

Distribusi Ukuran Droplet Bahan Bakar Minyak Jelantah Sepanjang Region Semburan Nosel Seberhana

I K.G. Wirawan*, Ainul Ghurri, W. N. Septiadi
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Udayana
Kampus Bukit Jimbaran Badung 80361
Email : ikgwirawan@unud.ac.id

Abstract

Biodiesel is environmentally friendly fuel because it is a energy source of clean and renewable. The use of waste cooking oil (WCO) as a raw material for biodiesel is increasing because of its abundant availability, safe to store, and easy to handle. Fuel sprays are used in the combustion process for the purpose of obtaining energy and power. Low viscosity and high injection pressure will result in small droplet diameter, large spray angle and formation approaching homogeneous mixture during combustion. The purpose of this paper is to investigate the effect of injection pressure and preheating temperature on the characteristics of the droplet spray region. WCO as a research material is taken from hotels and restaurants in Bali. It is collected by the Lengis Hijau Foundation. Experiment begins by putting WCO into a tube through a fuel intake. Pressurized air is injected into the tube. The valve is opened slowly so that the WCO flows through the pipe line to the spiral pre-heater at a temperature of 350°C and a pressure of 3 bar. Furthermore, WCO flows into the main body and spray at the tip of the nozzle. This WCO spray was captured using a camera. This experiment was repeated with pressure and temperature respectively 4, 5 bar and 360, 370, 380, 390°C. The results of this study is the distance of the nozzle spray farther, then the average size of the droplets obtained getting smaller. The increase in pressure causes a decrease in average droplet size. It is obtained at 360 °C and 5 bar respectively.

Keywords: waste cooking oil, nozzle spray, droplet size

Abstrak

Biodiesel adalah bahan bakar ramah lingkungan karena merupakan sumber energi bersih dan terbarukan. Pemakaian minyak jelantah (waste cooking oil / WCO) sebagai bahan baku biodiesel terus meningkat karena ketersediannya berlimpah, aman untuk disimpan, dan mudah ditangani. Semburan bahan bakar digunakan dalam proses pembakaran untuk tujuan mendapatkan energi dan tenaga. Viskositas rendah dan tekanan injeksi tinggi akan dihasilkan diameter droplet kecil, sudut kerucut semburan besar dan pembentukan mendekati campuran homogen selama pembakaran. Tujuan dari makalah ini adalah untuk mengetahui pengaruh tekanan injeksi dan temperatur pemanasan awal dengan terhadap karakteristik daerah semburan droplet. Minyak jelantah sebagai bahan penelitian diambil dari hotel dan restoran yang ada di Bali. Minyak ini dikumpulkan oleh Yayasan Lengis Hijau. Percobaan diawali dengan memasukkan minyak jelantah ke tabung melalui fuel intake. Udara bertekanan diinjeksikan ke dalam tabung. Katup dibuka perlahan sehingga minyak jelantah mengalir melalui pipe line menuju pemanas awal berbentuk spiral pada temperatur 350°C dan tekanan 3 bar. Selanjutnya minyak jelantah mengalir menuju main body dan menyembur di ujung nosel. Semburan WCO ini ditangkap menggunakan kamera. Percobaan ini diulang dengan tekanan dan temperatur masing-masing 4, 5 bar dan 360, 370, 380, 390°C. Hasil dari penelitian ini adalah jarak semburan nosel semakin jauh, maka ukuran rata-rata droplet yang didapat semakin kecil. Kenaikan tekanan menyebabkan penurunan ukuran rata-rata droplet. Ukuran rata-rata droplet minimal didapat masing-masing pada temperatur 360°C dan tekanan 5 bar.

Keywords: minyak jelantah, semburan nosel, ukuran droplet

PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk dan ekonomi membutuhkan lebih banyak energi maupun sumber daya alam. Isu lingkungan dan ketersediaan bahan bakar fosil telah mendorong penelitian tentang bahan bakar alternatif seperti biodiesel. Biodiesel sebagai sumber energi terbarukan terus menjadi penelitian untuk mencapai ekonomi energi

berkelanjutan

sekalius mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil. Selain itu, permintaan biodiesel di seluruh dunia sebagai bahan bakar alternatif semakin meningkat akibat krisis sumber energi.

Biodiesel adalah bahan bakar ramah lingkungan, yang merupakan salah satu sumber energi bersih dan terbarukan. Bahan bakar biodiesel biasanya terbuat dari reaksi transesterifikasi minyak

hewan [1] atau minyak nabati [2]. Kandungan oksigen dalam biodiesel sebesar 10.8% [3] yang menghasilkan perbaikan proses pembakaran dan pengurangan emisi dari pembakaran diesel [4]. Pemanfaatan minyak jelantah (waste cooking oil / WCO) sebagai bahan baku biodiesel meningkat terutama karena WCO ketersediannya berlimpah, aman untuk disimpan, mudah ditangani dan terbarukan. Kandungan belerang biodiesel WCO dapat diabaikan dibandingkan dengan diesel yang menghasilkan lebih sedikit kemungkinan hujan asam yang disebabkan oleh emisi sulfur dioksida [5], [6], [7].

Selain itu, WCO bisa dijadikan biodiesel melalui proses transesterifikasi trigliserida dengan metanol dan menggunakan katalis tanah liat [8]. Produk dari proses ini dikenal dengan nama fatty acids methyl-esters (FAME). Studi yang dilakukan pada FAME [9], [10], [11] menunjukkan hasil yang menjanjikan dibandingkan dengan bahan bakar diesel berdasarkan kinerja mesin dan emisi masing-masing. Namun, FAME lebih mahal dari pada WCO karena pengolahan kimia dan mekaniknya. Minat WCO sebagai pengganti diesel berasal dari proses produksi yang sederhana, yang membuatnya lebih murah dari pada FAME.

Semburan bahan bakar biasanya digunakan dalam proses pembakaran untuk tujuan mendapatkan energi dan tenaga. Sementara itu, nosel *effervescent* bahan bakar dan bahan bakar memainkan peran penting dalam atomisasi semburan dan pembentukan campuran bahan bakar udara untuk meningkatkan kinerja pembakaran, dan mengurangi beberapa produk polutan [12]. Selain itu, banyak penyelidikan telah dilakukan secara eksperimen dan numerik terhadap pembakaran dengan menggunakan biodiesel emisi. Namun, studi terperinci tentang karakteristik semburan jarang ditemukan dalam literatur untuk biodiesel [13] dan bahan bakar multi komponen [14].

Kecepatan droplet yang dikondisikan pada ukurannya dievaluasi dan menunjukkan droplet yang lebih besar umumnya memiliki komponen kecepatan rata-rata dan fluktuasi yang lebih rendah daripada droplet ukuran yang lebih kecil. [15]. Selain itu, viskositas rendah dan tekanan injeksi tinggi mengurangi diameter droplet, meningkatkan sudut kerucut semburan dan mendekati pembentukan campuran homogeny selama pembakaran [16]. Oleh karena itu, tujuan dari makalah ini adalah untuk mengetahui pengaruh tekanan injeksi dengan memperhatikan pembentukan campuran semburan melalui karakteristik daerah semburan sepanjang aliran.

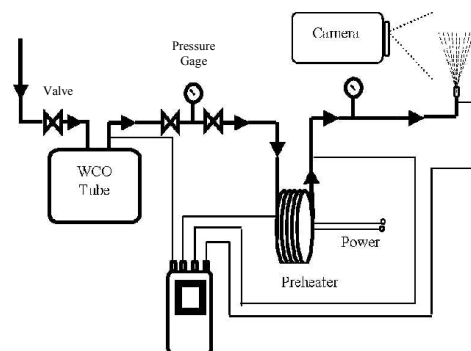
MATERIAL DAN METODE

Bahan yang digunakan minyak jelantah yang diambil dari hotel dan restoran yang ada di Bali. Minyak jelantah dikumpulkan oleh Yayasan Lengis Hijau. Pengujian komposisi minyak dilakukan di Laboratorium Pengujian dan Penelitian Terpadu Universitas Gajahmada dengan komposisi seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Prosentase kandungan minyak jelantah

No	Content	Percentage (%)
1	Methyl Laurate	0.24
2	Methyl Tetradecanoate	0.89
3	Methyl Palmitate	0.61
4	Methyl Palmitoleate	34.84
5	Cis-10-Heptadecenoic Methyl Ester	0.57
6	Lenolelaidic Acid Methyl Ester	56.31
7	Methyl Lenoleate	4.34
8	Methyl Aracehidate	0.77
9	Gamma-lenolenic Acid Methyl Ester	0.15
10	Methyl Cis-11-eicocenoate	0.31
11	Cis-11-14-eicosadienoic Acid Methyl Ester	0.34
12	Methyl Docosanoate	0.43
13	Methyl Cis-5-8-11-14-17-Eicosapentaenoate	0.09
14	Other	0.11

Percobaan diawali dengan memasukkan minyak jelantah ke tabung melalui *fuel intake*. Udara bertekanan masuk ke dalam tabung menggunakan kompresor dan besaran tekanannya 3 bar seperti pada Gambar 1. Katup dibuka pelan-pelan sehingga minyak jelantah bertekanan mengalir melalui *pipe line* menuju pemanas awal berbetuk spiral. Temperatur preheater di *setting* 350°C. Selanjutnya minyak jelantah mengalir menuju *main body nozzle*. Semburan injeksi nosel *dicapture* menggunakan kamera. Percobaan yang sama diulangi menggunakan tekanan 4, 5 bar dan temperatur 360, 370, 380, 390 °C.

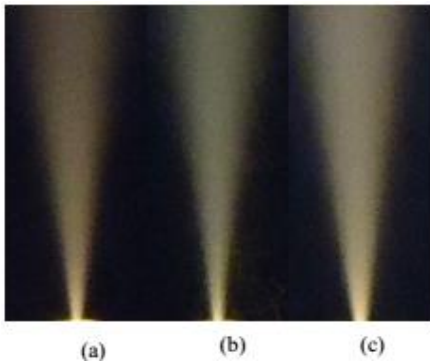


Gambar 1 Setup alat eksperimen

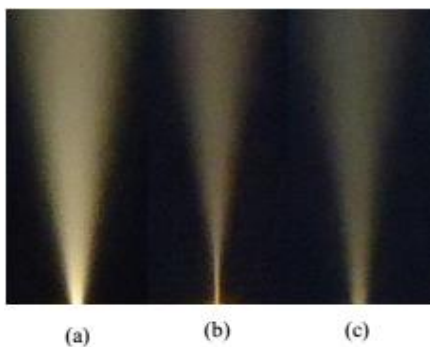
HASIL DAN PEMBAHASAN

Minyak jelantah memiliki rantai panjang asam lemak dan rentan terhadap oksidasi, sehingga meningkatkan viskositas dan mengubah fisik dan kimia minyak jelantah [17]. Untuk menurunkan viskositas tersebut maka dilakukan pemanasan awal pada pipa tembaga spiral yang dialiri oleh minyak jelantah. Ketika temperatur preheater ditingkatkan maka viskositas minyak jelantah menurun. WCO diberi tekanan menyebabkan cairan WCO diubah menjadi lembaran tipis membentuk ikatan ligamen yang selanjutnya pecah menjadi semburan droplet.

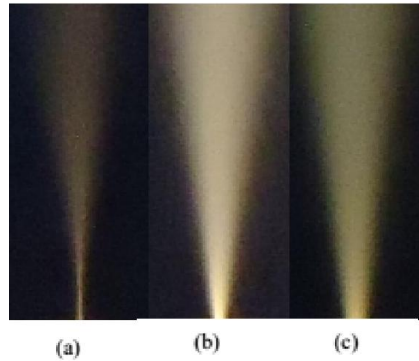
Software imageJ digunakan untuk menganalisis hasil foto. Tahapannya adalah (i) File > open > photo, (ii) Image > type 8 bit > crop 180 x 400 pixels > duplicate > tekan "Enter" (iii) Analyze > set scale > distance in pixel 73 > know distance 6840 pm > scale 0.0107pixel/ pm, (iv) Image > crop 7x7 pixels (430192.231 pm²) > duplicate (v) Analyze > measurement > result > tekan "Enter" (vi) crop 7x7 pixels dilakukan sebanyak 10 kali berurutan pada tekanan 3,4, dan 5 bar. Hasil foto 180 x 400 pixels ditampilkan seperti Gambar 2, 3, 4, 5 dan 6



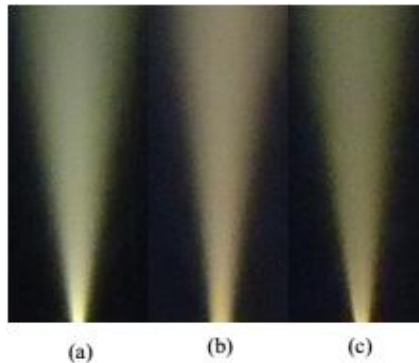
Gambar 2. Temperatur pemanasan awal 350°C pada (a) 3 bar, (b) 4 bar, (c) 5 bar



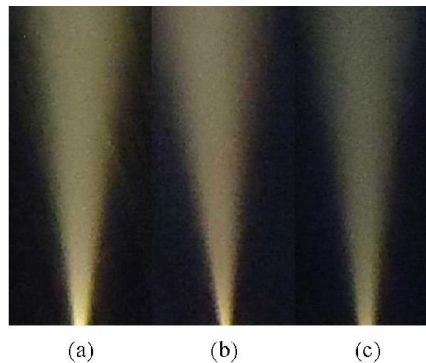
Gambar 3. Temperatur pemanasan awal 360°C pada (a) 3 bar, (b) 4 bar, (c) 5 bar



Gambar 4. Temperatur pemanasan awal 370°C pada (a) 3 bar, (b) 4 bar, (c) 5 bar



Gambar 5 Temperatur pemanasan awal 380°C pada (a) 3 bar, (b) 4 bar, (c) 5 bar



Gambar 6 Temperatur pemanasan awal 390°C pada (a) 3 bar, (b) 4 bar, (c) 5 bar

Proses selanjutnya dilakukan analisis partikel untuk mendapatkan ukuran droplet rata-rata dengan hasil pada tabel 2, 3, 4, 5 dan 6

Tabel 2 Ukuran droplet rata-rata pada temperatur 350°C

No	Jarak dari ujung nosel (μm)	Ukuran droplet rata-rata (μm)		
		Tekanan 3 bar	Tekanan 4 bar	Tekanan 5 bar
1	7308.47	164.143	113.184	139.122
2	8245.46	160.163	117.388	135.429
3	9276.14	155.918	109.531	131.571
4	10306.83	152.143	108.408	130.429
5	11243.81	151.367	106.796	128.857
6	12274.5	147.204	106.041	126.388
7	13305.18	145.102	106.143	125.061
8	14242.17	142.755	103.633	124.633
9	15272.85	143.551	105.306	124.653
10	16303.54	141.612	101.776	122.776

Tabel 3. Ukuran droplet rata-rata pada temperatur 360°C

No	Jarak dari ujung nosel (μm)	Ukuran droplet rata-rata (pm)		
		Tekanan 3 bar	Tekanan 4 bar	Tekanan 5 bar
1	7308.47	164.143	100.551	79.429
2	8245.46	160.163	98.224	80.510
3	9276.14	155.918	95.551	79.224
4	10306.83	152.143	97.082	76.816
5	11243.81	151.367	95.816	75.122
6	12274.50	147.204	94.714	71.837
7	13305.18	145.102	88.816	74.020
8	14242.17	142.755	86.510	74.306
9	15272.85	143.551	88.408	74.184
10	16303.54	141.612	89.122	73.857

Tabel 4. Ukuran droplet rata-rata pada temperatur 370oC

No	Jarak dari ujung nosel (μm)	Ukuran droplet rata-rata (pm)		
		Tekanan 3 bar	Tekanan 4 bar	Tekanan 5 bar
1	7308.47	124.67	185.39	123.76
2	8245.46	119.43	181.00	118.57
3	9276.14	117.71	178.00	117.06
4	10306.83	116.29	175.63	115.39
5	11243.81	116.45	172.55	115.00
6	12274.5	112.45	170.82	113.41
7	13305.18	111.29	168.10	110.35
8	14242.17	109.47	169.00	110.49
9	15272.85	110.61	165.98	109.14
10	16303.54	110.06	165.02	108.53

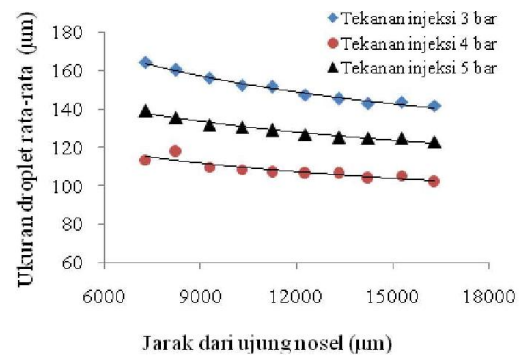
Tabel 5. Ukuran droplet rata-rata pada temperatur 380°C

No	Jarak dari ujung nosel (μm)	Ukuran droplet rata-rata (pm)		
		Tekanan 3 bar	Tekanan 4 bar	Tekanan 5 bar
1	7308.47	166.57	144.98	120.82
2	8245.46	162.51	143.51	119.39
3	9276.14	157.82	141.82	118.27
4	10306.83	153.47	139.16	114.63
5	11243.81	151.02	137.53	112.96
6	12274.50	148.82	136.10	111.29
7	13305.18	146.41	134.71	110.53
8	14242.17	146.14	131.51	111.00
9	15272.85	143.31	131.20	109.94
10	16303.54	145.55	131.06	108.65

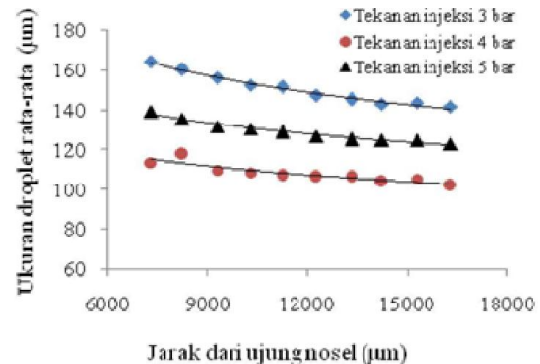
Tabel 6. Ukuran droplet rata-rata pada temperatur 390°C

No	Jarak dari ujung nosel (μm)	Ukuran droplet rata-rata (pm)		
		Tekanan 3 bar	Tekanan 4 bar	Tekanan 5 bar
1	7308.47	140.204	114.531	93.143
2	8245.46	133.755	113.571	90.286
3	9276.14	131.102	113.061	89.224
4	10306.83	126.776	110.265	88.449
5	11243.81	123.122	109.592	87.367
6	12274.5	121.469	110.653	86.245
7	13305.18	119.857	108.776	86.857
8	14242.17	118.837	106.49	85.02
9	15272.85	118.571	105.041	82.918
10	16303.54	115.755	105.327	86.551

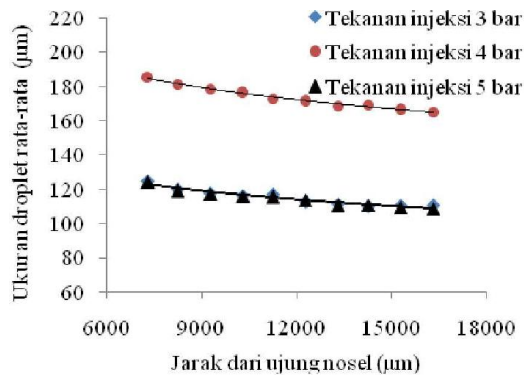
Hasil pengolahan data disajikan dalam grafik berupa ukuran droplet rata-rata pada variasi tekanan, seperti yang ditunjukkan gambar 7,8,9,10 dan 11..



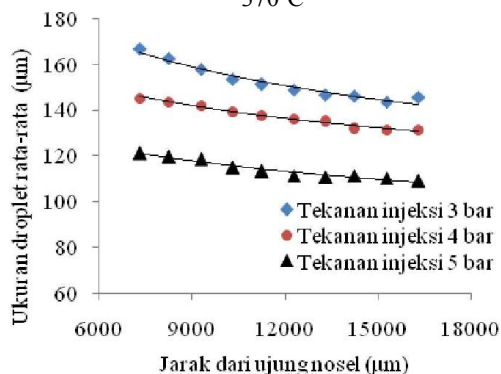
Gambar 7. ukuran droplet rata-rata pada temperatur 350°C



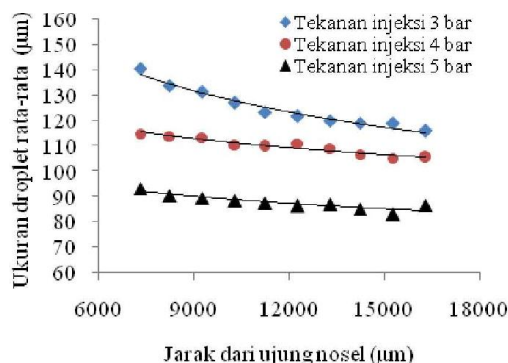
Gambar 8. ukuran droplet rata-rata pada temperatur 360°C



Gambar 9. ukuran droplet rata-rata pada temperatur 370°C



Gambar 10. ukuran droplet rata-rata pada temperatur 380°C



Gambar 11. ukuran droplet rata-rata pada temperatur 390°C

KESIMPULAN

Lintasan sepanjang semburan dari ujung nosel mempengaruhi ukuran droplet. Semakin jauh dari ujung nosel maka ukuran droplet semakin kecil.

Kenaikan tekanan injeksi mengakibatkan ukuran droplet mengecil. Ukuran rata-rata droplet

minimal didapat pada temperatur 360°C dan tekanan 5 bar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didukung oleh Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat DIKTI dengan kontrak nomor: 415.64 / Un14.4.A / PI / 2017 melalui Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM), Universitas Udayana Bali, Indonesia. Ucapan terima kasih juga diberikan kepada Yoga Junaya dari Jurusan Teknik Mesin, Universitas Udayana.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hemmat, Y., Ghobadian, B., Loghavi, M., Kamgar, S. and Fayyazi, E., 2013. Biodiesel fuel production from residual animal fat as an inedible and inexpensive feedstock. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 5(1), pp.84-91.
- [2] Keera, S.T., El Sabagh, S.M. and Taman, A.R., 2011. Transesterification of vegetable oil to biodiesel fuel using alkaline catalyst. *Fuel*, 90(1), pp.42-47.
- [3] Qu, L., Wang, Z. and Zhang, J., 2016. Influence of waste cooking oil biodiesel on oxidation reactivity and nanostructure of particulate matter from diesel engine. *Fuel*, 181, pp.389-395.
- [4] Yatsufusa, T., Kidoguchi, Y. and Nakagawa, D., 2014. Improvement of emissions and burning limits in burner combustion using an injector on the concept of fuel-water internally rapid mixing. *Journal of Energy and Power Engineering*, 8(1), p.11-19.
- [5] Yunus, N.B.M., Roslan, N.A.B., Yee, C.S. and Abidin, S.Z., 2016. Esterification of Free Fatty Acid in Used Cooking Oil Using Gelular Exchange Resin as Catalysts. *Procedia Engineering*, 148, pp.1274-1281.
- [6] da Silva, M.A.V., Ferreira, B.L.G., da Costa Marques, L.G., Murta, A.L.S. and de Freitas, M.A.V., 2017. Comparative study of NOx emissions of biodiesel-diesel blends from soybean, palm and waste frying oils using methyl and ethyl transesterification routes. *Fuel*, 194, pp.144-156.
- [7] Attia, A.M. and Hassaneen, A.E., 2016. Influence of diesel fuel blended with biodiesel produced from waste cooking oil on diesel engine performance. *Fuel*, 167, pp.316-328.
- [8] Olutoye, M.A. and Hameed, B.H., 2013. A highly active clay-based catalyst for the synthesis of fatty acid methyl ester from waste cooking palm oil. *Applied Catalysis A: General*, 450, pp.57-62.
- [9] Luu, P.D., Takenaka, N., Van Luu, B., Pham,

- L.N., Imamura, K. and Maeda, Y., 2014. Co-solvent method produce biodiesel from waste cooking oil with small pilot plant. *Energy Procedia*, 61, pp.2822-2832.
- [9] Daramola, M.O., Mtshali, K., Senokoane, L. and Fayemiwo, O.M., 2016. Influence of operating variables on the transesterification of waste cooking oil to biodiesel over sodium silicate catalyst: A statistical approach. *Journal of Taibah University for Science*, 10(5), pp.675-684.
- [10] Ali, C.H., Qureshi, A.S., Mbadinga, S.M., Liu, J.F., Yang, S.Z. and Mu, B.Z., 2017. Biodiesel production from waste cooking oil using onsite produced purified lipase from *Pseudomonas aeruginosa* FW_SH-1: Central composite design approach. *Renewable Energy*, 109, pp.93-100.
- [11] Ozsezen, A.N. and Canakci, M., 2011. Determination of performance and combustion characteristics of a diesel engine fueled with canola and waste palm oil methyl esters. *Energy Conversion and Management*, 52(1), pp.108-116.
- [12] Xie, H., Song, L., Xie, Y., Pi, D., Shao, C. and Lin, Q., 2015. An experimental study on the macroscopic spray characteristics of biodiesel and diesel in a constant volume chamber. *Energies*, 8(6), pp.5952-5972.
- [13] Wang, C., Dean, A.M., Zhu, H. and Kee, R.J., 2013. The effects of multicomponent fuel droplet evaporation on the kinetics of strained opposed flow diffusion flames. *Combustion and Flame*, 160(2), pp.265-275.
- [14] Kariuki, J. and Mastorakos, E., 2017. Experimental investigation of turbulent flames in uniform dispersions of ethanol droplets. *Combustion and Flame*, 179, pp.95-116.
- [15] Puhan, S., Gopinath, A. and Nagarajan, G., 2009. Combustion, performance and emission characteristics of a DI CI engine using biodiesel with varied fatty acid composition. *International Journal of Renewable Energy Technology*, 1(1), pp.81-100.
- [16] Avase, S.A., Srivastava, S., Vishal, K., Ashok, H.V. and Varghese, G., 2015. Effect of pyrogallol as an antioxidant on the performance and emission characteristics of biodiesel derived from waste cooking oil. *Procedia Earth and Planetary Science*, 11, pp.437-444.