

OPTIMASI PEMBAKARAN OLI MESIN BEKAS DAN SOLAR DALAM TUNGKU VERTIKAL: SOLUSI BERKELANJUTAN UNTUK ENERGI DAN LINGKUNGAN

Lukas Kano Mangalla^{*1}, Samhudin¹, Yunus¹, dan Dedi¹

¹ Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Halu Oleo

^{*}Copresponder Author: lukas.kano@uho.ac.id

Abstract -- Using used engine oil as an alternative fuel aims to reduce dependence on fossil fuels and minimize hazardous waste. This study investigates the combustion characteristics of used engine oil and diesel fuel in a vertical furnace as a sustainable solution for energy and environmental challenges. The experimental study was conducted using a vertical furnace, a special design to optimize the combustion of both types of used engine oil (O) and diesel fuel (S) blends were tested with composition ratios of 0%, 25%, 50%, and 75% (O/S). Parameters assessed include combustion temperature, fuel flow rate, flame height, and exhaust gas emissions. Combustion temperature was measured using a thermocouple K-type, while exhaust gas emissions were analyzed using an exhaust analyzer (Horiba-PG-300). This study employed inferential statistical analysis to explore the combustion performances of used engine oil and diesel fuel in a vertical furnace. The results indicate that used engine oil has the potential to serve as an alternative fuel with competitive performance compared to diesel fuel. However, challenges remain regarding exhaust gas emissions that need to be addressed. Further research should focus on efforts to reduce exhaust gas emissions and explore fuel blend variations under different operational conditions.

Keyword — Used engine oil, vertical furnace, disel fuel, combustion performances, and emissions.

Abstrak — Penggunaan oli bekas mesin sebagai bahan bakar alternatif bertujuan untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil serta meminimalisir limbah berbahaya. Penelitian ini mengkaji karakteristik pembakaran oli mesin bekas dan solar dalam tungku vertikal sebagai solusi berkelanjutan untuk masalah energi dan lingkungan. Eksperimen dilakukan menggunakan tungku vertikal yang didesain untuk mengoptimalkan pembakaran campuran oli mesin bekas (O) dan solar (S) dengan perbandingan masing masing 0%, 25%, 50%, dan 75% (O/S). Parameter yang dianalisis mencakup temperatur pembakaran, laju konsumsi bahan bakar, tinggi api, dan emisi gas buang. Temperatur pembakaran diukur menggunakan termokopel tipe-k, sementara emisi gas buang dianalisis menggunakan exhaust analyser (Horiba PG-300). Dalam penelitian ini, analisis data menggunakan statistik inferensial untuk mempelajari karakteristik pembakaran campuran bahan tersebut dalam tungku vertikal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa oli bekas dengan 25% dalam solar memiliki potensi sebagai bahan bakar alternatif dengan performa yang baik, meskipun emisi gas buangnya perlu diatasi. Penelitian perlu dilanjutkan pada pengurangan emisi dan variasi campuran yang tepat dalam pembakaran bahan campuran ini.

Kata kunci — Oli bekas mesin, tungku vertikal, bahan bakar solar, performa pembakaran dan emisi gas.

I. PENDAHULUAN

Meningkatnya konsumsi energi dan semakin ketatnya standar emisi gas oleh pemerintah telah mendorong banyak peneliti untuk mencari bahan bakar alternatif yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan[1]–[3]. Salah satu solusi yang menjanjikan adalah pemanfaatan oli bekas mesin sebagai bahan bakar alternatif. Bahan ini menjadi masalah lingkungan yang serius karena pembuangannya yang dapat merusak lingkungan (air, tanah dan udara). Padahal Oli bekas mesin ini memiliki nilai kalor yang tinggi, menjadikannya sumber energi yang potensial jika dioptimalkan dengan baik dalam proses pembakaran[4]. Pembakaran oli mesin bekas dalam mesin diesel dapat berdampak negatif karena viskositas dan berat jenis yang tinggi, yang menyebabkan atomisasi bahan bakar menjadi kurang optimal sehingga pencampuran bahan bakar dan udara menjadi tidak sempurna[5], [6]. Namun, dalam pembakaran eksternal untuk penggunaan oli mesin bekas, efisiensi pembakaran dapat ditingkatkan dengan pemanasan awal yang memperbaiki sifat viskositas bahan, sehingga dapat dibakar dan menghasilkan temperatur tinggi[7].

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan pembakaran oli bekas mesin dan solar dalam tungku vertikal. Tungku vertikal dipilih karena efisiensi termal yang lebih baik dan desain yang memungkinkan distribusi panas yang lebih merata. Pembakar vertikal biasanya digunakan dalam aplikasi pemanasan industri karena karakteristik pembakaran dan perpindahan panasnya yang efisien[8], [9]. Tungku ini dirancang untuk penggunaan berbagai jenis bahan bakar dan dapat memperoleh manfaat signifikan dari peningkatan sifat pembakaran campuran oli mesin bekas dan minyak disel atau solar. Memahami dampak pencampuran kedua bahan tersebut terhadap kinerja pembakaran dan emisi pada pembakar tungku vertikal sangat penting untuk mengembangkan solusi energi berkelanjutan dan meningkatkan kualitas udara[10]. Kinerja pembakar vertikal dengan campuran ini dapat memberikan wawasan mengenai kelayakan dan pendekatan praktis ini untuk aplikasi industri skala besar.

Kombinasi oli bekas mesin dan solar dapat mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil serta mengurangi

limbah berbahaya yang dihasilkan oleh oli bekas[11]. Penelitian ini tidak hanya berfokus pada efisiensi energi tetapi juga pada aspek keberlanjutan lingkungan. Studi terdahulu menunjukkan bahwa oli bekas dapat digunakan sebagai bahan bakar campuran yang efektif dalam berbagai aplikasi pembakaran. Penelitian oleh Prabakaran et al. (2018) menemukan bahwa oli bekas yang dicampur dengan diesel dapat meningkatkan efisiensi pembakaran dan mengurangi emisi partikulat[12]. Penelitian lainnya oleh Zhang et al. (2020) menunjukkan bahwa penggunaan oli bekas sebagai bahan bakar dapat mengurangi emisi karbon dioksida hingga 15% dibandingkan dengan penggunaan diesel murni[3].

Namun, tantangan utama dalam penggunaan oli bekas sebagai bahan bakar adalah emisi gas buang yang dihasilkan[13]. Emisi ini dapat mengandung zat-zat berbahaya seperti sulfur oksida (SOx), nitrogen oksida (NOx), dan partikulat halus yang dapat berdampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia[14]. Oleh karena itu, penelitian ini juga mempelajari fenomena yang terjadi dari penggunaan oli mesin bekas dalam pembakaran external pada tungku vertikal. Penelitian ini menguji performa pembakaran dan emisi gas buang dari penggabungan bahan oli bekas mesin dan solar dalam tungku vertikal pada kondisi atmosfer.

II. METODE PENELITIAN

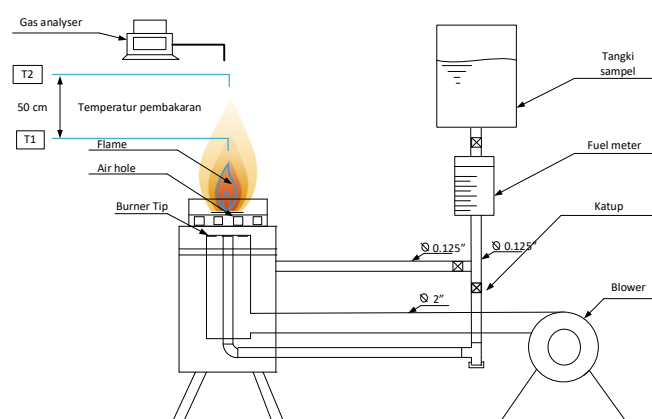
Bahan penelitian terdiri atas oli mesin bekas dan solar. Oli mesin bekas diperoleh dari bengkel mobil di sekitar kota Kendari sedangkan solar yang diperoleh dari pompa bensin milik Pertamina. Sebelum digunakan dalam penelitian ini, oli mesin bekas tersebut disaring dari kotoran-kotoran dan didiamkan selama 2 (dua) hari dan 2 (dua) malam sebelum disaring kembali untuk memastikan kebersihan cairan tersebut. Kedua bahan, Oli mesin bekas (O) dan Solar (S), kemudian dicampur dengan perbandingan 0%, 10%, 20%, dan 30% O/S (basis volume) untuk digunakan dalam penelitian ini. Sifat-sifat bahan penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Sifat dasar bahan yang digunakan

Properties	Solar	Oli Mesin Bekas
Berat Jenis (kg/m ³)	825	855
Titik nyala (oC)	>=58	>=76
Titik tuang (oC)	18	20
Residu karbon (%)	0,1	-
Kandungan sulfur (%)	0,04	-
Angka Cetana	48	-
HHV (MJ/kg)	45,50	39,79

Sumber : Gurri dkk, 2018 [15].

Pengujian performa pembakaran bahan ini dilakukan pada tungku vertikal yang didesain khusus menyerupai tungku pembakaran di industri-industri pemanas (kiln). Tungku ini dilengkapi dengan katup aliran bahan bakar dengan 3 variasi



Gambar 1. Layout penelitian

bukaan, B-1, B-2 dan B-3. B-1 adalah bukaan katup 25%, B-2 adalah bukaan katup 50% dan B-3 adalah bukaan katup 75%. Untuk setiap bukaan katup tersebut diukur laju konsumsi campuran bahan bakar tersebut pada saat proses pembakaran. Sebelum dimulai pembakaran minyak solar dimasukkan ke dalam tungku sebagai pemanas awal sebelum dimulai pembukaan katup bahan bakar B1 di mulai untuk setiap variasi komposisi bahan tersebut. Pengamatan dilakukan setelah kondisi pembakaran sampel mulai stabil yaitu sekitar 5 menit setelah pembukaan katup dimulai. Selama proses pembakaran dilakukan pengukuran temperatur pembakaran menggunakan termokopel type-K, rekording pengukuran tinggi nyala api dan pengukuran emisi gas yang dihasilkan menggunakan Horiba gas analyzer. Probe pengukuran dari gas analyzer tersebut dipasang pada bagian atas pembakaran setelah penyalaan sampel mulai stabil. Skematik penelitian ini dapat dilihat secara lengkap dalam Gambar 1.

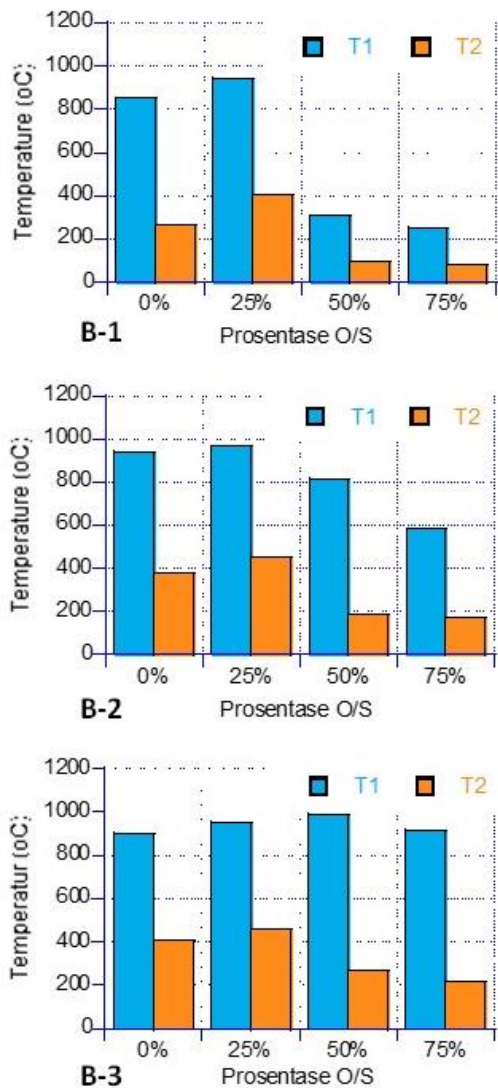
Data yang diperoleh dari pengujian tersebut kemudian dianalisis menggunakan statistik inferensial untuk mengamati fenomena yang terjadi dari proses pembakaran kedua bahan tersebut. Parameter yang dianalisis meliputi temperatur pembakaran, tinggi nyala api, dan konsentrasi emisi gas seperti CO, CO₂, NOx, dan SOx. Hasil analisis ini akan memberikan wawasan mengenai efektivitas penggunaan oli bekas sebagai bahan bakar alternatif dan potensi pengurangan dampak lingkungan dibandingkan dengan penggunaan solar.

Penelitian ini juga akan mengidentifikasi tantangan utama dalam penggunaan oli mesin bekas sebagai bahan bakar, seperti peningkatan emisi gas buang yang mengandung zat-zat berbahaya. Langkah-langkah mitigasi, seperti penggunaan aditif atau teknologi pembersih gas buang, dapat diusulkan berdasarkan hasil penelitian ini untuk meningkatkan kelayakan oli mesin bekas sebagai solusi bahan bakar yang lebih berkelanjutan. Diharapkan bahwa hasil penelitian ini tidak hanya memberikan kontribusi akademis dalam bidang energi terbarukan tetapi juga dapat diterapkan dalam praktik industri untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mengurangi dampak lingkungan dari pembuangan oli bekas.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Temperature pembakaran

Temperatur pembakaran yang dihasilkan dari setiap komposisi pencampuran oli mesin bekas dan solar dapat dilihat pada Gambar 2. Pada pembukaan katup 1 (B-1) terlihat bahwa pada komposisi 25% Oli mesin bekas dalam campuran menghasilkan temperatur tertinggi dibanding solar murni. Fenomena ini menarik bahwa pada konsentrasi oli



Gambar 2. Temperature pembakaran dari berbagai komposisi bahan. B-1 untuk pembukaan katup 25%, B-2 untuk Pembukaan katup 50% dan B-3 untuk pembukaan katup 75%.

mesin bekas 25% dalam campuran memberikan nilai pembakaran tertinggi. Tetapi setelah konsentrasi 25% maka temperature yang dihasilkan turun secara drastis baik T1

maupun T2. Hal ini dapat diakibatkan karena volume bahan yang masuk dalam tungku vertikal relatif kecil sehingga temperatur menurun.

Pada Pembukaan katup 2 (B-2) temperature pembakaran T1 dan T2 cenderung meningkat dibandingkan dengan solar murni termasuk campuran 50% dan 75%. Meskipun demikian dapat dilihat bahwa dengan semakin meningkatnya komposisi oli mesin bekas maka semakin menurun temperatur pembakarannya. Pada pembukaan katup 3 (B3) dapat dilihat sebuah fenomena yang cenderung berbeda dari pembukaan sebelumnya. Temperatur pembakaran tertinggi (T1) dicapai pada komposisi 50% O/S. Tetapi untuk T2 komposisi campuran 50% dan 75% tetap lebih rendah dari komposisi 25% O/S.

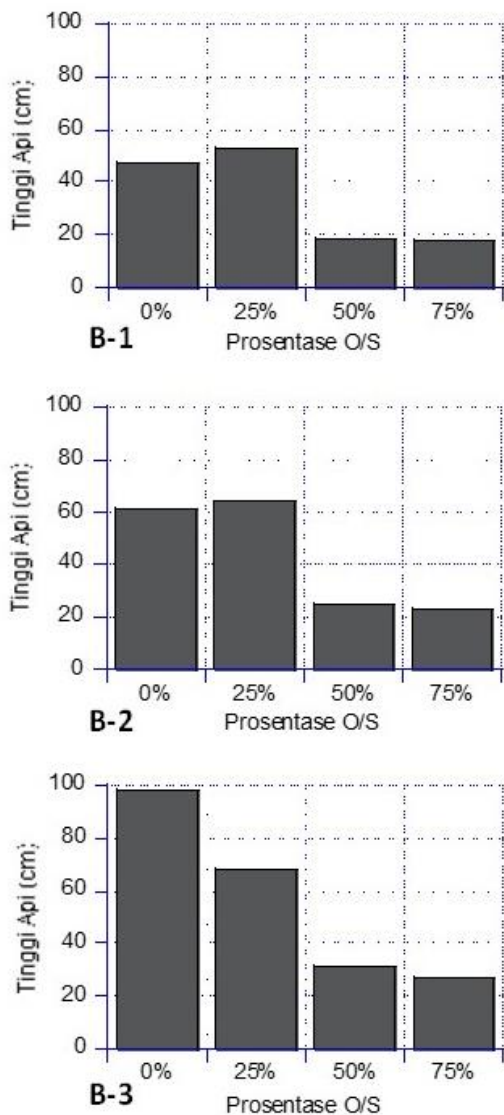
3.2. Tinggi nyala api

Tinggi nyala api yang dihasilkan dari pembakaran dalam setiap komposisi campuran bahan bakar dapat dilihat pada Grafik 3. Pada B-1 tinggi api tertinggi dicapai pada campuran 25% Oli mesin bekas dalam solar yakni 52 cm dan terendah sebesar 18 cm. Pada bukaan katup B-2 temperatur tertinggi tetap dicapai pada komposisi 25% lalu turun pada komposisi selanjutnya. Untuk bukaan katup B-3 terlihat tinggi api untuk pencampuran lebih rendah dari solar murni dan cenderung turun dengan semakin meningkatnya oli mesin bekas dalam campuran. Temperature tertinggi oleh 0% O/S dan diikuti oleh masing masing komposisi 25%, 50% dan 75% yakni sebesar 98, 68, 31 dan 27 cm. Grafik-grafik ini menunjukkan bahwa penambahan oli mesin bekas ke dalam solar memiliki efek yang signifikan terhadap tinggi api yang dihasilkan. Pada semua grafik, tinggi api cenderung meningkat pada 25% O/S dan kemudian menurun drastis pada persentase O/S yang lebih tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa pada 25% O/S, campuran mungkin mencapai kondisi optimal untuk pembakaran, tetapi setelah itu, pembakaran menjadi kurang efisien dengan penambahan lebih banyak oli mesin bekas.

Tabel 2 memperlihatkan laju aliran bahan bakar selama proses pembakaran berbagai jenis komposisi oli mesin bekas dalam solar. Laju aliran ini diukur menggunakan flowmeter yang dipasang antara tangka penyimpanan dan pengaliran ke tungku vertikal.

Tabel 2. Laju konsumsi bahan bakar (mL/det)

Komposisi	Bukaan Katup		
	B-1	B-2	B-3
0%	1	1.1	1.25
25%	0.714	1	1.1
50%	0.08	0.175	0.37
75%	0.076	0.133	0.27



Gambar 3. Tinggi api yang dihasilkan dari Pembakaran B-1 pembukaan katup 25%, B-2 Pembukaan katup 50% dan B-3 pembukaan katup 75%.

3.3. Emisi Gas yang dihasilkan.

Pembakaran campuran oli mesin bekas dan solar menghasilkan berbagai emisi yang dapat mempengaruhi lingkungan dan kesehatan manusia. **Tabel 3 - Tabel-5** memperlihatkan konsentrasi emisi gas yang dihasilkan oleh pembakaran campuran oli mesin bekas dalam solar. Emisi gas yang dihasilkan terdiri atas CO (ppm), Nox (ppm), SO₂ (ppm), CO₂ (g/kWh), dan HC (ppm). Secara umum dapat dilihat bahwa semakin tinggi volume oli mesin bekas dalam solar maka semakin tinggi emisi gas yang dihasilkan. Terlihat jelas pada tabel bahwa emisi CO dari pembakaran oli mesin bekas cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan pembakaran solar murni. Hal ini dapat disebabkan karena oli mesin bekas mengandung lebih banyak karbon yang tidak terbakar sempurna. Kekentalan oli mesin bekas mengakibatkan susah terbakar sehingga menghasilkan

Tabel 3. Emisi Gas pada pembukaan katup 1 (**B-1**)

Emisi gas	Prosentase O/S			
	0%	25%	50%	75%
CO (ppm)	82	99	176	242
NOx (ppm)	41	54	59	71
SO ₂ (ppm)	12	19	25	37
CO ₂ (g/kWh)	236	243	254	264
HC (ppm)	176	223	287	302

Tabel 4. Emisi gas pada pembukaan katup 2 (**B-2**)

Emisi gas	Prosentase O/S			
	0%	25%	50%	75%
CO (ppm)	88	99	182	248
NOx (ppm)	45	55	58	75
SO ₂ (ppm)	13	16	27	38
CO ₂ (g/kWh)	247	259	265	300
HC (ppm)	180	252	290	355

Tabel 5. Emisi gas pada pembukaan katup 3(**B-3**)

Emisi gas	Prosentase O/S			
	0%	25%	50%	75%
CO (ppm)	100	150	200	250
NOx (ppm)	50	60	70	80
SO ₂ (ppm)	10	20	30	40
CO ₂ (g/kWh)	250	263	276	290
HC (ppm)	189	251	300	350

emisi CO yang tinggi. Emisi NO₂ dapat bervariasi tergantung pada suhu pembakaran dan kandungan nitrogen dalam bahan bakar. Pembakaran oli mesin bekas biasanya menghasilkan emisi NO₂ yang lebih tinggi karena suhu pembakaran yang lebih tinggi. Oli mesin bekas sering mengandung sulfur dalam jumlah yang lebih tinggi dibandingkan solar, sehingga pembakarannya dapat menghasilkan lebih banyak SO₂. Peningkatan persentase oli mesin bekas dalam campuran solar cenderung meningkatkan emisi gas CO₂. Hal ini dapat disebabkan oleh kandungan karbon yang lebih tinggi dalam oli mesin bekas dibandingkan dengan solar murni. Meskipun peningkatan emisi CO₂ tampak relatif kecil dalam penelitian ini, penggunaan oli mesin bekas sebagai bahan bakar harus dikelola dengan baik untuk meminimalkan dampak lingkungan. Emisi HC dari pembakaran oli mesin bekas bisa lebih tinggi karena adanya senyawa organik kompleks dalam oli mesin bekas.

IV. KESIMPULAN

Penelitian eksperimental yang dilakukan untuk mengevaluasi performa pembakaran campuran oli mesin bekas dan solar dalam tungku vertikal telah dilakukan dan berikut adalah beberapa kesimpulan penting dari studi ini:

1. Penambahan 25% oli mesin bekas ke dalam campuran solar cenderung meningkatkan temperature secara signifikan dibandingkan dengan pembakaran solar murni.
2. Tinggi nyala api tertinggi dicapai pada campuran 25% O/S, tetapi setelah campuran tersebut tinggi api mulai menurun dengan peningkatan persentase oli mesin bekas dalam solar.
3. Pembakaran pencampuran oli mesin bekas dan solar menghasilkan peningkatan emisi gas berbahaya dibandingkan dengan pembakaran solar murni.
4. Perlu dilakukan perlakuan khusus dalam menangani emisi gas yang dihasilkan dari pembakaran oli mesin bekas ini, seperti pemanasan campuran dan teknik pemurnian kimiawi lainnya untuk mendapatkan kualitas yang lebih baik dan lebih ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Salman, "ESG Sustainability Reporting - Sustainability Report Example BioEnergy Consult ESG Sustainability Reporting - Sustainability," pp. 1–7, 2022, [Online]. Available: <https://www.bioenergyconsult.com/biomass-energy-resources-in-indonesia/>
- [2] A. Jhalani, D. Sharma, S. L. Soni, and P. K. Sharma, "Effects of process parameters on performance and emissions of a water-emulsified diesel-fueled compression ignition engine," *Energy Sources, Part A Recover. Util. Environ. Eff.*, vol. 00, no. 00, pp. 1–13, 2019, doi: 10.1080/15567036.2019.1669739.
- [3] E. Zhank, S. Lii, C. B. Chan, C. Liang, and F. Sghenn, "Environmental Impact of Waste Oil Utilization as Fuel in Combustion Systems," *Int. J. Environ. Res.*, vol. 2, pp. 245–258, 2022.
- [4] D. Đorđić, M. Milotić, Z. Čurguz, S. Đurić, and T. Đurić, "Experimental testing of combustion parameters and emissions of waste motor oil and its diesel mixtures," *Energies*, vol. 14, no. 18, 2021, doi: 10.3390/en14185950.
- [5] L. K. Mangalla and H. Enomoto, "A Novel Analysis on Ethanol Droplets Heated by Electromagnetic Energy," *Lect. Notes Mech. Eng.*, pp. 353–366, 2021, doi: 10.1007/978-981-16-0736-3_34.
- [6] S. Prasanna Raj Yadav, C. G. Saravanan, S. Karthick, K. Senthilnathan, and A. Gnanaprakash, "Fundamental droplet evaporation and engine application studies of an alternate fuel produced from waste transformer oil," *Fuel*, vol. 259, no. September 2019, p. 116253, 2020, doi: 10.1016/j.fuel.2019.116253.
- [7] B. S. Luka, R. I. Ejilah, S. C. Owbor, J. A. Japhet, T. K. Ibrahim, and P. O. Udom, "Effect of Diesel Fuel Blend on Flame and Emission Characteristics of Used Engine Oil as Heating Fuel Using Swirl Waste Oil Burner," *Environ. Clim. Technol.*, vol. 24, no. 1, pp. 545–561, 2020, doi: 10.2478/rtuect-2020-0034.
- [8] P. Basu, *Biomass Gasification, Pyrolysis and Torrefaction: Practical Design and Theory*. 2013. doi: 10.1016/C2011-0-07564-6.
- [9] L. K. Mangalla et al., "Experimental Study on the Performance Characteristics of a Microwave - Solar Heating Dryer," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 797, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/797/1/012017.
- [10] A. G. Abdul Jameel, C. Dahiphale, A. B. S. Alquaity, U. Zahid, and S. Jayanti, "Numerical Simulation of Coal Combustion in a Tangential Pulverized Boiler: Effect of Burner Vertical Tilt Angle," *Arab. J. Sci. Eng.*, vol. 47, no. 5, pp. 5647–5660, 2022, doi: 10.1007/s13369-021-05613-8.
- [11] S. T. Poyonov and S. M. Turabdjano, "Study Of Methods For Developing Waste Lubricant," *Tech. Sci. Innov.*, vol. 2022, no. 1, 2022.
- [12] B. Prabakaran and Z. T. Zachariah, "Production of fuel from waste engine oil and study of performance and emission characteristics in a diesel engine," *Int. J. ChemTech Res.*, vol. 9, no. 5, pp. 474–481, 2016.
- [13] İ. A. Reşitoğlu and A. Keskin, "The Effect of Biodiesel Derived from Waste Oil on Engine Performance and Emission Characteristics," *J. Environ. Sci. Stud.*, vol. 1, no. 1, p. 55, 2018, doi: 10.20849/jess.v1i1.432.
- [14] R. Ahmad, N. Mohammad, and A. Khan, "Pilot Study for Investigating the Status of Used Engine Oil , Its Reuse and Recycling in Peshawar Pilot Study for Investigating the Status of Used Engine Oil , Its Reuse and Recycling in Peshawar," *J. Sc. Tech., Univ. Peshawar*, 2012, 36 (1&2), 37-48. *Pilot Study Investig. Status Used Engine*, vol. 36 (1&2), no. February, pp. 37–48, 2012.
- [15] A. Ghurri, S. G. Tista, and I. N. Suparta, "Karakteristik Campuran Solar dan Hasil Daur Ulang Oli Bekas sebagai Bahan Bakar Mesin Diesel," *Mechanical*, vol. 8, no. 2, p. 67, 2018, doi: 10.23960/mech.v8.i2.201710.