Jurnal CRANKSHAFT, Vol. 7 No. 1 (2024)
ISSN 2623-0755

UJI EKSPERIMENTAL MINYAK JELANTAH SEBAGAI BAHAN BAKAR RAMAH LINGKUNGAN

Arif Setyo Nugroho[1a], Aris Teguh Rahayu[2], Muhammad Nur Cahyo[1]

[1]Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Warga Surakarta
[2]Program Studi Teknik Elektronika, Sekolah Tinggi Teknologi Warga Surakarta

Korespondensi:
[a]Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Warga Surakarta
arifsn@sttw.ac.id

ABSTRAK

Minyak jelantah merupakan minyak yang diperoleh dari proses penggorengan secara berulang-ulang dan berwarna gelap. Minyak jelantah bila masih digunakan untuk menggoreng sangat berbahaya bagi kesehatan manusia, tetapi bila dibuang secara sembarangan akan mengakibatkan polusi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui effektifitas minyak jelantah menjadi bahan bakar diesel yang lebih ramah lingkungan. Pengolahan minyak jelantah menjadi bahan bakar diesel dengan cara tranverifikasi. Minyak jelantah diolah melalui beberapa proses penyaringan dan kemudian dipanaskan sampai temperatur 50^{o}C, kemudian ditambahkan KOH dan methanol sebagai katalis. Dari hasil pengujian menggunakan bahan bakar minyak jelantah termodifikasi terbukti lebih irit bahan bakar, mesin dapat menyala selama 7.1 menit dibandingkan dengan minyak solar yang hanya bisa menyala selama 6.3 menit. Gas buang CO juga lebih rendah menggunakan bahan bakar minyak jelantah yang termodifikasi yaitu sebesar 0,05% dibandingkan dengan minyak solar yang menghasilkan gas buang CO sebesar 1,27 %. Gas buang CO_2 menggunakan bahan bakar minyak jelantah termodifikasi menghasilkan gas buang CO_2 lebih besar yaitu 19 % dibandingkan bahan bakar solar yang menghasilkan CO_2 sebesar 17%, walaupun hasil gas buang CO_2 lebih tinggi , minyak jelantah yang telah termodifikasi lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan bahan bakar solar.

Kata kunci: Minyak jelantah, tranverifikasi, KOH, metanol, solar

ABSTRACT

Used cooking oil is oil obtained from repeated frying processes. If cooking oil is still used for frying, it is very dangerous for human health, but if it is disposed of carelessly it will cause pollution. This research aims to determine the effectiveness of used cooking oil as a more environmentally friendly diesel fuel. Processing used cooking oil into diesel fuel by tranverification. Used cooking oil is processed through several filtering processes and then heated to a temperature of 50oC, then KOH and methanol are added as a catalyst. From the test results using modified cooking oil, it was proven to be more fuel efficient, the engine could run for 7.1 minutes compared to diesel oil which could only run for 6.3 minutes. CO exhaust gas is also lower using modified cooking oil fuel, namely 0.05% compared to diesel oil which produces CO exhaust gas of 1.27%. CO^2 exhaust gas using modified used cooking oil fuel produces greater CO^2 exhaust gas, namely 19% compared to diesel fuel which produces CO^2 of 17%, even though the CO^2 exhaust gas yield is higher, modified used cooking oil is more environmentally friendly than diesel fuel.

Keywords: Used cooking oil, tranverification, KOH, methanol, diesel

1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah surganya masakan, dari sabang sampai merauke memiliki kekayaan resep masakan dari leluhur yang luar biasa enaknya. Setiap daerah memiliki kekhasan masakan tentunya, ini merupakan kebanggaan tersendiri [1]. Tentunya ketika memasak menghasilkan makanan yang siap saji tetapi juga menghasilkan limbah atau sampah. Sampah tersebut bisa berupa sampah yang bisa terurai maupun yang tidak bisa terurai. Bisa juga limbah yang berupa cairan yang bisa menghasilkan polusi air, limbah minyak goreng adalah salah satunya. Limbah minyak goreng yang biasa disebut minyak jelantah menghasilkan beberapa permasalahan terhadap manusia maupun lingkungan tetapi satu sisi minyak goreng sangat diperlukan oleh manusia untuk memasak. Konsumsi makan makanan yang digoreng masyarakat sangat tinggi, terkadang lalai dalam penggorengan dengan minyak gorengsecara bijak, minyak yang digunakan untuk menggoreng terkadang sampai warna hitam pekat dan tidak diganti tetapi ditambahi dengan yang baru. Penggunaan minyak goreng yang tidak bijak mengakibatkan beberapa penyakit didalam tubuh manusia dan bisa mengakibatkan penyakit yang tidak bisa sembuh [2].

Bila minyak goreng digunakan secara terus menerus sampai temperatur yang tinggi dapat minyak tersebut bisa rusak, karena minyak goreng berasal dari biomassa seperti kedelai dan kelapa sawit. Minyak goreng mengandung lemak esensial atau asam lemak tak jenuh bilaterkena temperatur tinggi atau oksigen akan berubah menjadi lemak jahatbila digunakan secara berulang ulang pada temperatur tinggi dan banyak mengandung radikal bebas. Bila minyak jelantah setelah digunakan dibuang di saluran got akan menghasilkan endapan berbusa, bau menyengat dan menghambat laju aliran air. Lama-kelamaan akan menghasilkan polusi air, polusi udara dan tentunya kesehatan manusia.

Permasalahan yang dihadapi hampir seluruh negara yaitu sumber energi yang berasal dari fosil[3], semakin lama semakin cadangan minyak yang berasal dari fosil menjadi menipis. Kebutuhan paling banyak bahan bakar dari fosil adalah untuk transportasi [4] kemudian dunia industri. Luar biasa perkembangan transportasi yang menggunakan bahan bakar fosil, sehingga menghasilkan beberapa dampak yang negatif [5]. Dampak tersebut antara lain peningkatan panas bumi karena effek dari rumah kaca, panas yang berlebih karena banyaknya tumbuhan yang ditebang untuk perluasan jalan maupun pemukiman manusia, sehingga tidak dapat mengurai gas buang CO_2 menjadi O_2 pada proses fotosintesis [6]. Belum lagi masalah dari limbah atau sampah dari kehidupan manusia yang belum bisa terpecahkan secara signifikan. Pengolahan minyak jelantah menggunakan methode esterifikasi[7] dengan menggunkan 2 katalis diharapkan menghasilkan minyak biodiesel yang memiliki viskositas, nilai kalor yang setara dengan minyak solar dan harus memiliki emisi gas buang lebih baik lagi. Dengan kandungan CO dan HC kecil [8]. Maka penting dilakukan penelitian untuk mencari solusi pemanfaatan minyak jelantah. Bagaimana efektiftifitas minyak jelantah termodifikasi menjadi bahan bakar terbarukan dan bagian usaha untuk memanfaatkan limbah lebih bijaksana.

Minyak jelantah adalah minyak yang sudah pernah digunakan untuk dipanaskan secara berulang ulang [9] dan temperaturnya sangat panas sehingga dapat merekahkan ikatan dan menjadi rusak menurunkan kualitas minyak [10] dan berbahaya bagi kehidupan manusia bila digunakan memasak berulang-ulang [11].

Penggunaan minyak goreng terbesar adalah berasal dari perusahaan makanan, rumah makan dan rumah tangga [12], bila minyak jelantah tersebut langsung dibuang ke parit atau selokan dan menuju ke sungai maka akan menghasilkan limbah berupa endapan [13] [14], busa dan menghambat arus aliran air diselokan atau di sungai [15]. Hal tersebut dapat mengakibatkan polusi lingkungan, bau yang menyengat dan pemandangan yang tidak menyenangkan berkesan jorok [16]. Biodiesel sebagai bahan bakar yang ramah lingkungan, dibuat dari limbah minyak jelantah menjadi salah satu strategi dan solusi untuk mengurangi permasalahan limbah minyak goreng yaitu jelantah dan mulai menipisnya bahan bakar yang berasal dari energi fosil. Minyak jelantah diolah dulu untuk menggantikan minyak solar sebagai bahan bakar diesel, karena minyak diesel mengandung asam lemak bebas yang tinggi didalamnya [17]. Biodisel memanfaatkan minyak jelantah diolah menggunakan standar ASTM D6751 dengan menggunakan KOH 4 % berat, kondisi reaksi bertemperatur 60^{o}C dalam proses transeterifikasi menghasilkan 97,76 % minyak diesel[9]. Cara pengolahan minyak jelantah menjadi biodieal dengan cara transestrifikasi dengan menggunakan KOH yang memiliki kinerja katilistik yang tinggi dengan mencampurkan KOH sebanyak 3 % berat pada temperatur reaksi sebesar 55^{o}C dapat menghasilkan minyak biodiesel sebesar 91,5 %[18].

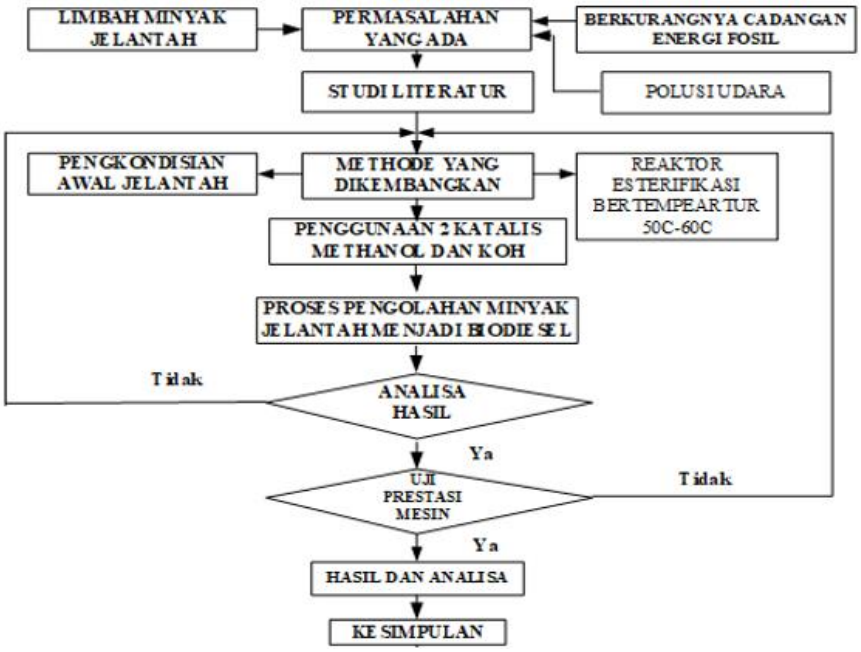
Dengan menggunakan proses tran esterifikasi katalis dua kali dengan menggunakan methanol dan KOH lebih effektif[19] karena minyak jelantah memiliki kandungan asam lemak yang tinggi memiliki rantai yang panjang dapat menghasilkan minyak biodiesel, tetapi bila digunakan untuk bahan bakar lebih boros karena memiliki viscositas yang lebih tinggi dari solar[8]. Dalam pengujian emisi gas buang menggunakan bahan bakar biodiesel dari minyak jelantah didapat data bahwa emisi CO, HC dan PM turun tetapi NOx dan CO_2 naik[20].

2. METODOLOGI PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian ini bersifat eksperimental untuk mengetahui perbandingan minyak solar yang dibeli dari pertamina terhadap minyak biodiesel dengan menggunakan minyak jelantah. Sebagai bagian dari semangat untuk mengurangi polusi dan solusi untuk menghasilkan bahan bakar dari limbah yang lebih manfaat. Adapun tahapan penelitian adalah sebagai berikut :

1. Minyak jelantah dibeli dari penjual gorengan di sekitar kota surakarta dengan tidak mengkususkan bekas penggorengan apa dan berapa kali kali penggorengan. Yang jelas minyak jelantah yang digunakan adalah minyak hasil digunakan untuk menggoreng.
2. Proses pengolahan minyak jelantah menjadi biodiesel menggunakan proses trans esterifikasi menggunkan 2 katalis. Katalis yang digunakan adalah KOH dan methanol, temperatur reaksi di reaktor esterifikasi pada temperatur 50^{o}C-60^{o}C.
3. Reaktor esterifikasi terbuat dari tabung yang terhububg dengan pompa yang berfungsi untuk memutar aliran minyak jelantah di dalam ruang raktor dan sekaligus dipanaskan sampai temperatur 50^{o}C selama kurang lebih 60 menit. Jumlah untuk 1 liter minyak jelantah dicampur KOH adalah 3 % berat methanol sebanyak 200 ml.
4. Pengujian bahan bakar yaitu konsumsi bahan bakar pada saat stasioner di rpm 1600 rpm dan uji emisi pada saat keadaan stasioner juga. Untuk uji konsumsi bahan bakar diujikan 100 ml setiap variasi bahan bakar.
5. Variasi bahan bakar adalah Bahan bakar jelantah murni yang telah termodifikasi 100 %, campuran jelantah 75 % + solar 25%, campuran solar 50% + minyak jelantah yang telah termodifikasi 50%, campuran minyak jelantah yang telah termodifikasi 25% + minyak solar 75%, bahan bakar solar 100%.
6. Pengujian yang dilakukan dengan menggunakan mesin diesel 4 stroke, 4 *cylinder-in line, direct injection, turbo charger intercooler*

Untuk mempermudah dalam melaksanakan penelitian maka dibuat diagram alir seperti yang terlihat di gambar 1.



Gambar 1 Diagram alir penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pembuatan bahan bakar yang berasal dari minyak jelantah dengan penggunaan katalis memiliki sifat berwarna bening dan ada endapan yang harus di saring beberapa kali agar endapan tersebut hilang. Hasil pengolahan minyak jelantah dan dibandingkn dengan minyak jelantah yang belum diolah ditunjukan gambar no 2 .

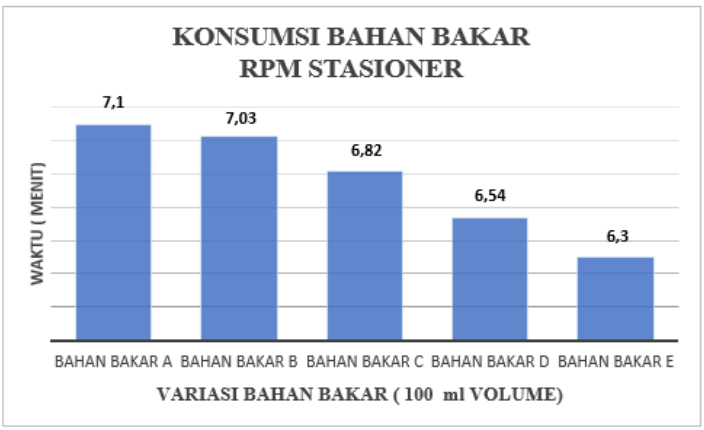
Gambar 2 Perbandingan warna minyak solar
dan minyak jelantah yang telah termodifikasi.

Gambar 2 menjelaskan perbandingan warna antara minyak solar dan minyak jelantah, dimana minyak solar berwarna kecoklatan tetapi minyak jelantah berwarna kuning bersih. Spesifikasi minyak berasal dari minyak jelantah dibandingkan dengan minyak solar yang berasal dari fosil dapat ditunjukan tabel 1.

Tabel 1 Data Minyak Jelantah Termodifikasi Dan Minyak Solar

Keterangan	*Standar pengujian*	*Minyak dari jelantah*	*Minyak solar*
Viscositas Kinematik 40°C	ASTM D445	5,42 mm^2/s	4,49 mm^2/s
Density @ 40°C	ASTM D1298	870 kg /m^3	836 kg/m^3
Angka Setana	ASTM D613	56,4 CN	61,3 CN
Flash point	ASTM D93	132°C	83 °C

Pengujian yang dilakukan dengan menggunakan mesin diesel 4 stroke, 4 *cylinder-in line, direct injection, turbo charger intercooler* kondisi stasioner tanpa beban konsumsi bahan bakar setiap variasi ditunjukan gambar 3



Gambar 3 Konsumsi Bahan Bakar Pada Kondisi Stasioner

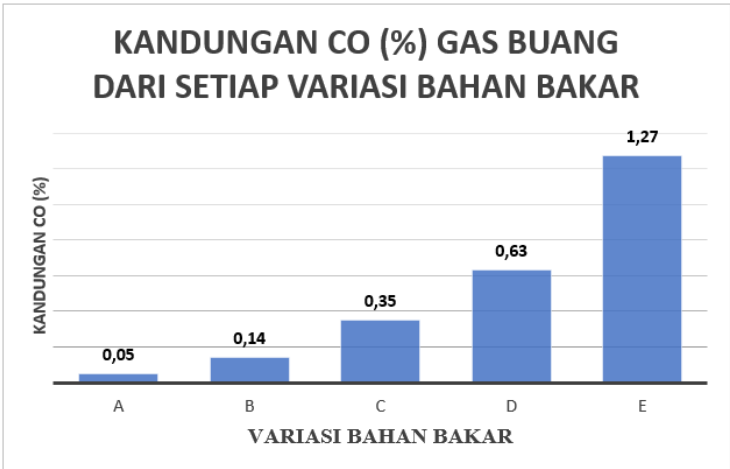
Gambar 3 menjelaskan konsumsi bahan bakar sebanyak 50 ml untuk dijadikan bahan bakar dan kemudian diukur lama penyalaan.

Tabel 2. Variasi bahan bakar dan hasil pengujian.

KETERANGAN	VARIASI	KONSUMSI BAHAN BAKAR
A	Jelantah murni yang telah termodifikasi 100 %	7,1 menit
B	Campuran jelantah 75 % + solar 25%	7,03 menit
C	Campuran solar 50% + minyak jelantah yang telah termodifikasi 50%	6,82 menit
D	Campuran minyak jelantah yang telah termodifikasi 25% + minyak solar 75%	6,54 menit
E	Solar 100%.	6,3 menit

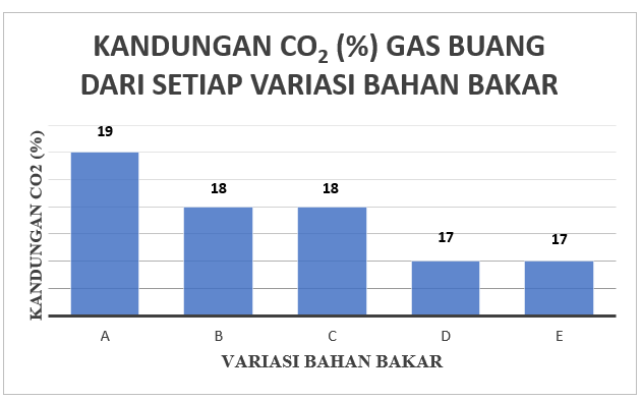
Hasil pengujian didapat data bahwa konsumsi bahan bakar paling baik yaitu waktu konsumsi yang palinglama atau tidak boros adalah penggunaan bahan bakar dari minyak jelantah yang termodifikasi, 100 ml volume bahan bakar mesin bisa menyala selama 7,1 menit. Paling boros adalah yang menggunakan bahan bakar solar yaitu selama 6,3 menit dengan jumlah bahan bakar yang sama. Bahan bakar solar murni penyalaannya lebih pendek daripada minyak jelantah yang telah termodifikasi, hal ini terjadi karena adanya pengaruh viskositas dan flash point dimiliki minyak jelantah lebih tinggi dibandingkan dengan minyak solar.

Sehinga droplet minyak jelantah termodifikasi yang keluar dari nozel lebih kental dibandingkan minyak solar, mengakibatkan pembakaran lebih sempurna dan konsumsi bakar lebih irit.



Gambar 4 Kandungan CO gas buang dari setiap variasi bahan bakar

Gambar 4 menjelaskan grafik hasil pengujian emisi gas buang CO setiap variasi pembakaran. Bahan bakar minyak jelantah murni menghasilkan gas CO sebesar 0,05 %, campuran bahan bakar 25% solar+75% minyak jelantah termodifikasi menghasilkan 0,14 % CO_2, campuran bahan bakar 50% solar+50% minyak jelantah termodifikasi menghasilkan 0,35 % CO_2, campuran bahan bakar 75% solar+25% minyak jelantah termodifikasi menghasilkan 63 % CO_2, Bahan bakar solar menghasilkan 1,27% CO_2. Ketika pengujian dan mesin dihidupkan, menggunakan bahan bakar minyak jelantah bunyinya lebih nyaring dibandingkan dengan menggunakan bahan bakar solar. Pembakaran diruang bakar dengan menggunakan bahan bakar minyak jelantah yang telah termodifikasi lebih sempurna, terbukti dengan kadar CO pada gas buang yang lebih kecil dibandingkan dengan menggunakan bahan bakar solar. Rantai karbon (C) yang panjang pada solar mengakibatkan pembakaran tidak sempurna yang berakibat kadar CO yang tinggi dibandingkan dengan bahan bakar minyak jelantah yang termodifikasi. Dari grafik gambar 4 terlihat disemua campuran bahan bakar solar dicampur dengan minyak jelantah yang termodifikasi akan menghasilkan kadar gas buang CO yang lenih sedikit dibandingkan dengan bahan bakar solar muni pada kondisi mesin stasioner. Konsumsi bahan bakar menggunakan minyak jelantah termodifikasi walaupun memiliki angka setana lebih kecil seperti terlihat dalam tabel 1 dan waktu penyalaan lebih lama seperti terlihat di tabel 2 tetapi pembakarannya lebih sempurna.



Gambar 5 Kandungan CO_2 gas buang dari setiap variasi bahan bakar.

Gambar 5 menjelaskan mengenai hasil pengujian gas buang masing-masing variasi bahan bakar, emisi gas buang CO2 paling kecil adalah bahan bakar solar murni dan campuran bahan bakar solar 75% volume + 25% minyak jelantah. Hal tersebut menandakan bahwa dari hasil pembakaran diruang bakar dengan menggunakan bahan bakar minyak jelantah yang sudah dimodifikasi lebih sempurna dibandingkan dengan bahan bakar minyak solar. Pembakaran sempurna menghasilkan kandungan CO_2 pada gas tinggi tetapi gas tersebut akan di serap oleh tumbuhan pada saat foto sintesis . Sehingga CO_2 yang dikeluarkan oleh gas buang kendaraan di rubah oleh tumbuhan menjadi O_2 yang bermanfaat bagi manusia. Bahan bakar minyak jelantah murni menghasilkan gas CO_2 sebesar 19 %, campuran bahan bakar 25% solar+75% minyak jelantah termodifikasi menghasilkan 18 % CO_2, campuran bahan bakar 50% solar+50% minyak jelantah termodifikasi menghasilkan 18 % CO_2, campuran bahan bakar 75% solar+25% minyak jelantah termodifikasi menghasilkan 17 % CO_2, Bahan bakar solar menghasilkan 17% CO_2.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukan bahwa bahan bakar yang digunakan untuk menghidupkan mesin diesel bila menggunakan bahan bakar minyak jelantah yang telah dimodifikasi menghasilkan beberapa keunggulan dibandingkan dengan menggunakan minyak solar. Hasil pengujian menggunakan bahan bakar minyak jelantah termodifikasi lebih irit bahan bakar saat pengujian konsumsi bahan bakar yaitu bisa hidup selama 7,1 menit dibandingkan dengan minyak solar yang hanya bisa menyala selama 6,3 menit. Gas buang CO lebih rendah menggunakan bahan bakar minyak jelantah yang termodifikasi sebesar 0,05% dibandingkan dengan minyak solar yang menghasilkan gas buang CO sebesar 1,27 %. Menggunakan bahan bakar minyak jelantah termodifikasi menghasilkan gas buang CO_2 lebih besar yaitu 19 % dibandingkan bahan bakar solar yang menghasilkan CO_2 sebesar 17%, walaupun hasil gas buang CO_2 lebih tinggi , minyak jelantah yang telah termodifikasi lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan bahan bakar minyak solar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada PPPM STT Warga Surakarta yang telah membiayai penelitian melalui program penelitian lokal STTW 2023.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Abulizi A, Bai H, Saierkejiang N, Okitsu K, Maihemuti M, Talifu D. Synthesis of Biodiesel From Waste Cooking Oil Using a Pulsed High-Intensity Ultrasound Method. Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects 2021;00:1–13. https://doi.org/10.1080/15567036.2021.1948935.

[2] Chiatti G, Chiavola O. Effect of Waste Cooking Oil Biodiesel Blends on Effect of Waste Cooking Oil Biodiesel Blends on Performance and Emissions from a CRDI Diesel Engine Diesel Engine. INTEECH 2020:19–36.

[3] Nugroho AS, Atmoko NT, Purwono AH, Kustanto H. Effects of Ethanol-Methanol Fuel on RPM and Exhaust Gas Generator Set. International Journal Of Synergy In Engineering And Technology 2023;4:86–95.

[4] Nugroho AS. Methanol-Gasoline Fuel Effectiveness Analysis Study. Jurnal E-Komtek 2022;6:157–63.

[5] Arif Setyo Nugroho, Suhartoyo YYKK. Modified Copper for Reducing CO and HC Vehicle Exhaust Gas Emissions. AppliedMechanics And Materials 2023;911:51–6. https://doi.org/10.4028/p-04f6wt.

[6] Nugroho NAS. The Effect Of The Installation Of Modified Copper In the Muffler And The Use Of Pertalit-Ethanol Mixed Fuel On The Reduction Of CO Exhaust Gas. Journal Of Automotive Engineering And Vocational Education 2021;02:81–8.

[7] Singh D, Sharma D, Soni SL, Singh C, Sharma S, Kumar P, et al. A comprehensive review of biodiesel production from waste cooking oil and its use as fuel in compression ignition engines : 3rd generation cleaner feedstock FAME SIT PM IN AC ME. Journal of Cleaner Production 2021;307:127299. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127299.

[8] Vignesh P, Remigious A, Kumar P, Vignesh P, Remigious A, Kumar P, et al. Biodiesel and green diesel generation : an overview To cite this version : HAL Id : hal-03106562. HAL 2021;11:1–16.

[9] Roy S, Parsi K, Kotha RS, Barman S. Sustainable Energy & Fuels E ff ective utilisation of waste cooking oil in a single- cylinder diesel engine using alumina nanoparticles. Sustainable Energy And Fuels 2019:1–11. https://doi.org/10.1039/c9se00393b.

[10] Damayanti F, Supriyatin T, Biologi SP. Pemanfaatan Limbah Minyak Jelantah Sebagai Upaya Peningkatan Kepedulian Masyarakat Terhadap Lingkungan. Dinamisia 2021;5:161–8.

[11] Fereidooni L, Tahvildari K, Mehrpooya M. Trans-esterification of waste cooking oil with methanol by electrolysis process using KOH. Renewable Energy 2017. https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.08.067.

[12] Gaur A, Mishra S, Chowdhury S, Baredar P, Verma P. Materials Today : Proceedings A review on factor affecting biodiesel production from waste cooking oil : An Indian perspective. Materials Today: Proceedings 2020. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.09.432.

[13] Han W, Yi W, Ying D, Tang Y, Sze S, Koay N, et al. The conundrum of waste cooking oil : Transforming hazard into energy. Journal of Hazardous Materials 2021;417:126129. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126129.

[14] Wibowo YMRGRE fatmawati; SGA. Identitas Budaya Dan Sosial Pada Makanan Khas daerah : Tinjauan Terhadap Perilaku Konsumsi Masyarakat Muslim Pada Bulan Ramadhan Di Indonesia. Komitmen 2023;4:305–15.

[15] Lamsyiah. SDA. Tingkat Pengetahuan Pedagang Warung Tenda Di Jalan Yos Sudarso Palangkaraya Tentang Bahaya Peenggunaan Minyak Jelantah Bagi Kesehatan. Jurnal Surya Medika 2018;3:62–8.

[16] Nur Isna Inayati KuRD. Pemanfaatan Minyak Jelantah Sebagai Bahan Dasar Pembuatan Lilin Aromaterapi Sebagai Alternatif Tambahan Penghasilan Pada Anggota Aisyiah Desa Kebanggan Kec Sumbang. Jurnal Budimas 2021;03:160–6.

[17] Saputro BA. Karakteristik Biodiesel dari Campuran Bahan Bakar Dexlite dan Minyak Jelantah Tanpa Perlakuan pada Mesin Diesel Biodiesel Characteristics from Dexlite Fuel Blends with Untreated Waste Cooking Oil in a Diesel Engine Received February 2022 , Revised May 202. Jurnal Teknik Kimia 2022;28:51–9.

[18] Syarif A, Yerizam M, Yusi MS. Effect of Catalysts on the Quality of Biodiesel from Waste Cooking Oil by Induction Heating Effect of Catalysts on the Quality of Biodiesel from Waste Cooking Oil by Induction Heating. Journal Of Physics Conference Series 2020:0–7. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1500/1/012052.

[19] Tomasila DY, Wahyu CP, Adi M, Hardiansyah Y. Analisa Ekonomi Pra Rancangan Pabrik Kimia Pembuatan Biodiesel Berbahan Baku Minyak Jelantah Dengan Katalis KOH kapasitas 37.000 Ton/Tahun. Distilat 2020;6:373–80.

[20] Witjonarko; RDE, Haryono E. Kajian Eksperimental Emisi Gas Buang Two Stroke Marine Diesel Engine Berbahan Dasar Campuran Solar Dan Minyak Jelantah.Pdf. Jurnal Inovtek Polbeng 2017;7:84–97.