mendukung bioetanol sorgum sebagai bahan bakar alternatif yang berkelanjutan dan mendukung pergeseran ke energi bersih di industri dan transportasi.

Kata Kunci: Bioethanol; Daya Mesin; Konsumsi Bahan Bakar.

1. PENDAHULUAN

Ketergantungan pada bahan bakar fosil sebagai sumber energi utama telah menyebabkan berbagai masalah lingkungan dan ekonomi yang serius, termasuk kelangkaan sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui dan dampak lingkungan yang signifikan. Emisi gas rumah kaca dan polusi udara yang dihasilkan dari pembakaran dari mesin pembakaran internal berbahan bakar fosil telah menjadi perhatian global, karena dapat menyebabkan perubahan iklim dan masalah kesehatan serius [5]. Peningkatan polusi udara ini disebabkan karena terjadinya pembakaran tidak sempurna pada mesin pembakaran internal. Pembakaran tidak sempurna terjadi ketika nyala api dari pembakaran tidak menyebar secara merata, menyebabkan masalah atau bahkan kerusakan pada komponen motor [17]. Penyebab pembakaran tidak sempurna dapat terjadi karena kurangnya oksigen, suhu yang tidak cukup tinggi, atau waktu reaksi yang tidak cukup lama. Hal ini dapat terjadi akibat rasio udara bahan bakar, suhu pembakaran, dan waktu reaksi yang tidak tepat. Selain detonasi, pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna dapat menghasilkan gas buang seperti karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), hidrokarbon (HC), dan nitrogen oksida (NO_x) [3]. Karbon monoksida adalah gas beracun yang dapat mengganggu sistem pernapasan dan menyebabkan gas rumah kaca, yang berkontribusi besar terhadap pemanasan global dan perubahan iklim [8]. Mereka juga menyatakan bahwa hidrokarbon yang tidak terbakar sempurna dapat menyebabkan iritasi pernapasan dan bersifat karsinogenik, dan bahwa NO_x merupakan prekursor pembentukan ozon troposfer dan hujan asam yang merugikan lingkungan [8]. Pengaruh polutan terbesar terhadap kesehatan adalah CO, diikuti berturut-turut NO_x, SO_x, dan HC [16].

Tabel 1. Dampak Emisi bagi Kesehatan Manusia

Polutan	Konsentrasi (ppm)	Pengaruhnya
HC	200	Pusing, kelemahan fisik, dan gangguan visual berupa sensasi berkunang-kunang.
SO _x	100	Batas tertinggi yang diizinkan untuk paparan singkat sesuai ketentuan keselamatan.
NO _x	100	Bersifat toksik dan dapat merusak jaringan paru-paru
CO	30	Perubahan fungsi kardiovaskular dan sistem pulmonari

Karbon monoksida (CO) dikategorikan sebagai salah satu polutan dengan tingkat bahaya tertinggi bagi kesehatan manusia. Dampak negatifnya timbul akibat interaksi kimia antara CO dan hemoglobin (Hb) dalam darah. Dalam mekanisme transportasi gas pada sistem peredaran darah, hemoglobin berfungsi mengikat oksigen dalam bentuk oksihemoglobin (HbO₂) untuk didistribusikan dari paru-paru ke jaringan tubuh, serta mengangkut karbon dioksida dalam bentuk CO₂Hb dari jaringan tubuh menuju paru-paru. Paparan CO menyebabkan terbentuknya karboksihemoglobin (COHb), yang secara

signifikan menurunkan kapasitas darah dalam mengangkut oksigen. Hal ini disebabkan oleh afinitas CO terhadap hemoglobin yang sekitar 200 kali lebih tinggi dibandingkan oksigen, sehingga keberadaan CO bersama oksigen di udara akan menghasilkan COHb dalam jumlah yang jauh lebih besar dibandingkan HbO₂. Kumpulan emisi gas buang ini memiliki dampak yang signifikan tidak hanya di tingkat lokal, seperti penurunan kualitas udara dan peningkatan kasus penyakit pernapasan di kota-kota, tetapi juga di tingkat global, karena kontribusinya terhadap krisis iklim [6]. Mengingat bahaya emisi gas buang yang disebutkan di atas, perlu dilakukan upaya untuk mengurangi efek negatifnya. Alternatif cara yang dapat dilakukan adalah dengan meningkatkan tingkat oktan bahan bakar, yaitu bahan bakar pertamax dicampur dengan bioethanol. Jika bahan bakar pertamax dicampur dengan bioethanol, pencampuran bensin dengan udara menjadi lebih mudah untuk terbakar. Salah satu cara untuk membuat campuran lebih homogen adalah dengan meningkatkan nilai oktan bahan bakar.

Selain masalah di atas, keterbatasan cadangan bahan bakar fosil dan fluktuasi harga yang tidak stabil juga menjadi tantangan besar dalam memenuhi kebutuhan energi global yang terus meningkat. Dalam konteks ini, pencarian sumber energi terbarukan yang lebih bersih dan berkelanjutan menjadi sangat penting untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mengurangi dampak lingkungan [11]. Bioetanol merupakan salah satu alternatif sumber energi terbarukan yang menjanjikan, karena dapat dihasilkan dari biomassa seperti tanaman sorgum, jagung, dan tebu. Sebagai bahan bakar untuk mesin pembakaran internal, bioetanol diharapkan dapat menurunkan emisi gas buang berbahaya [22], [13], [10]. Penggunaan bioetanol sebagai bahan bakar dapat mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mengurangi emisi gas rumah kaca, sehingga dapat berkontribusi pada pengembangan sumber energi yang lebih bersih dan berkelanjutan.

Sejumlah penelitian telah mengkaji potensi pemanfaatan bioetanol sebagai bahan bakar utama untuk kendaraan di masa depan [20], serta mengevaluasi dampak penggunaannya sebagai komponen campuran bahan bakar pada sepeda motor [14] dan penelitian tentang penggunaan bioethanol dari batang padi sebagai campuran bensin [7]. Sebagian besar penelitian bioetanol hanya berasal dari bahan baku konvensional seperti singkong, jagung, atau tebu, meskipun banyak penelitian telah dilakukan untuk mengevaluasi kemungkinan penggunaan bioetanol sebagai bahan bakar alternatif [4], [1], [2]. Tidak banyak penelitian yang dilakukan tentang bioetanol dari limbah sampah organik sebagai bahan bakar alternatif yang cukup, terutama terkait penggunaan bahan bakar ini pada mesin pembakaran internal dan dampak pada karakteristik emisi gas buang. Beberapa studi sebelumnya hanya berfokus pada karakteristik produksi dan fermentasi bioethanol [18], [19], [12]. Namun, tidak banyak penelitian yang mengkaji secara menyeluruh bagaimana dampak bioetanol terhadap daya dan konsumsi bahan bakar.

Penggunaan bioetanol sebagai bahan bakar mesin pembakaran internal masih memerlukan kajian lebih lanjut tentang daya dan konsumsi bahan bakar, untuk memastikan bahwa bioetanol dapat menjadi alternatif yang efektif dan efisien. Berdasarkan masalah di atas, kinerja mesin akan dipengaruhi oleh proses pembakaran bahan bakar yang sempurna [15]. Daya mesin, efisiensi konsumsi bahan bakar, dan tingkat emisi gas buang merupakan parameter utama yang menentukan kinerja mesin. Kinerja mesin, dalam konteks ini, diartikan sebagai kemampuan motor bakar untuk mengkonversi energi yang tersedia dalam bahan bakar menjadi daya mekanis [21]. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dirancang

untuk melakukan kajian eksperimental mengenai daya dan konsumsi bahan bakar pada mesin pembakaran internal dengan memanfaatkan bioetanol sebagai sumber energi terbarukan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan energi terbarukan yang lebih bersih dan berkelanjutan, sekaligus mendukung upaya pengurangan ketergantungan pada bahan bakar fosil.

2. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian kuantitatif, yaitu melakukan eksperimen laboratorium dengan berbagai benda uji dan kemudian menganalisis data dengan angka. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen, yaitu mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam situasi yang terkendalikan (Sugiyono, 2013). Ada tiga variabel dalam penelitian ini: 1) variabel bebas, konsumsi bahan bakar dan daya mesin; 2) variabel terikat, pencampuran bioethanol sorgum dengan bahan bakar pertamax sebesar E0 (pertamax 100%), E10 (pertamax 90% dan bioethanol 10%), E20 (pertamax 80% dan bioethanol 20%), E30 (pertamax 70% dan bioethanol 30%); dan 3) variabel control, putaran mesin *idle* 800 Rpm (putaran *idle*) pada suhu oli mesin 70°C. Untuk memastikan bahwa data tetap valid dan reliabel, setiap kombinasi bahan bakar diuji sebanyak lima kali percobaan. Setelah semua pengujian selesai, data disusun dalam bentuk tabel berdasarkan parameter yang diukur. Selanjutnya, data diolah menggunakan SPSS atau Microsoft Excel untuk menghitung nilai rata-rata, standar deviasi, dan analisis inferensial. Analisis ANOVA atau t-test digunakan untuk menentukan apakah ada perbedaan signifikan dalam karakteristik emisi gas buang antara bioetanol sorgum dan bahan bakar fosil biasa. Penelitian ini bekerja sama dengan Dinas Lingkungan Hidup (DLH) dan Dinas Pertanian dan Pangan Kabupaten Demak untuk melakukan pengolahan sorgum menjadi bioethanol. Sorgum adalah subjek penelitian yang bertujuan untuk mengidentifikasi efek penggunaan bioethanol terhadap konsumsi bahan bakar dan daya mesin. Penelitian terkait konsumsi bahan bakar dilaksanakan di Politeknik Negeri Jakarta dan penelitian daya mesin dilaksanakan di Moto Tech Workshop di Jogjakarta.

Metode penelitian ini dimulai dengan membuat bioetanol dari tanaman sorgum. Proses ini terdiri dari pemilihan varietas sweet sorgum yang memiliki kandungan gula tinggi. Selanjutnya, cairan manis diekstraksi dari batang sorgum menggunakan alat pengepres. Setelah ekstraksi selesai, air hasil ekstraksi difermentasi dengan menambahkan ragi (*Saccharomyces cerevisiae*) dan disimpan dalam wadah tertutup selama 3 hingga 5 hari pada suhu sekitar 30°C. Setelah fermentasi selesai, distilasi dilakukan untuk menghasilkan bioetanol dengan tingkat kemurnian $\pm 95\%$. Bioetanol murni ini dapat digunakan secara langsung sebagai bahan bakar atau dicampurkan dengan bensin dalam rasio tertentu untuk pengujian bahan bakar campuran. Setiap jenis bahan bakar yang digunakan disimpan dalam wadah tertutup dan diberi label berdasarkan komposisinya. Setelah bahan bakar tersedia, langkah berikutnya adalah menyiapkan peralatan uji, termasuk motor Honda PCX 160cc, *dynotest* untuk mengukur daya mesin, gelas ukur untuk mengukur konsumsi bahan bakar, *stopwatch* untuk mengukur waktu konsumsi bahan bakar, dan alat bantu seperti termometer dan tachometer. Untuk memastikan hasil yang akurat, semua alat ukur di kalibrasi sesuai prosedur dan mesin dibersihkan dari sisa bahan bakar.

Tahap pengujian menggunakan *dynotest*: 1) pengecekan rantai rodan dan tekanan udara pada ban belakang; 2) menyalakan computer dan mengatur *received* folder untuk

tempat *saving* hasil *dynotest*; 3) menaikan sepeda motor pada *roller* mesin *dynotest*; 3) masukan bahan bakar pertamax tanpa dicampurkan bioethanol pada tangka bahan bakar; 4) hidupkan motor sampai suhu ideal; 5) Progam pada *run mode* pada keadaan siap; 6) putar gas sampai 3000rpm; 7) tekan tombol *start*, putar gas sampai RPM *maximum*; 8) pada monitor PC akan terlihat hasil daya mesin berupa grafik dan tabel; 9) dinginkan mesin, dan lakukan prosedur yang sama sampai 5x percobaan; 10) lakukan prosedur yang sama untuk komposisi bahan bakar E10, E20, dan E30.

Tahap pengujian konsumsi bahan bakar: 1) Pastikan kondisi motor dalam kondisi baik; 2) putus saluran selang dari tangki bahan bakar ke injector; 3) Sambungkan selang dari injector dengan gelas ukur yang sudah disiapkan; 4) masukan bahan bakar pertamax tanpa dicampurkan bioethanol pada gelas ukur; 5) hidupkan mesin pada putaran idle (1800 RPM) dan posisikan gigi pada posisi netral; 6) tunggu sampai 30 detik; 7) matikan mesin dan ukur konsumsi bahan bakar yang diperlukan; 8) lakukan pengujian sebanyak 5x percobaan; 9) lakukan prosedur yang sama untuk komposisi bahan bakar E10, E20, dan E30.

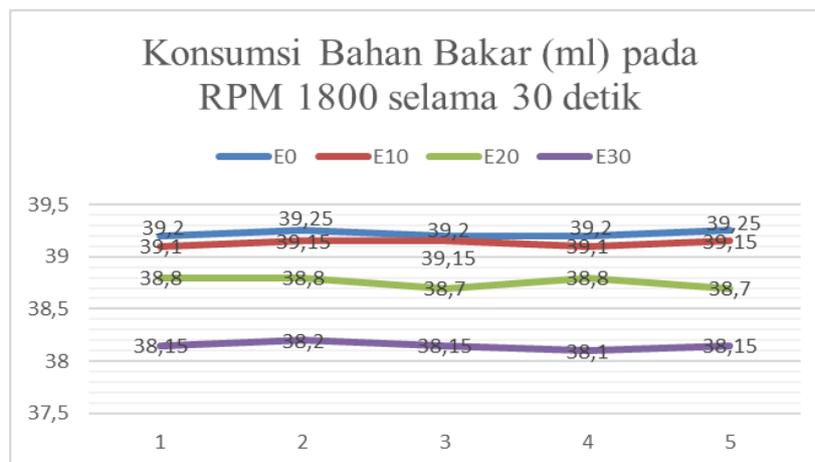
3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Data penelitian berjumlah 40 data yang terbagi dalam 2 kelompok, yakni saluran bahan bakar bensin standart (E0) dan kombinasi pertamax dengan bioethanol dari sorgum (E10, E20, dan E30). Hasil pengujian dari masing-masing percobaan dapat dilihat pada tabel dan grafik berikut ini:

3.1 Pengujian Konsumsi Bahan Bakar

Tabel 2. Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar E0, E10, E20, dan E30

Jenis Bahan Bakar	Percobaan ke- (ml)					Rata-Rata
	1	2	3	4	5	
E0	39.2	39.25	39.2	39.2	39.25	39.22
E10	39.1	39.15	39.15	39.1	39.15	39.13
E20	38.8	38.8	38.7	38.8	38.7	38.76
E30	38.15	38.2	38.15	38.1	38.15	38.15



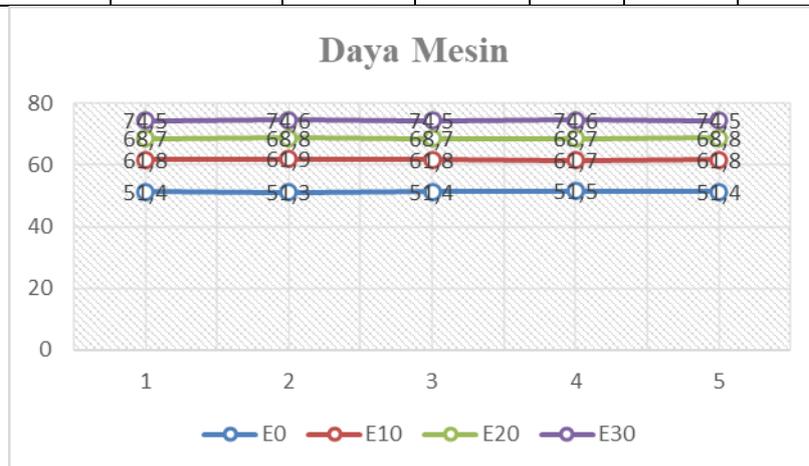
Gambar 1. Grafik Penurunan Konsumsi Bahan Bakar menggunakan Bioethanol

Berdasarkan data diatas, rata-rata konsumsi bahan bakar saat menggunakan bahan bakar murni (E0) sebesar 39,22 ml, E10 sebesar 39,13 ml, E20 sebesar 38.76, dan E30 sebesar 38.15 ml. Penurunan tertinggi pada penggunaan bahan bakar biotanol E30 (pertamax 70% dengan bioethanol 30%) sebesar 38.15 ml dibandingkan E0 sebesar 39,22 ml. Penurunan ini terjadi sebagai akibat pencampuran bahan bakar yang digunakan lebih homogen sehingga pemuaihan bahan bakar lebih sempurna.

3.2 Pengujian Daya Mesin

Tabel 3. Perbandingan Daya Mesin E0, E10, E20, dan E30

Jenis Bahan Bakar	Percobaan ke- (HP)					Rata-Rata
	1	2	3	4	5	
E0	51.4	51.3	51.4	51.5	51.4	51.4
E10	61.8	61.9	61.8	61.7	61.8	61.8
E20	68.7	68.8	68.7	68.7	68.8	68.74
E30	74.5	74.6	74.5	74.6	74.5	74.54



Gambar 2. Grafik Kenaikan Daya Mesin menggunakan Bioetanol

Berdasarkan data diatas, rata-rata daya mesin saat menggunakan bahan bakar murni (E0) sebesar 51,4 HP, E10 sebesar 61,8 HP, E20 sebesar 68.74 HP, dan E30 sebesar 74.53 HP. Kenaikan tertinggi pada penggunaan bahan bakar biotanol E30 (pertamax 70% dengan bioethanol 30%) sebesar 74.53 HP dibandingkan E0 sebesar 51,4 HP. Kenaikan ini terjadi sebagai akibat pencampuran bahan bakar yang digunakan lebih homogen sehingga pemuaihan bahan bakar lebih sempurna.

Hasil ini sejalan dengan temuan beberapa penelitian yang menunjukkan bahwa penambahan bioetanol ke dalam pertamax dapat meningkatkan daya mesin dan menurunkan konsumsi bahan bakar (Sebayang et al., 2020, Monasari et al., 2020, Prasetyo et al., 2018). Kandungan oksigen yang lebih tinggi dari bioetanol menghasilkan pembakaran yang lebih sempurna, yang menghasilkan peningkatan daya mesin dan penurunan konsumsi bahan bakar [9]. Hasil menunjukkan bahwa bioetanol dari sorgum dapat digunakan sebagai alternatif bahan bakar untuk mesin pembakaran internal, terutama dalam bentuk campuran, untuk meningkatkan daya mesin dan menurunkan konsumsi

bahan bakar. Penemuan ini juga memperkuat argumen bahwa diversifikasi bahan bakar berbasis bioetanol dapat menjadi strategi yang berguna untuk mendukung transisi ke energi terbarukan di bidang transportasi dan industri.

4. KESIMPULAN

Hasil pengujian menunjukkan bahwa, jika dibandingkan dengan bensin murni (E0), penggunaan bioetanol dari sorgum, baik dalam bentuk murni maupun campuran (E10, E20, dan E30), secara signifikan meningkatkan daya mesin dan menurunkan konsumsi bahan bakar mesin pembakaran internal. Karakteristik bioetanol yang memilikikan membuat penggunaan bioetanol meningkatkan daya mesin dan menurunkan konsumsi bahan bakar. Selain itu, campuran E30 terbukti memiliki hasil terbaik dibandingkan dengan campuran lain. Untuk aplikasi sehari-hari, campuran E30 memberikan pilihan terbaik antara kinerja mesin dan efisiensi konsumsi bahan bakar. Oleh karena itu, bioetanol yang berasal dari sorgum memiliki potensi besar untuk berfungsi sebagai bahan bakar alternatif yang berkelanjutan dan ramah lingkungan, sekaligus mengurangi ketergantungan kita pada bahan bakar fosil. Penemuan ini menunjukkan betapa pentingnya pengembangan lebih lanjut dari skala industri dan kebijakan energi di seluruh negeri yang mendukung penggunaan bahan bakar nabati sebagai solusi jangka panjang untuk masalah kelangkaan bahan bakar fosil.

5. REFERENSI

- [1]. Abdu Yusuf, A., & L Inambao, F. (2019). Bioethanol production techniques from lignocellulosic biomass as alternative fuel: a review. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 10(6), 34–71. <https://doi.org/https://ssrn.com/abstract=3451096>
- [2]. Abdulsalam A. A , Aliyu S , Bashar B. L, Danillela U Y, Ahmad Z.U , Aminu M.B6, G. L. A. (2024). Bioethanol: A Sustainable Liquid Fuel as Substitute to Gasoline. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)*, 12(7), 360–371. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2024.63555>
- [3]. Aydın, H., & İlkılıç, C. (2017). Air pollution, pollutant emissions and harmful effects. *Journal of Engineering and Technology*, 1(1), 8–15. <https://doi.org/dergipark.org.tr/en/pub/jetech/issue/33471/356673>
- [4]. Deshavath, N. N., Veeranki, V. D., & Goud, V. V. (2019). Lignocellulosic feedstocks for the production of bioethanol: availability, structure, and composition. In *In Sustainable Biofuels* (pp. 1–19). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817654-2.00001-0>
- [5]. Fayyazbakhsh, A., Bell, M. L., Zhu, X., Mei, X., Koutný, M., Hajinajaf, N., & Zhang, Y. (2022). Engine emissions with air pollutants and greenhouse gases and their control technologies. *Journal of Cleaner Production*, 376(369), 134260. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134260>
- [6]. Kumar, P. G., Lekhana, P., Tejaswi, M., & Chandrakala, S. J. M. T. P. (2021). Effects of vehicular emissions on the urban environment-a state of the art. *Materials Today: Proceedings*, 6314–6320.

- <https://doi.org/doi.org/10.1016/j.matpr.2020.10.739>
- [7]. Kurniawan, A. D., & Suprajitno, T. (2014). Analisa Penggunaan Bahan Bakar Bioethanol Dari Batang Padi Sebagai Campuran Pada Bensin. *Jurnal Teknik ITS*, 3(Vol 3, No 1 (2014)), F34–F38. Retrieved from <http://ejurnal.its.ac.id/index.php/teknik/article/view/5767>
- [8]. Manisalidis, I., Stavropoulou, E., Stavropoulos, A., & Bezirtzoglou, E. (2020). Environmental and health impacts of air pollution: a review. *Frontiers in Public Health*, 8(14), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00014>
- [9]. Monasari, R., Qosim, N., Kasijanto, K., & Firdaus, H. (2020). Analisa Emisi Campuran Bahan Bakar Bensin–Bioetanol dengan Zat Aditif Pada Performa Mesin Spark Ignition 125cc. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, 9(1), 28–32. <https://doi.org/10.23887/jptm.v9i1.31797>
- [10]. Morrissey, K. G., Thoma, G., & López, D. E. (2021). Life cycle impact assessment of biofuels derived from sweet sorghum in the US. *Biotechnology for Biofuels*, 14(166), 1–11. <https://doi.org/10.1186/s13068-021-02009-6>
- [11]. Prasad, S., Sheetal, K. R., Renjith, P. S., Kumar, A., & Kumar, S. (2019). Sweet sorghum: An excellent crop for renewable fuels production. In *Prospects of Renewable Bioprocessing in Future Energy Systems* (pp. 291–314). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-14463-0_11
- [12]. Roni, K. A., Kartika, D., Apriyadi, H., & Herawati, N. (2019). The effect of type and concentration yeast with fermentation time and liquifaction variations on the bioethanol concentration resulted by sorgum seeds with hydrolysis and fermentation processes. *Journal of Computational and Theoretical Nanoscience*, 16(12), 5228–5232. <https://doi.org/10.1166/jctn.2019.8591>
- [13]. Sebayang, A. H., Ibrahim, H., Dharma, S., Silitonga, A. S., Ginting, B. B., & Damanik, N. (2020). Pengaruh campuran bahan bakar pertalite-bioetanol biji sorgum pada mesin bensin. *Jurnal Teknosains*, 9(2), 91–180. <https://doi.org/10.22146/teknosains.40502>
- [14]. Setyadi, P. (2016). Campuran Bahan Bakar Pada Mesin Kendaraan Sepeda Motor 4 Langkah Dengan Komposisi 10 %, *Jurnal Konversi Energi Dan Manufaktur UNJ*, 3(1), 13–22.
- [15]. Soenarta, N. (1985). *Motor Serba Guna*. Jakarta: Paradnya Paramita.
- [16]. Sugiyarto. (2021). Pengaruh Pemanasan Bahan Bakar Bensin Melalui Media Pipa Alumunium Di Dalam Upper Tank Radiator Terhadap Emisi Gas Buang Karbon Monoksida (CO) Pada Daihatsu Taruna Tahun 2000. *Jurnal Mekanik Terapan*, 2(1), 26–32. Retrieved from <http://jurnal.pnj.ac.id/index.php/jmt>
- [17]. Suyanto, W. (1989). *Teori Motor Bensin*. Jakarta: Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi.
- [18]. Szambelan, K., Nowak, J., Szwengiel, A., & Jeleń, H. (2020). Comparison of sorghum and maize raw distillates: Factors affecting ethanol efficiency and volatile by-product profile. *Journal of Cereal Science*, 91, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.102863>
- [19]. Szambelan, K., Szwengiel, A., Nowak, J., Frankowski, J., & Jeleń, H. (2023). Bioethanol production from sorghum grain with *Zymomonas mobilis*: increasing the yield and quality of raw distillates. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 103(12), 6080–6094. <https://doi.org/10.1002/jsfa.12688>

- [20]. Wiratmaja, I. G., & Elisa, E. (2020). Kajian Peluang Pemanfaatan Bioetanol Sebagai Bahan Bakar Utama Kendaraan Masa Depan Di Indonesia. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 8(1), 1–8. <https://doi.org/10.23887/jptm.v8i1.27298>
- [21]. Tenaya, I. G. N. P. ., Sukadana, I. G. ., & Pratama, I. G. N. B. S. . (2013). Pengaruh Pemanasan Bahan Bakar Terhadap Unjuk Kerja Mesin. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, 6(2), 95–202.
- [22]. Yasa, I. P. G. K. Y., Dwipayana, A. D., & Kusuma, I. G. B. W. (2023). Analysis of motor vehicle performance by using bioethanol from sorghum. *AIP Conference Proceedings*, 1–5. <https://doi.org/10.1063/5.0114152>