

## PENGARUH PERSENTASE BODIESEL MINYAK NYAMPLUNG – SOLAR TERHADAP KARAKTERISTIK PEMBAKARAN DROPLET

Misbachudin<sup>1</sup>, Lilis Yuliaty<sup>2</sup>, Oyong Novareza<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup> Teknik Mesin, Universitas Brawijaya, Jl. MT Haryono No. 167, Malang (65145) – Indonesia

Telp./Fax: (0341) 554291

Email: m1584ch.id@gmail.com

### Abstract

*The aim of this research is to investigate the effect of biodiesel percentage on the droplet combustion characteristic of calophyllum inophyllum biodiesel-diesel fuel blended. The combustion characteristic included ignition delay time, flame visualization, burning rate, and flame temperature. Testing was conducted using fuel blended with biodiesel percentage of 0%, 10%, 30%, 50% and 100%. The fuel was dripped and shaped a droplet that placed on the tip of thermocouple junction and ignited using a heater. The result shown that the ignition delay time increase with increasing biodiesel percentage due to its high flash point temperature and low volatility. Furthermore, burning rate and flame temperature increase with the increasing biodiesel percentage in the blended. These phenomena related to more microexplosion occurrence in the droplet combustion of fuel blended with higher biodiesel content. The last result shown that combustion of diesel fuel droplet has the highest flame dimension, related to its low burning rate and faster vapor diffusion rate.*

**Keywords:** *Calophyllum inophyllum, fuel blended, droplet combustion, ignition delay time, burning rate, temperature*

### PENDAHULUAN

Saat ini kebutuhan bahan bakar cair pada sektor transportasi semakin meningkat, sedangkan cadangan bahan bakar fosil yang dimiliki negara Indonesia semakin menipis dan cadangan minyak bumi dunia diperkirakan akan habis dalam beberapa dekade. Oleh karena itu untuk menghilangkan kekhawatiran terhadap habisnya bahan bakar tersebut perlu dipikirkan mencari sumber-sumber energi yang terbarukan agar mengurangi kuantitas impor bahan bakar serta dapat diperoleh bahan bakar yang bersifat ramah lingkungan. Hal ini sesuai dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 79 Tahun 2014 tentang kebijakan Energi Nasional untuk mengembangkan sumber energi alternatif.

Nyamplung atau yang mempunyai nama latin *Calophyllum inophyllum* merupakan minyak nabati yang sangat potensial, kandungan minyak nabati didalam buah nyamplung antara 40%-70%. Tanaman ini sangat mudah untuk dibudidayakan dan bersifat *non edible* sehingga penggunaannya sebagai bahan bakar tidak bersaing dengan minyak pangan [1].

Selanjutnya pada minyak nyamplung dilakukan proses transesterifikasi untuk merubahnya menjadi metal ester (biodiesel) yang memiliki sifat seperti bahan bakar diesel [2]. Sehingga pembakaran biodiesel dapat dilakukan di dalam mesin diesel tanpa perlu memodifikasi mesin.

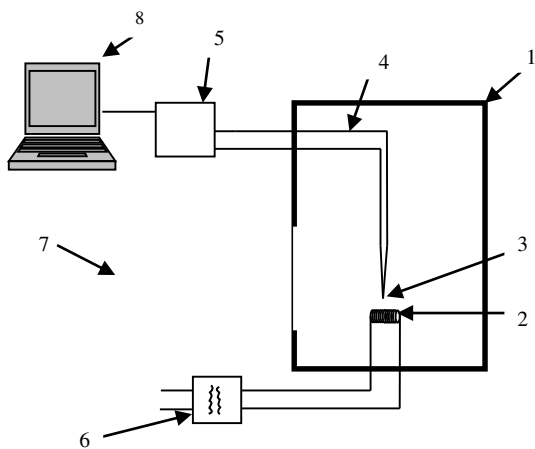
Beberapa hasil penelitian sebelumnya menunjukkan campuran biodiesel C.*Inophyllum* dan bahan bakar solar (B10, B20, B30 dan B50) memenuhi standar biodiesel ASTM. Selain itu, telah ditemukan bahwa B10 memberikan peningkatan yang baik dalam kinerja mesin dengan lebih tinggi BTE (*Brake thermal efficiency*) dari hasil pengujian performa mesin. Di sisi lain, ada peningkatan ekonomis bahan bakar dengan BSFC (*Brake specific fuel consumption*) dan EGT (*Exhaust gas temperature*) lebih rendah dibandingkan dengan bahan bakar diesel [3,4].

Pada pembakaran yang terjadi di dalam mesin diesel terdapat suatu proses dimana udara masuk ke dalam ruang bakar, kemudian udara dikompresikan dan setelah itu bahan bakar disemprotkan kedalam ruang bakar. Bahan bakar yang disemprotkan tersebut

berupa spray yang merupakan kumpulan *droplet*. Karena itu pengujian mengenai pembakaran *droplet* sangatlah penting dilakukan untuk memperkirakan karakteristik pembakaran spray.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi campuran biodiesel minyak nyamplung-solar terhadap karakteristik pembakaran *droplet* yang meliputi *ignition delay time*, visualisasi (dimensi) api, temperatur nyala api, dan *burning rate*.

**METODOLOGI PENELITIAN**



Keterangan:

- |                            |                  |
|----------------------------|------------------|
| 1. Ruang uji bakar droplet | 5. Data logger   |
| 2. Elemen pemanas          | 6. Transformator |
| 3. Droplet                 | 7. Kamera        |
| 4. Thermocouple            | 8. Laptop        |

**Gambar 1.** Instalasi Penelitian

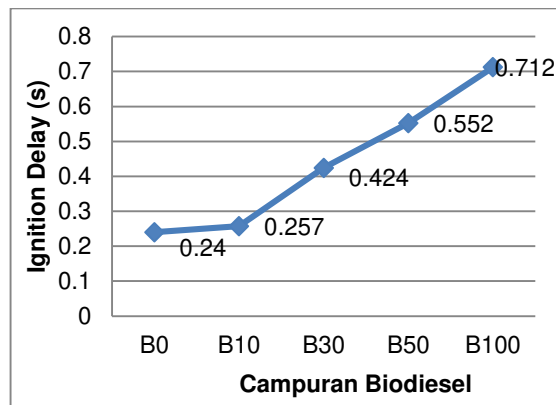
Penelitian dilakukan pada instalasi penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 1. Penelitian ini bertujuan untuk menguji karakteristik pembakaran *droplet* campuran biodiesel minyak nyamplung-solar. Persentase biodiesel divariasikan sebesar 0%, 10%, 30%, 50% dan 100%. *Droplet* dengan diameter 1,26 mm ± 0,12 mm dibuat pada *thermocouple junction* yang berfungsi sebagai penyangga *droplet* sekaligus untuk mengukur temperatur nyala api. *Thermocouple* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *thermocouple type K* dengan diameter 0,1 mm yang dihubungkan *advantech data logger*. Penyalaan *droplet* dilakukan dengan menggunakan pemanas

yang diletakkan pada jarak 3 mm di bawah *droplet*. Pemanas yang digunakan berbahan nikelin dengan diameter 0,7 mm, panjang 80 mm dengan tegangan 12 V dan arus 5 A. parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah *ignition delay time*, visualisasi nyala api, temperature api dan *burning rate*.

*Ignition delay time* dihitung sejak *heater* diletakkan tepat di bawah *droplet* sampai timbulnya nyala api pada *droplet*. Visualisasi nyala api diambil dengan menggunakan kamera nikon D5200 yang diletakkan pada jarak 50 cm dari *droplet*. Pengambilan Gambar dilakukan dengan mode video dengan pengambilan Gambar sebesar 60 fps. Selanjutnya *burning rate constanta* dihitung dengan menggunakan diameter *droplet* dan lamanya *droplet* menyala.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Pengaruh Persentase Campuran Biodiesel Minyak Nyamplung - Solar Terhadap *Ignition Delay Time***



**Gambar 2.** Pengaruh persentase campuran biodiesel minyak nyamplung - solar terhadap *ignition delay*

Pada Gambar 2 menjelaskan grafik hubungan antara persentase campuran biodiesel minyak nyamplung - solar terhadap *ignition delay*. Nilai *ignition delay* terendah ada pada B0 yaitu selama 0,24 detik dan nilai *ignition delay* tertinggi ada pada B100 yaitu selama 0,712 detik. *Ignition delay* mengalami peningkatan seiring bertambahnya persentase

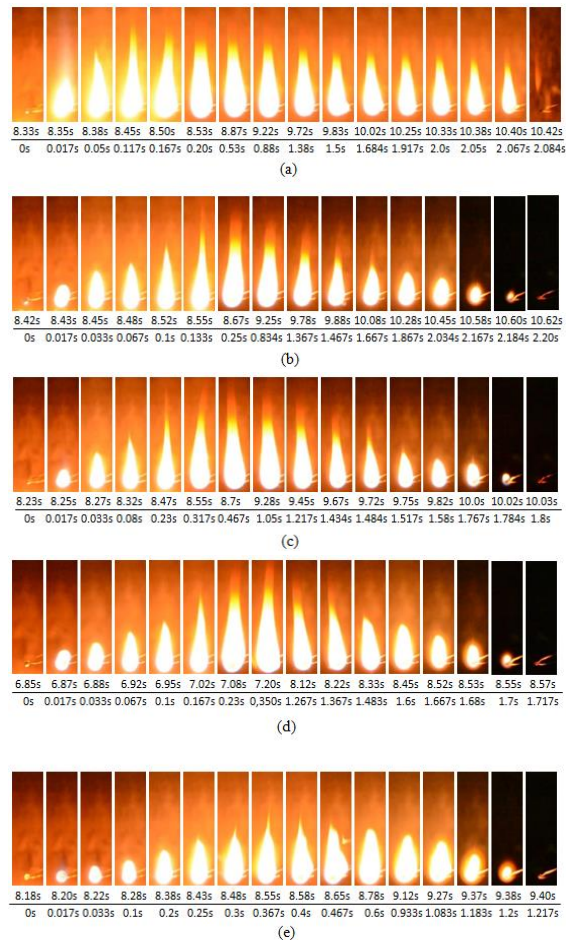
campuran biodiesel minyak nyamplung terhadap solar. Hal ini disebabkan biodiesel memiliki nilai *flash point* yang lebih tinggi yaitu sebesar 167°C dibandingkan solar yang memiliki nilai *flash point* yang lebih rendah yaitu sebesar 52°C. *Flash point* sendiri merupakan titik nyala dari suatu bahan bakar pada suhu terendah dimana bahan bakar menghasilkan uap dan bercampur dengan udara dan membentuk campuran yang dapat menyala atau terbakar. Sehingga semakin tinggi nilai *flash point* suatu bahan bakar maka waktu penyalaan bahan bakar tersebut semakin lama, karena kecepatan penguapannya (*Volatility*) yang lambat. Selain itu biodiesel mempunyai temperatur *autoignition* lebih tinggi dibandingkan solar, yaitu sekitar 448,8°C sedangkan solar mempunyai temperatur *autoignition* sekitar 329,4°C [5].

**Visualisasi Nyala Api**

Dari Gambar tersebut terlihat adanya perbedaan evolusi perubahan api pada setiap persentase campuran bahan bakar. Ada perbedaan waktu lama nyala api dan waktu yang diperlukan untuk mencapai tinggi api maksimum. Untuk lama nyala api pada B0 yaitu selama 2,084 s, B10 selama 2,20 s, B30 selama 1,8 s, B50 selama 1,717 s, dan B100 selama 1,217 s. Kemudian waktu yang diperlukan untuk mencapai tinggi api maksimum pada B0 yaitu selama 0,117s, B10 selama 0,133 s, B30 selama 0,317 s, B50 selama 0,350 s, dan B100 selama 0,367 s.

Pada bahan bakar B0/solar waktu yang diperlukan untuk mencapai tinggi maksimum lebih cepat dibandingkan bahan bakar biodiesel minyak nyamplung dan campurannya, akan tetapi lama waktu nyala api pada bahan bakar campuran biodiesel lebih cepat dibandingkan solar, hal ini disebabkan laju pembakaran/*burning rate* biodiesel minyak nyamplung lebih tinggi dibandingkan solar. Selain itu pada nyala api biodiesel dan campurannya terdapat *microexplosion* yaitu

fenomena ledakan kecil yang terjadi pada *droplet* bahan bakar.

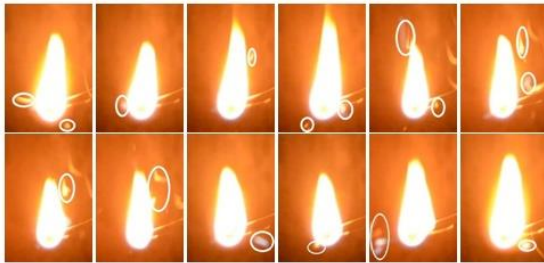


**Gambar 3.** Visualisasi nyala pembakaran *droplet* campuran biodiesel minyak nyamplung – solar (a) B0; (b) B10; (c) B30; (d) B50; (e) B100

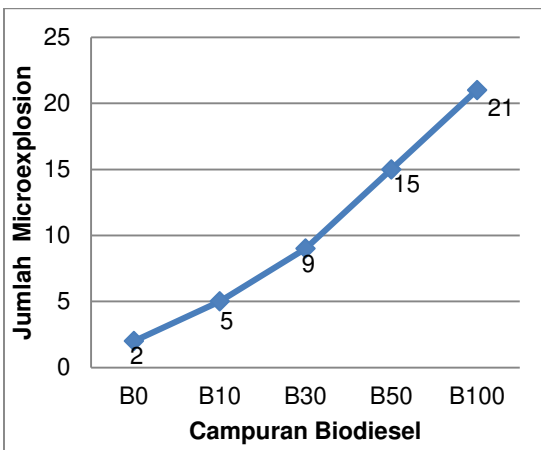
**Microexplosion**

*Microexplosion* adalah ledakan *droplet* karena terjadinya penguapan internal di dalam *droplet*. Ledakan tersebut berpotensi meningkatkan *engine performance* karena merupakan proses atomisasi sekunder bahan bakar [6]. *Microexplosion* mengakibatkan *droplet* pecah menjadi butiran-butiran kecil sehingga membantu mempercepat penguapan dan pembakaran. Selain itu kualitas campuran bahan bakar dengan udara akan meningkat sehingga dapat terjadi pembakaran yang lebih sempurna. Pada pembakaran *droplet*

campuran biodiesel minyak nyamplung - solar ini, terdapat *microexplosion* dari beberapa persentase campuran bahan bakar.



**Gambar 4.** Fenomena *microexplosion* yang terjadi pada B100

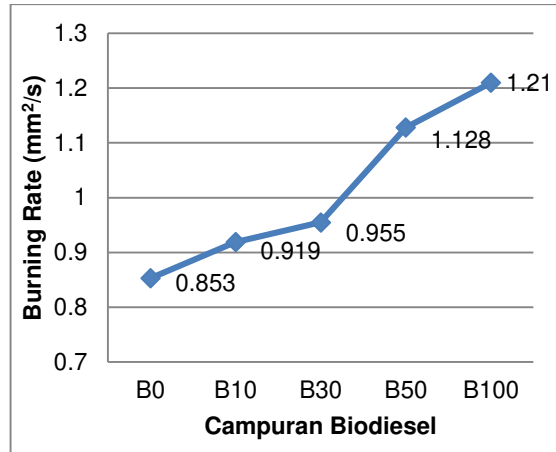


**Gambar 5.** Pengaruh persentase campuran biodiesel minyak nyamplung - solar terhadap banyak *microexplosion*

Dari grafik tersebut terlihat bahwa semakin banyak persentase campuran biodiesel minyak nyamplung terhadap solar, maka terjadinya *microexplosion* semakin banyak. *Microexplosion* terjadi karena terdapat perbedaan titik didih komposisi penyusun bahan bakar, *microexplosion* menyebabkan terbentuknya butiran bahan bakar yang sangat kecil, sehingga menyebabkan semakin mudahnya pembakaran pada suhu tinggi. Pada biodiesel minyak nyamplung dapat terjadi *microexplosion* karena adanya perbedaan titik didih asam lemak atau *fatty acid* yang terkandung didalamnya. Selain itu, terjadinya

*microexplosion* juga disebabkan adanya kandungan air pada biodiesel minyak nyamplung sebesar 0,25 % massa, sedangkan pada bahan bakar solar sebesar 0,05% massa.

**Pengaruh Persentase Campuran Biodiesel Minyak Nyamplung - Solar Terhadap Burning Rate**



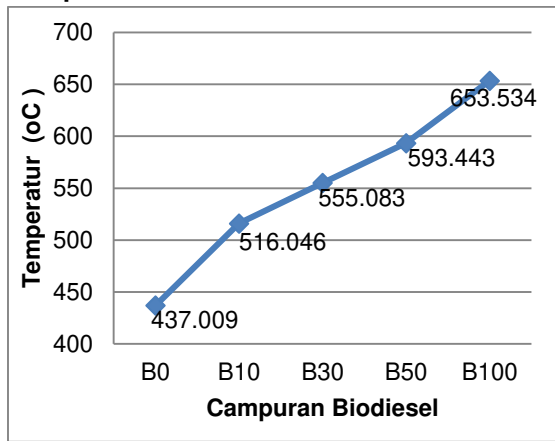
**Gambar 6.** Pengaruh persentase campuran biodiesel minyak nyamplung - solar terhadap *burning rate*

Pada Gambar 6 menjelaskan grafik pengaruh hubungan antara persentase campuran biodiesel minyak nyamplung - solar terhadap *burning rate*, dimana nilai *burning rate* terendah ada pada B0 yaitu 0,853 mm<sup>2</sup>/s dan nilai *burning rate* tertinggi ada pada B100 yaitu 1,21 mm<sup>2</sup>/s. *Burning rate* didapatkan dari hasil perbandingan antara diameter *droplet* terhadap lama waktu bahan bakar habis terbakar, semakin lama waktu nyala api pembakaran *droplet* maka kecepatan pembakarannya semakin lambat.

*Burning rate* mengalami peningkatan seiring bertambahnya persentase campuran biodiesel minyak nyamplung terhadap solar. Hal ini terjadi dikarenakan biodiesel minyak nyamplung memiliki ikatan rangkap, sedangkan solar hanya memiliki ikatan tunggal. Ikatan rangkap pada biodiesel dikenal cukup reaktif dan mudah beroksidasi dibandingkan ikatan tunggal pada solar yang lebih stabil. Oleh karena itu dengan adanya ikatan rangkap pada

biodiesel akan mempercepat reaksi pembakaran. Selain itu biodiesel juga memiliki atom oksigen pada molekulnya sedangkan solar tidak memiliki atom oksigen pada molekulnya. Kandungan oksigen pada biodiesel minyak nyamplung dapat mempercepat reaksi pembakaran, karena saat biodiesel dipanaskan atom oksigen pada biodiesel akan bereaksi terlebih dahulu dengan atom C (karbon) dan atom H (hidrogen) pada biodiesel, sehingga menyebabkan reaksi pembakarannya semakin cepat, dan nilai *burning ratenya* semakin tinggi.

**Pengaruh Persentase Campuran Biodiesel Minyak Nyamplung - Solar Terhadap Temperatur Maksimum**



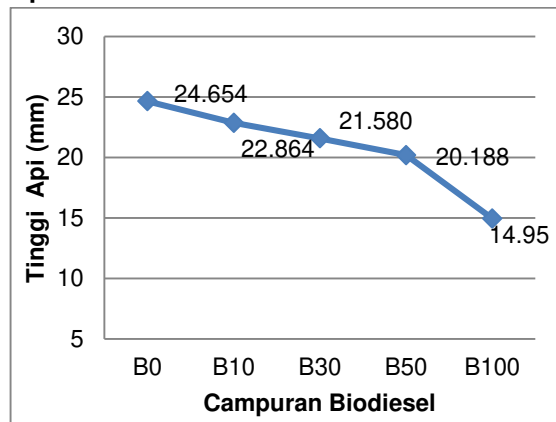
**Gambar 7.** Pengaruh persentase campuran biodiesel minyak nyamplung - solar terhadap temperature maksimum

Pada grafik tersebut menunjukkan pada B100 mempunyai nilai temperatur maksimal tertinggi dibandingkan yang lain yaitu sebesar 653,534 °C. Sedangkan pada B0 mempunyai nilai temperatur maksimal terendah dibandingkan yang lain yaitu sebesar 437,009 °C. Semakin tinggi penambahan persentase campuran biodiesel minyak nyamplung terhadap solar akan meningkatkan temperatur pembakaran. Pada hasil penelitian ini menunjukkan temperatur yang dihasilkan dari pembakaran berbanding terbalik dengan nilai kalor bahan bakar. Nilai kalor suatu bahan

bakar menunjukkan bahwa jumlah panas/kalori yang dihasilkan dari proses pembakaran dalam satuan massa atau volume. Berdasarkan hasil pengujian properties bahan bakar, nilai kalor solar lebih tinggi dibandingkan nilai kalor biodiesel minyak nyamplung dengan selisih yang tidak begitu jauh, yaitu sebesar 10500 cal/gr untuk solar dan 10074 cal/gr untuk biodiesel minyak nyamplung.

Faktor penyebab tingginya temperatur nyala api maksimum pada B100 yaitu, disebabkan *burning rate* yang lebih tinggi dibandingkan campuran bahan bakar lainnya, akibat dari kecepatan penguapan dan kecepatan reaksi terhadap udara dari bahan bakar biodiesel lebih cepat dibandingkan solar, hal ini menyebabkan laju pelepasan panas yang terjadi pada bahan bakar biodiesel lebih besar.

**Pengaruh Persentase Campuran Biodiesel Minyak Nyamplung - Solar Terhadap Tinggi Api Maksimum**



**Gambar 8.** Grafik pengaruh persentase campuran biodiesel minyak nyamplung - solar terhadap tinggi api maksimum

Pada Gambar 8 menjelaskan grafik pengaruh hubungan antara persentase campuran biodiesel minyak nyamplung - solar terhadap tinggi api maksimum. Tinggi api terendah ada pada B100 yaitu 14,95 cm dan tinggi api tertinggi ada pada B0 yaitu 24,654 cm. Tinggi api mengalami penurunan seiring

bertambahnya persentase campuran biodiesel minyak nyamplung terhadap solar

Tinggi nyala api pada penelitian ini dipengaruhi oleh kecepatan penguapan dan difusi bahan bakar, semakin cepat bahan bakar menguap dan berdifusi ke udara, maka nyala api yang dihasilkan akan lebih tinggi. Bahan bakar solar memiliki kecepatan penguapan dan difusi bahan bakar yang lebih cepat dibandingkan biodiesel minyak nyamplung, sehingga menghasilkan api yang lebih tinggi. Selain itu, tinggi nyala api juga dipengaruhi oleh laju reaksi pembakaran. Biodiesel minyak nyamplung memiliki laju pembakaran yang lebih cepat dibandingkan dengan solar, semakin tinggi persentase biodiesel yang ditambahkan pada solar maka laju reaksi pembakarannya akan meningkat. Semakin meningkat laju reaksi pembakaran maka waktu nyala api yang dihasilkan relatif singkat sehingga tinggi api yang dihasilkan semakin rendah.

#### KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan analisa data yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. *Ignition delay* mengalami peningkatan seiring bertambahnya persentase campuran biodiesel minyak nyamplung terhadap solar.
2. Semakin tinggi persentase campuran biodiesel minyak nyamplung terhadap solar, maka terjadinya fenomena *microexplosion* semakin banyak.
3. Semakin tinggi persentase campuran biodiesel minyak nyamplung terhadap solar maka temperature api dan *burning rate* yang dihasilkan semakin tinggi.
4. Tinggi api cenderung mengalami penurunan seiring bertambahnya campuran biodiesel minyak nyamplung terhadap solar.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Elbert, L., Little, Jr. 7 Roger. 2003. *Kamani (calophyllum inophyllum)*. Agriculture Handbook, Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii, Manoa.
- [2] Yoeswono., Triyono. & Iqmal Tahir. 2008. *Kinetics of Palm Oil Transesterification in Methanol wit Potassium Hydroxide as a Catalyst*. Indo. Journal Chem 8(2): 219-225.
- [3] Atabani A.E., Aldara da Silva Cesar.2014. *Calophyllum inophyllum L. – A prospective non-edible biodiesel feedstock. Study of biodiesel production, properties, fatty acid composition, blending and engine performance*. ScienceDirect Journal. 644-655
- [4] Ong Hwai Chyuan, H.H. Masjuki, T.M.I. Mahlia, A.S. Silitonga, W.T. Chong, Talal Yusaf. 2014. *Engine performance and emissions using Jatropa curcas, Ceiba pentandra and Calophyllum inophyllum biodiesel in a CI diesel engine*. ScienceDirect Journal. 427-445
- [5] Somandepalli,S. 2008. *Hot Surface Ignition Of Ethanol-blended Fuels and Biodiesel*. SAE 2008-01-0402
- [6] Zeng, Y. and Lee, C.F. 2007. *Modeling droplet breakup processes under micro-explosion conditions*. Proceedings of the combustion institue, 31, 2185-2193