

# Study of *Spray* Characteristic on Biodiesel Mixture Variation

Dwika Budianto<sup>1\*</sup>, Ilham Arnif<sup>2</sup>, dan Cahyadi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Balai Besar Teknologi Konversi Energi, BPPT

<sup>2</sup>Balai Besar Teknologi Konversi Energi, BPPT

<sup>3</sup>Balai Besar Teknologi Konversi Energi, BPPT

\*corresponding author: dwika.budianto@bppt.go.id

**Abstract.** *The characteristics of the spray on variations of biodiesel mixture has been investigated on the burner nozzle capacity of 10 kg / hour. There are 4 variations of the fuel samples tested in the spray test include: HSD (B0), 10% biodiesel (B10), 20% biodiesel (B20), 30% biodiesel (B30) and 100% biodiesel (B100). The parameters to be analyzed are the length and the angle of spray at a pressure of 1 MPa for each test sample. Visual data capture and recording are carried out with the camera at the same ratio to getting representative test data on length and angle of the spray. Visual data analysis results are used to determine the parameters of the spray nozzle characteristics. Based on the results of the analysis shows that more of the biodiesel mixture composition, the angle of spray tends narrower and the length of spray more further. The angle of spray for each sample B0, B10, B20, B30 and B100 is 52o, 48o, 46o, 43o, 41o, whereas the length of the spray is 20 cm, 23 cm, 25 cm, 27 cm, 30 cm, respectively. The results of the four variations of the test sample show a linear distribution of results and in line with the increasing biodiesel composition.*

**Key words:** *characteristic, spray, nozzle, biodiesel, length, angle*

**Abstrak.** Pengujian karakteristik pengabutan (*spray*) terhadap variasi campuran biodiesel telah dilakukan pada *nozzle* burner kapasitas 10 kg/jam. Ada 4 variasi sampel uji bahan bakar yang dites dalam uji *spray* antara lain: parameter uji karakteristik *spray* yang akan dianalisis adalah panjang jarak pengabutan serta sudut pengabutan pada tekanan 1 MPa terhadap masing-masing sampel uji. Untuk mendapatkan data uji yang representatif mengenai besarnya sudut & jarak pengabutan, dilakukan pengambilan dan perekaman data visual dengan kamera pada rasio yang sama. Hasil analisis data visual digunakan untuk menentukan parameter karakteristik *spray nozzle*. Berdasarkan hasil analisis menunjukkan bahwa semakin besar kandungan campuran biodiesel maka besar sudut pengabutan semakin sempit dan jarak pengabutan semakin jauh. Besarnya sudut penyemprotan pada masing-masing sampel B0, B10, B20, B30 dan B100 adalah 52°, 48°, 46°, 43°, 41°, sedangkan panjang jarak *spray* masing-masing sebesar 20 cm, 23 cm, 25 cm, 27 cm, 30 cm. Hasil dari ke 4 variasi sampel uji menunjukkan distribusi hasil yang linier dan sejalan dengan meningkatnya komposisi biodiesel.

**Kata kunci:** karakteristik, *spray*, *nozzle*, biodiesel, panjang, sudut

© 2019. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

## Pendahuluan

Pemerintah mendorong melakukan percepatan penggunaan biodiesel dengan memperluas penggunaan biodiesel di semua sektor. Jika selama ini penggunaan biodiesel hanya ditekankan pada sektor transportasi, kedepannya Pemerintah mewajibkan semua perusahaan baik industri menengah hingga

besar, perusahaan tambang hingga pembangkit listrik menggunakan Biodiesel. Dalam PERMEN ESDM no. 41 tahun 2018 tentang “Penyediaan dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati Jenis Biodiesel dalam Kerangka Pembiayaan oleh Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit” menetapkan semua Badan Usaha wajib melakukan pencampuran

Bahan Bakar Nabati (BBN) jenis Biodiesel dengan BBM jenis minyak solar sesuai dengan kewajiban minimal pemanfaatan BBN jenis Biodiesel [1,2].

Penelitian ini dilatar belakangi oleh beberapa permasalahan terkait dengan penggunaan biodiesel B20 terhadap burner sistem pemanas pembangkit listrik. Setelah distribusi BBM solar B20 masuk kedalam tangki timbun pembangkit, sistem burner mengalami kendala terhadap operasi start up. Untuk menginvestigasi kasus tersebut maka perlu untuk melakukan uji karakterisasi terhadap sampel bahan bakar, uji *spray* dan uji penyalaan untuk melihat seberapa besar pengaruhnya terhadap kegagalan start up burner.





Dalam penelitian ini akan difokuskan untuk mengevaluasi pengaruh karakteristik penyemprotan *nozzle* terhadap variasi campuran biodiesel pada system burner. Kegiatan ini bertujuan untuk uji penyalaan untuk melihat seberapa besar pengaruhnya terhadap kegagalan start up burner.

Dalam penelitian ini akan difokuskan untuk mengevaluasi pengaruh karakteristik penyemprotan *nozzle* terhadap variasi campuran biodiesel pada sistem burner. Kegiatan ini bertujuan untuk mendapatkan karakteristik profil penyemprotan terhadap *nozzle* saat menggunakan beberapa variasi biodiesel tanpa proses sistem penyalaan.

Biodiesel cenderung memiliki densitas dan viskositas yang lebih besar dibanding dengan solar, akan tetapi kontras dengan nilai kalor (LHV) yang cenderung turun. Dengan kondisi sifat fisik tersebut, tentu saat proses penginjeksian bertekanan pada *nozzle* berdampak terhadap sudut penyemprotan, jarak penyemprotan, serta ukuran butiran droplet.

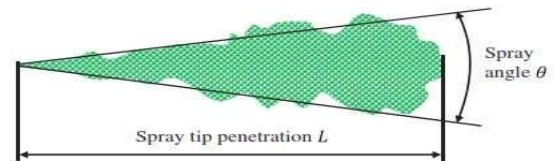
Dalam beberapa penelitian mengenai pola karakteristik penyemprotan *nozzle* dan simulasi pembakaran biodiesel telah banyak dilakukan. Pada penelitian Bhele SK dkk, melakukan penelitian terhadap karakteristik pembakaran biodiesel yang berbahan dasar minyak jarak serta variasi campuran B25, B50, B100 dalam *nozzle* gas turbin [3]. Hasil eksperimennya menunjukkan bahwa minyak solar (HSD) cenderung memiliki panjang semprotan yang lebih pendek dan sudut *spray* yang lebih lebar dibanding dengan campuran biodiesel [3]. Gambar detail hasil eksperimen mengenai karakteristik *spray nozzle* serta

simulasi pembakaran *nozzle* ditunjukkan dalam gambar 1.

Fuels	Diesel	B25	B50	B100
Spray Structure				
Spray length	95 cm	99cm	99.8 cm	105 cm
Cone angle	23°	21.5°	19°	17.5°

**Gambar 1.** Karakteristik Panjang dan sudut derajat penyemprotan pada variasi campuran biodiesel (minyak jarak) [3]

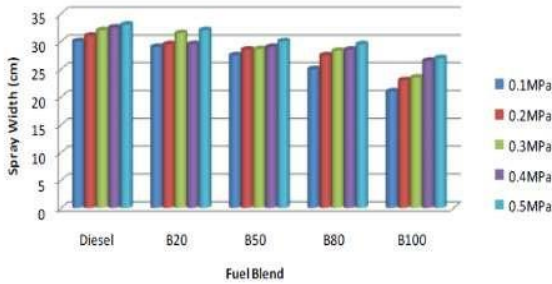
Sudut penyemprotan (*spray angle*) atau *spray cone angle* merupakan unsur penting dalam menentukan analisis *spray*. Sudut penyemprotan ditentukan sebagai sudut pembentukan kerucut dari likuid droplet yang keluar dari orifice *nozzle*. Berdasarkan penelitian menyebutkan bahwa biodiesel menghasilkan sudut penyemprotan *spray* yang lebih sempit dibandingkan dengan solar/ diesel fuel. Sudut *spray* juga semakin berkurang seiring dengan semakin besar campuran biodieselnnya.



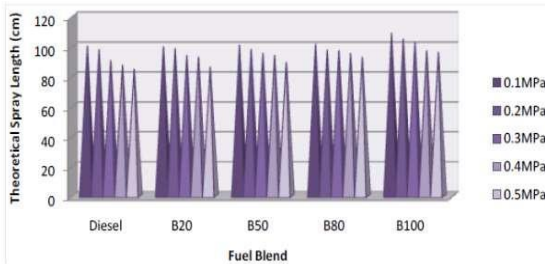
**Gambar 2.** Sudut dan jarak penyemprotan *nozzle* orifice [5]

Penelitian Ee Sann Tan dkk mengenai studi karakteristik atomisasi pada campuran variasi biodiesel untuk gas turbin, melakukan kajian terhadap biodiesel berbahan dasar dari limbah minyak goreng (waste cooking oil) dengan variasi bahan bakar Diesel 100%, B20, B50, B80 dan B100 [4]. Dalam penelitiannya menjelaskan bahwa dari hasil atomisasi *spray nozzle* didapatkan beberapa parameter karakteristik *spray* antara lain *spray cone angle*, *spray width* & *sauter mean diameter (SMD)*. Berdasarkan hasil penelitiannya yang dijelaskan dalam gambar 3 mengenai korelasi hasil lebar penyemprotan *nozzle* dan variasi tekanan pada variasi campuran biodiesel menunjukkan bahwa pada kondisi tekanan yang sama, semakin

besar campuran biodiesel maka semakin kecil lebar penyemprotan *nozzlenya*.



**Gambar 3.** Hasil lebar penyemprotan *nozzle* (*spray width*) pada variasi campuran biodiesel serta variasi tekanan *nozzle* [4]

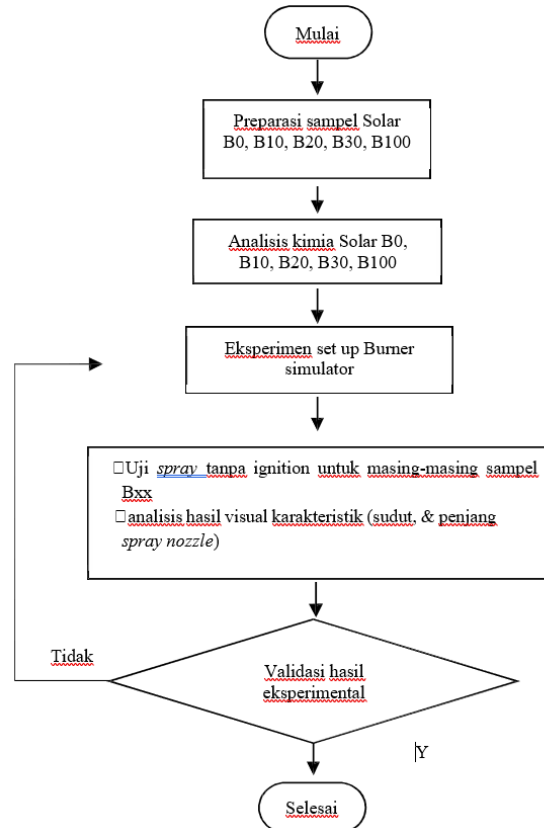


**Gambar 4.** Panjang *spray* dari campuran biodiesel saat diinjeksikan dengan berbagai variasi tekanan

Hal ini berlaku juga terhadap panjang jarak semprotan, dimana pada tekanan yang sama pada variasi campuran biodiesel, semakin besar campuran biodiesel maka semakin panjang jarak penyemprotannya. Hasil panjang jarak penyemprotan pada variasi campuran biodiesel dan variasi tekanan dijelaskan dalam gambar 4. Kegl & Ilesnik juga melakukan penelitian tentang karakteristik *spray* secara macroscopic dan microscopic serta modeling pada injector mesin diesel terhadap mineral diesel dan biodiesel pada pressure 4 & 6 MPa [5]. Mohan dkk menganalisis parameter sudut *spray*, velocity *spray* dan morfologi *spray* pada variasi biodiesel turunan dari limbah minyak goreng yang dilakukan dengan injeksi tekanan tinggi pada constant chamber [6]. Agarwal dkk menyelidiki pengaruh tekanan injeksi dan waktu injeksi terhadap karakteristik macroscopic *spray* pada CI engine silinder tunggal yang dilengkapi dengan teknologi common rail direct injection system [7]. Bohl dkk mempublikasi penelitiannya mengenai perbandingan karakteristik macroscopic *spray* pada mineral diesel dan variasi biodiesel menggunakan constant volume chamber dengan tekanan 7 MPa [8]. Dari semua hasil

penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa semakin kecil density sampel bahan bakar maka menghasilkan jarak *spray* yang pendek dan sudut *spray cone angle* yang lebih besar serta mampu meningkatkan campuran udara bahan bakar.

**Metode Penelitian**



**Gambar 3.** Diagram penelitian.

Dalam uji simulasi *spray nozzle* terhadap masing-masing sampel bahan bakar Bxx menggunakan oil burner mini dengan kapasitas maksimum laju bahan bakar sampai 10 kg/jam. Oil burner menggunakan manufaktur Olympia jenis Fixed flange type OM-1NW yang dilengkapi dengan pompa oli jenis gear pump oil. Burner mampu mengkonsumsi bahan bakar sekitar 6 – 12 Liter/jam atau mampu menghasilkan panas rated output sebesar 115 kW atau 100,000 kCal/jam

Sistem burner dilengkapi dengan pemantik atau igniter tegangan 220 V, 0.9 Ampere, 50 Hz yang diinduksikan oleh transformer menjadi sebesar 5 kV, 20 mA sehingga mampu menyalakan fuel oil.

Sampel bahan bakar biodiesel B10, B20, B30 dilakukan proses pencampuran bahan bakar solar (HSD 100%) dengan FAME (Fatty Acid Methyl Ester) masing-masing 10%, 20%, 30%. Persentase komposisi pencampuran didasarkan pada perbandingan volumetric.



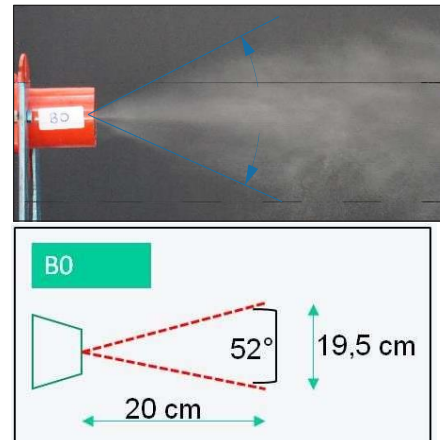
Gambar 6. Setting eksperimen burner simulator

Untuk menjamin kualitas hasil *spray* per sampel uji tidak tercampur dengan sampel sebelumnya maka untuk setiap kali penggantian sampel Bxx dengan yang lain dilakukan proses *bleeding spray* sisa sampel Bxx sebelumnya yang masih dislang bbm yaitu dengan menjalankan burner minimal 10 menit.

### Hasil dan Pembahasan

Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai hasil pengujian karakteristik penyemprotan untuk masing-masing sampel Bxx. Parameter hasil pengujian akan dianalisis mencakup sudut *spray*, panjang *spray* & gambar visual *spray* terhadap masing-masing sampel Bxx. Dalam uji penyemprotan (*spray*) bahan bakar parameter sudut penyemprotan (*spray angle*) dan panjang *spray* (*spray length*) merupakan unsur penting dalam menganalisis kualitas droplet. Besarnya sudut & panjang penyemprotan ditentukan dari hasil gambar visual saat uji *spray* tanpa proses penyalaan. Metode pengambilan rekaman dokumentasi (foto dan video) dilakukan pada posisi sejajar dengan burner sehingga didapatkan rasio perbandingan 1:1 dengan objek aslinya. Hasil analisis karakteristik *spray* pada *nozzle* pada masing-masing campuran dijelaskan sebagai berikut:

#### a. Pengujian Bahan Bakar Solar (B0)

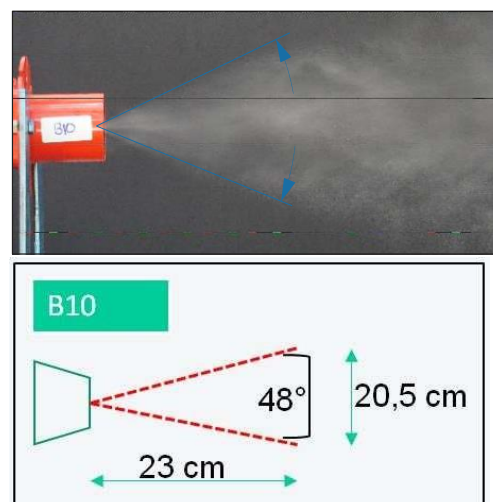


Gambar 7. Sudut & panjang spray bahan bakar solar (B0)

Hasil sudut penyemprotan pada bahan bakar solar B0 memiliki sudut radian *spray* sebesar  $52^\circ$ , panjang maksimum yang dicapai bahan bakar B0 adalah 20 cm, sedangkan untuk lebar puncak dari *spray* adalah 19,51 cm.

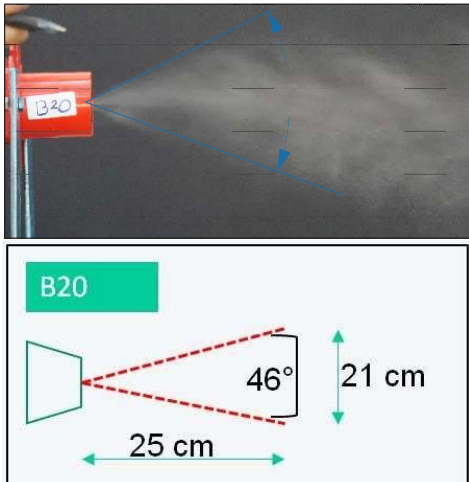
#### b. Pengujian Bahan Bakar Biodiesel (B10)

Hasil sudut penyemprotan pada bahan bakar biodiesel B10 memiliki sudut radian *spray* sebesar  $48^\circ$  panjang maksimum yang dicapai bahan bakar B10 adalah 23 cm, sedangkan untuk lebar puncak dari *spray* adalah 20,48 cm.



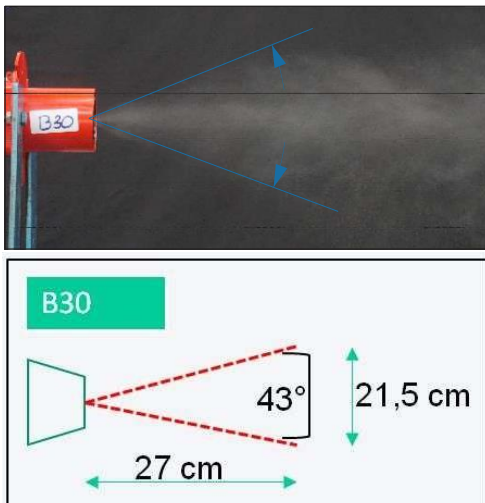
Gambar 8. Sudut & panjang spray biodiesel B10

c. Pengujian Bahan Bakar Biodiesel (B20) Hasil sudut penyemprotan pada bahan bakar biodiesel B20 memiliki sudut radian *spray* sebesar  $46^\circ$  panjang maksimum yang dicapai bahan bakar B20 adalah 25 cm, sedangkan untuk lebar puncak dari *spray* adalah 21,22 cm.



Gambar 9. Sudut & panjang spray biodiesel B20

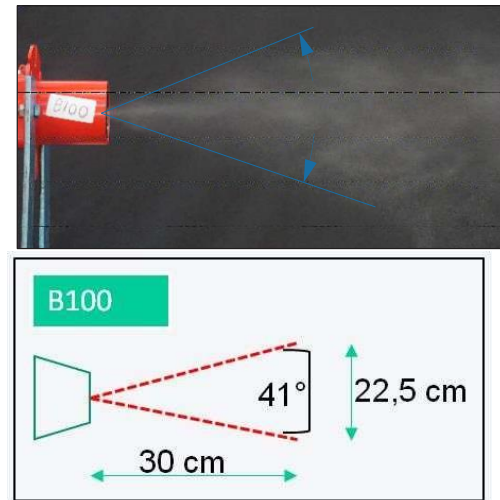
d. Pengujian Bahan Bakar Biodiesel (B30) Hasil sudut penyemprotan pada bahan bakar biodiesel B30 memiliki sudut radian *spray* sebesar  $43^\circ$  panjang maksimum yang dicapai bahan bakar B30 adalah 27 cm, sedangkan untuk lebar puncak dari *spray* adalah 21,5 cm.



Gambar 10. Sudut & panjang spray biodiesel B30

e. Pengujian Bahan Bakar Biodiesel (B100) Hasil sudut penyemprotan pada bahan bakar

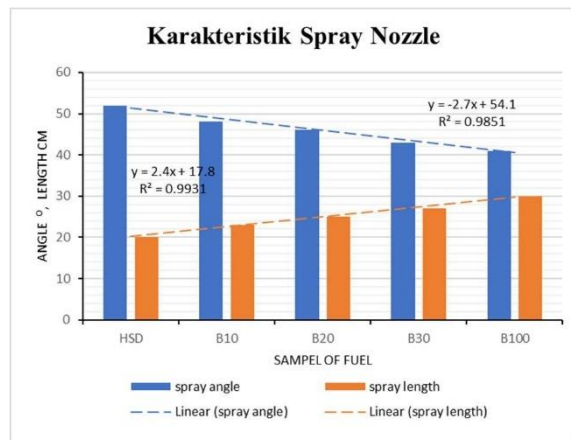
biodiesel B100 memiliki sudut radian *spray* sebesar  $41^\circ$  panjang maksimum yang dicapai bahan bakar B100 adalah 30 cm, sedangkan untuk lebar puncak dari *spray* adalah 22,5 cm.



Gambar 11. Sudut & panjang spray biodiesel B100

Ringkasan parameter hasil karakteristik *spray nozzle* dijelaskan dalam gambar 12. Berdasarkan hasil pengujian *spray* masing-masing sampel, menunjukkan bahwa semakin besar campuran biodiesel maka sudut *spray* yang dihasilkan akan semakin kecil/sempit sedangkan jarak penyemprotannya semakin jauh. Begitu juga sebaliknya, pada sampel solar HSD sudut *spray* lebih lebar namun jarak *spray* nya lebih pendek. Kondisi ini dipengaruhi oleh sifat-sifat kimia antara solar dan biodiesel B100 dimana density biodiesel lebih besar dibanding solar. Dalam aplikasinya pada mesin-mesin burner, hal ini juga akan mempengaruhi proses tahap penyalaan awal burner

karena butiran droplet fuel akan semakin menjauh dari titik pemantik/igniter. Sehingga perlu mengatur ulang lokasi pematik terhadap mulut burner agar keterlambatan penyalaan dapat dihindari.



**Gambar 12.** Hasil karakteristik spray nozzle pada tekanan 1 MPa

## Kesimpulan

Dari kegiatan uji karakteristik *spray nozzle* pada burner dengan beberapa variasi campuran biodiesel dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Telah dilakukan uji karakteristik *spray* pada *nozzle* burner pada tekanan 1 MPa terhadap beberapa variasi campuran biodiesel yaitu B0, B10, B20, B30, B100.
- parameter karakteristik *spray* yang dianalisis yaitu jarak penyemprotan dan sudut penyemprotan melalui olah visual kamera.
- Pada uji *spray* terhadap masing-masing campuran Bxx menunjukkan bahwa semakin banyak campuran biodiesel menunjukkan semakin panjang jarak penyemprotan dan semakin sempit sudut *spray* nya.
- Hasil uji ini tentunya akan mempengaruhi kondisi saat penyalaan awal burner sehingga dengan kondisi eksisting perlu mempertimbangkan jarak pematik/ignitor.

Rekomendasi peluang untuk penelitian selanjutnya yaitu percobaan uji penyalaan burner menggunakan beberapa variasi campuran biodiesel dengan membandingkan volume nyala api serta waktu penyalaannya.

## Penghargaan

Penulis mengucapkan terima kasih kepada tim Puslitbang PLN dan Balai Teknologi Bahan Bakar & Rekayasa Desain, BPPT atas kerjasama dalam kajian biodiesel dalam system preheating PLTU

## Referensi

- [1] EBTKE, 2018, Kep Dirjen EBTKE No 332 K/10/DJE/2018 Standar dan Mutu Biodiesel yang dipasarkan di dalam Negeri.
- [2] ESDM, 2013, Petunjuk Teknis Pencampuran BBM Jenis Minyak Solar dengan BBN Jenis Biodiesel.
- [3] Ee Sann Tan, Muhammad Anwar, R Adnan, Idris MA, (2013). Biodiesel for Gas Turbine Application – An Atomization Characteristics Study, Intechopen Chapter 7 Page 213-242, Advance an Internal Combustion Engines and Fuel Technologies, <http://dx.doi.org/10.5772/54154>
- [4] Bhele SK, Despande NV, Thombre SB, (2016). Experimental investigation on combustion characteristic of jatropha biodiesel (jme) and its diesel blends for tubular combustor application, Advance in automobile engineering Vol. 5 Issue 2, 5:2, DOI: 10.4172/2167-7670.1000140
- [5] Kegl Breda, luka Lesnik, (2018). Modeling of macroscopic mineral diesel and biodiesel spray characteristics, Fuel 222 (2018) 810-820, Science direct. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.02.169>
- [6] Mohan B, Yang W, Tay KL, Yu W. Experimental study of spray characteristics of biodiesel derived from waste cooking oil. Energy Convers manage 2014;88:622-32
- [7] Agarwal AK, Dhar A, Gupta JG, Kim WI, Lee CS, Park S. Effect of fuel injection pressure and injection timing on spray characteristics and particulate size–number distribution in a biodiesel fuelled common rail direct injection diesel engine. Appl Energy 2014;130: 212–21.
- [8] Bohl T, Tian G, Smallbone A, Roskilly AP. Macroscopic spray characteristics of next generation bio-derived diesel fuels in comparison to mineral diesel. Appl Energy 2017;186:562–73