

PENGARUH PENAMBAHAN ALKOHOL TERHADAP KARAKTERISTIK PEMBAKARAN *DROPLET* MINYAK JARAK

Dadung Prakoso, Lilis Yuliati, Purnami

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

E-mail: dadung.prakoso@gmail.com

Abstrak: Penelitian uji perbakaran *droplet* ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik pembakaran dari penambahan alkohol kedalam minyak jarak murni. Jenis alkohol yang digunakan adalah metanol, etanol, propanol, dan butanol. Dengan diameter *droplet* 1 mm, dan persentase volume alkohol dalam campuran 20%. Hasil yang ingin didapatkan adalah *ignition delay*, visualisasi nyala api, temperatur api, dan *burning rate*. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa campuran etanol memiliki nilai *ignition delay*, temperatur, dan ukuran api yang kecil, dan campuran metanol memiliki nilai *burning rate* yang lebih besar.

Kata Kunci: Pembakaran *droplet*, Minyak jarak, Alkohol, Karakteristik pembakaran

Abstract: Test research of droplets combustion aims to find out the characteristics of combustion of the addition of the alcohol into pure jatropha oil. The type of alcohol used is methanol, ethanol, propanol, and butanol. With a diameter of droplet 1 mm, and the percentage volume of alcohol in a mixture of 20%. The results obtained are want to ignition delay, flame visualization, the temperature of the fire and the burning rate. The research results that blend ethanol has a value of ignition delay, temperature and the size of fire is smallest, and methanol blends have a highest value of burning rate.

Keywords: Droplet combustion, Jatropha oil, Alcohol, Combustion characteristic.

PENDAHULUAN

Di Indonesia kebutuhan energi semakin tahun semakin meningkat, terutama pada kebutuhan bahan bakar minyak fosil. Namun cadangan minyak fosil di Indonesia tidak mengalami penambahan, bahkan mengalami penurunan. Menurut Kementerian ESDM pada tahun 2013, menyebutkan bahwa pada tahun 2006 cadangan minyak fosil di Indonesia tersisa 8,93 miliar barel, dan setiap tahunnya mengalami penurunan, dimana pada tahun 2010 hanya tersisa 7,76 miliar barel, dan tersisa 7,40 miliar barel pada tahun 2012. Lalu pada tahun 2013 hingga 2050 diperkirakan kebutuhan minyak fosil akan meningkat 3 kali lipat dengan pertumbuhan rata-rata yaitu 297 juta barel pada tahun 2013 menjadi 980 juta barel pada tahun 2050 dengan peningkatan 3,3% per tahun.

Salah satu solusi yang digunakan sebagai alternatif pengganti bahan bakar fosil adalah minyak nabati, dan minyak nabati yang digunakan adalah minyak jarak. Minyak jarak mempunyai keunggulan untuk mereduksi gas CO₂ yang dihasilkan dari hasil pembakaran, namun

viskositas dari minyak jarak lebih tinggi dibandingkan dengan diesel (Sudargono, 2007).

Dikarenakan viskositas minyak jarak yang tinggi dapat menyebabkan sulitnya terjadi proses atomisasi, maka terdapat penambahan alkohol yang dapat menurunkan viskositas. Apabila viskositas rendah, maka dapat mempermudah proses atomisasi. Dan apabila proses atomisasi mudah dapat mempercepat terjadinya pembakaran. Penambahan alkohol juga dapat meningkatkan nilai *burning rate* dari bahan bakar (Setiawan, 2012).

Penelitian ini menggunakan empat jenis alkohol, yaitu : metanol, etanol, propanol, dan butanol. Penambahan etanol dan butanol pada minyak nabati dapat meningkatkan *flash point* dari bahan bakar yang berakibat kepada menurunnya nilai dari *ignition delay* (Siwale, 2012). Penambahan propanol terhadap minyak nabati juga dapat mengurangi nilai *ignition delay* dan juga meningkatkan temperatur nyala api (Atmanli, 2016).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan alkohol

terhadap karakteristik pembakaran (*ignition delay*, visualisasi nyala api, temperatur pembakaran, dan *burning rate*) droplet minyak jarak.

METODE PENELITIAN

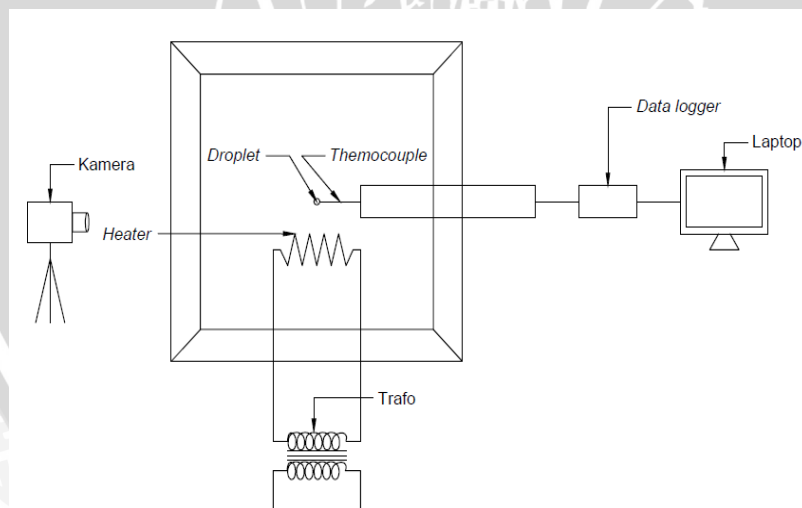
Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental (*experimental research*), yaitu melakukan pengamatan secara langsung untuk mendapatkan data sebab dan akibat dalam suatu proses melalui eksperimen sehingga dapat mengetahui pengaruh variasi penambahan alkohol terhadap karakteristik pembakaran droplet minyak jarak.

Variabel bebas yang digunakan adalah jenis alkohol, yaitu : metanol, etanol, propanol, dan butanol. Variabel terikatnya adalah *ignition delay*, temperatur nyala api, visualisasi nyala api yang meliputi tinggi dan lebar api, dan *burning rate*

Gambar 1 menunjukkan skema instalasi peralatan yang digunakan pada penelitian. Bahan bakar dibentuk menjadi droplet dengan diameter sebesar 1 mm dengan toleransi 0,1 mm menggunakan

jarum suntik yang memiliki volume maksimal 1 mL, bahan bakar diletakkan diatas kawat *thermocouple* yang dihubungkan ke *data logger* dan *data logger* dihubungkan ke laptop. Sesuaikan jarak kamera, pembesaran dan fokus lensa kamera dan ambil gambar droplet.

Heater yang berfungsi sebagai pemicu proses pembakaran dinyalakan bersamaan dengan proses merekamnya video dan pengambilan data suhu dengan *data logger* menggunakan program Wavescan 2.0 di komputer. Saat api mulai menyala *heater* dimatikan, sedangkan *data logger* dan kamera tetap merekam data. Saat api mati, kamera dan *data logger* dimatikan dan data disimpan untuk diolah. Prosedur tersebut diulang terus-menerus untuk setiap pengujian.



Gambar 1. Instalasi Penelitian

Pada penelitian kali ini *ignition delay*, *burning lifetime*, dan visualisasi nyala api didapatkan pada perekaman kamera, dan untuk temperatur didapatkan dari *thermocouple* yang dihubungkan ke *data logger* dan disimpan pada laptop. Nilai dari *burning lifetime* dimasukkan kedalam

rumus pada persamaan 1 untuk mendapatkan *burning rate*.

$$D^2(t) = D_0^2 - K_c \cdot t \quad (1)$$

Dimana:

D = diameter *droplet* pada waktu tertentu (mm)

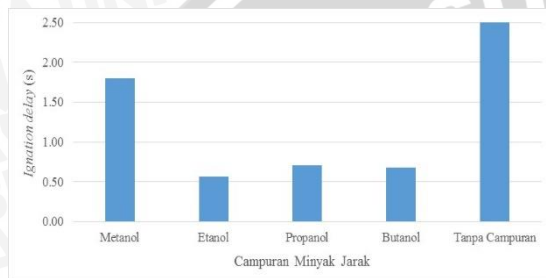
D_0 = diameter *droplet* awal (mm)

K_c = *burning rate constant* (mm²/s)

t = *burning lifetime* (s)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa mengenai masing-masing karakteristik pembakaran *droplet* minyak jarak dengan variasi campuran alkohol.



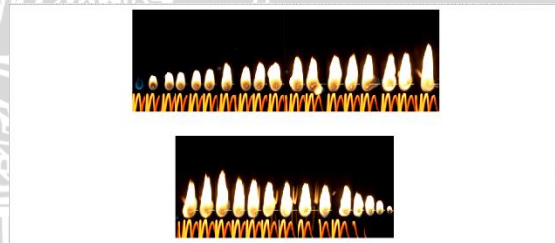
Gambar 2. Grafik pengaruh variasi penambahan alkohol terhadap *ignition delay time droplet* minyak jarak

Pada gambar 2 menunjukkan grafik pengaruh variasi penambahan alkohol terhadap *ignition delay droplet* minyak jarak. Di mana nilai *ignition delay* sebesar 1,8 s untuk minyak jarak yang dicampur dengan metanol, 0,56 s untuk minyak jarak yang dicampur dengan etanol, 0,7 s untuk minyak jarak yang dicampur dengan propanol, dan 0,68 s untuk minyak jarak yang dicampur dengan butanol.

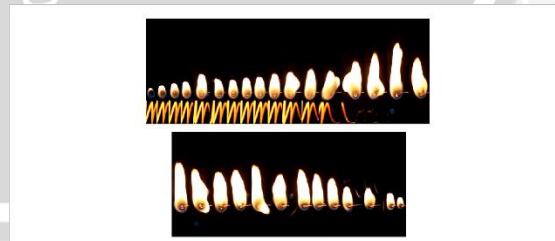
Nilai dari *ignition delay* sendiri dipengaruhi oleh nilai karakteristik dari masing – masing alkohol. Salah satu karakteristik alkohol yang mempengaruhi *ignition delay* adalah nilai *flash point*, *flash point* merupakan suhu minimal dimana bahan bakar akan menguap dan terjadi pembakar. Semakin tinggi nilai *flash point* maka nilai *ignition delay* akan semakin tinggi atau semakin sulit untuk terbakar.

Namun disini terjadi penyimpangan, di mana metanol yang mempunyai nilai *flash point* yang rendah memiliki nilai

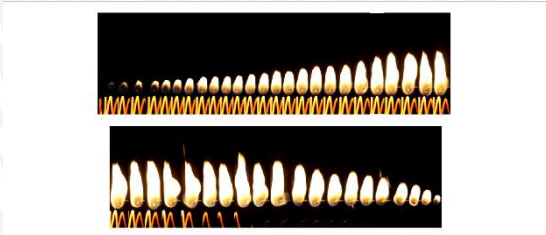
ignition delay yang tinggi, begitupun dengan butanol, yang memiliki nilai *flash point* yang tinggi namun nilai *ignition delay* lebih rendah dari metanol. Hal ini disebabkan karena metanol memiliki nilai *latent heat vaporization* yang tinggi. Jadi meskipun nilai *flash point* paling rendah, namun nilai *latent heat vaporization* paling tinggi, jadi metanol akan sulit untuk menguap dan terjadinya pembakaran, karena pembakaran dari bahan bakar cair akan terjadi ketika uap dari bahan bakar dan udara menyatu dengan komposisi yang tepat dan diberi energi aktivasi (dalam hal ini energi aktivasi berasal dari *heater*), jadi ketika nilai *latent heat vaporization* tinggi, bahan bakar tersebut akan susah untuk menguap dan juga lama untuk memiliki komposisi yang tepat untuk terjadi pembakaran. Begitupun dengan butanol, meskipun memiliki nilai *flash point* yang tinggi, namun butanol memiliki nilai *latent heat vaporization* yang rendah, yang menyebabkan butanol akan mudah menguap



Gambar 3. Visualisasi pembakaran *droplet* minyak jarak dengan campuran metanol



Gambar 4. Visualisasi pembakaran *droplet* minyak jarak dengan campuran etanol



Gambar 5. Visualisai pembakaran *droplet* minyak jarak dengan campuran propanol



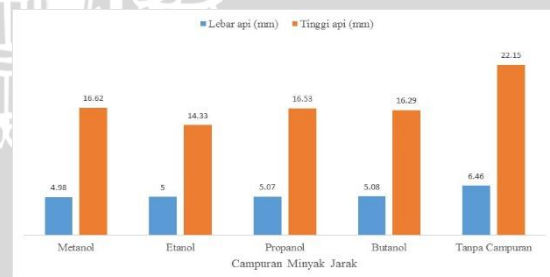
Gambar 6. Visualisasi pembakaran *droplet* minyak jarak dengan campuran butanol

Pada gambar 3, 4, 5, dan 6 merupakan evolusi pembakaran *droplet* minyak jarak dengan berbagai variasi campuran alkohol. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa evolusi nyala api pada *droplet* minyak jarak dengan metanol dan *droplet* minyak jarak dengan etanol memiliki nyala api yang relatif besar, bahkan dari pertama api muncul dan ketika api ingin padam, ukuran api relatif besar. Sedangkan untuk pembakaran *droplet* minyak jarak dengan campuran propanol memiliki evolusi yang teratur, dilihat ketika api pertama muncul hingga mencapai maksimal lalu kemudian api padam, ukuran api naik dan turun secara teratur. Berbeda dengan perbakaran *droplet* minyak jarak dengan campuran butanol, ketika api mulai muncul, api sulit untuk membesar, dapat dilihat pada gambar 6 bahwa ketika api muncul api berukuran relatif sama, kemudian membesar, ketika pada kondisi maksimal api pun dengan cepat langsung padam, tidak perlahan-lahan mengecil lalu padam.

Pada gambar tersebut juga dapat dilihat bahwa penambahan alkohol terhadap *droplet* minyak jarak banyak timbul fenomena *microexplosions*.

Microexplosions terjadi karena terdapat dua bahan bakar atau lebih yang dicampur, dimana bahan bakar yang memiliki titik didih yang lebih rendah akan menguap terlebih dahulu lalu tekanan semakin tinggi dan timbul ledakan.

Pada gambar evolusi nyala api, dapat dilihat bahwa pembakaran *droplet* minyak jarak dengan campuran metanol dan pembakaran *droplet* minyak jarak dengan campuran etanol banyak terjadi fenomena *microexplosions* dari awal muncul api hingga api padam, berbeda dengan pembakaran *droplet* minyak jarak dengan campuran propanol dan pembakaran *droplet* minyak jarak dengan campuran butanol terjadi fenomena *microexplosions* pada pertengahan pembakaran, ketika api mulai mencapai ukuran maksimal. Fenomena *microexplosions* dapat berpengaruh pada *burning lifetime*, karena *microexplosions* menyebabkan bagian *droplet* terpental keluar dari pusat *droplet* sehingga diameter *droplet* menjadi lebih kecil, sehingga *burning lifetime* menjadi lebih kecil, dengan *burning lifetime* yang kecil menyebabkan nilai *burning rate* menjadi lebih besar, dikarenakan *burning lifetime* berbanding terbalik dengan *burning rate* sesuai rumus pada persamaan 1.



Gambar 7. Grafik pengaruh variasi campuran alkohol terhadap lebar dan tinggi api *droplet* minyak jarak

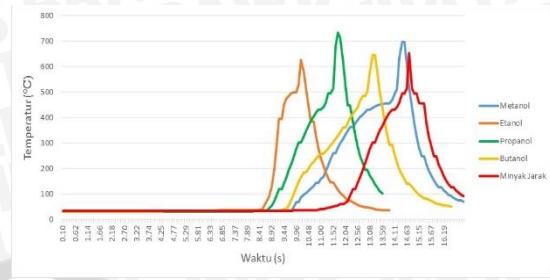
Pada gambar 7 menunjukkan grafik pengaruh variasi campuran alkohol terhadap lebar dan tinggi api *droplet* minyak jarak, didapatkan nilai lebar dan tinggi api sebesar 4,98 mm dan 16,62 mm untuk campuran metanol, 5 mm dan 14,33

mm untuk campuran etanol, 5,07 mm dan 16,53 untuk campuran propanol, dan 5,08 mm dan 16,29 mm untuk campuran butanol.

Pada gambar 7 menunjukkan bahwa penambahan alkohol jenis metanol terhadap *droplet* minyak jarak dapat membuat lebar api yang kecil dan tinggi api yang besar. Hal ini disebabkan karena nilai *latent heat vaporization* yang tinggi, *latent heat vaporization* yang tinggi dapat menyebabkan bahan bakar sulit untuk menguap, jadi bentuk api akan tidak terlalu besar dalam hal lebar.

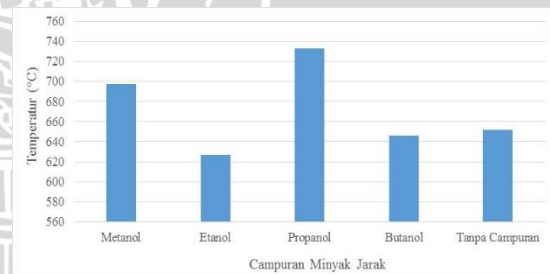
Selain itu *burning rate* dari campuran *droplet* minyak jarak dengan alkohol juga berpengaruh, dimana nilai *burning rate* yang besar (dapat dilihat pada gambar 10) akan menyebabkan bentuk api yang kecil. *Burning rate* dari campuran *droplet* minyak jarak dengan metanol memiliki nilai *burning rate* yang paling besar, sehingga menyebabkan lebar api memiliki dimensi yang paling kecil.

Namun tinggi api dari *droplet* minyak jarak dengan metanol memiliki tinggi api yang paling tinggi, hal ini dapat dipengaruhi oleh kecepatan difusi, dimana kecepatan difusi yang besar akan memiliki dimensi api yang besar. Kecepatan difusi merupakan seberapa cepat bahan bakar menguap dan menyatu dengan udara disekitar. Kecepatan difusi ada tiga macam, difusi seimbang (menyebar ke atas dan ke samping), difusi ke atas (penyebaran ke atas lebih cepat dibandingkan dengan penyebaran ke samping), dan difusi ke samping (penyebaran ke samping lebih cepat dibandingkan dengan penyebaran ke atas). Yang menyebabkan difusi menjadi tiga macam adalah kecepatan penyebaran uap nya untuk membentuk komposisi yang tepat. Misalkan difusi seimbang, berarti penyebaran uap seimbang baik ke atas ataupun ke samping, sehingga komposisi ke atas dan ke samping juga akan seimbang.



Gambar 8. Grafik hubungan temperatur dan waktu pada pembakaran *droplet* minyak jarak dengan variasi campuran alkohol

Pada gambar 8 menunjukkan grafik hubungan temperatur dengan waktu pada pembakaran *droplet* minyak jarak dengan variasi campuran alkohol. Pada gambar tersebut menunjukkan bahwa untuk temperatur yang paling tinggi dimiliki oleh *droplet* minyak jarak dengan campuran propanol, dan juga untuk nilai *ignition delay* dan *burning rate* sesuai dengan pembahasan sebelumnya, dimana untuk nilai *ignition delay* dan *burning rate* yang paling tinggi dimiliki oleh *droplet* minyak jarak dengan campuran metanol.



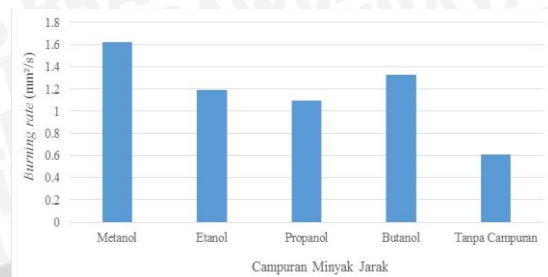
Gambar 9. Grafik pengaruh variasi penambahan alkohol terhadap temperatur *droplet* minyak jarak

Pada gambar 9 menunjukkan grafik pengaruh variasi penambahan alkohol terhadap temperatur *droplet* minyak jarak. Di mana didapatkan nilai sebesar 697,41°C untuk campuran minyak jarak dengan metanol, 626,31°C untuk campuran minyak jarak dengan etanol, 733,03°C untuk campuran minyak jarak dengan propanol, dan 645,99°C untuk campuran minyak jarak dengan butanol. Pada grafik

tersebut dapat dilihat bahwa untuk nilai temperatur yang paling tinggi dimiliki oleh *droplet* minyak jarak dengan campuran propanol sebagai alkoholnya. Hal ini disebabkan karena beberapa faktor, yaitu *heating value*, *burning rate*, dan ukuran api. Jika dilihat dari nilai *heating value*, campuran *droplet* minyak jarak dengan alkohol jenis propanol memiliki nilai *heating value* yang lebih besar dari jenis alkohol yang lain, dengan nilai *heating value* yang tinggi, maka temperaturnya juga akan ikut tinggi. Hal ini dikarenakan nilai *heating value* yang tinggi dapat menyebabkan nilai kalor yang dikeluarkan semakin besar, apabila nilai kalor yang dikeluarkan besar, maka temperatur pun akan ikut meningkat.

Selanjutnya jika ditinjau dari nilai *burning rate*, nilai *burning rate* yang meningkat seharusnya temperatur juga ikut meningkat. Namun pada gambar 10 *burning rate* yang paling tinggi adalah *droplet* minyak jarak dengan campuran metanol, namun pada grafik temperatur *droplet* minyak jarak dengan campuran propanol lah yang memiliki temperatur yang paling tinggi.

Lalu jika ditinjau dari ukuran api, seharusnya *droplet* minyak jarak dengan campuran etanol yang mempunyai temperatur yang paling tinggi, dikarenakan *droplet* minyak jarak dengan campuran etanol memiliki ukuran api yang relatif lebih kecil dibandingkan dengan *droplet* minyak jarak dengan campuran alkohol lainnya. Namun, pada data temperatur *droplet* minyak jarak dengan campuran propanol lah yang memiliki temperatur yang paling tinggi meskipun *droplet* minyak jarak dengan campuran propanol memiliki ukuran api yang relatif besar, hal ini bisa saja terjadi dikarenakan pada pembakaran *droplet* minyak jarak dengan campuran propanol terdapat fenomena *microexplosions*, namun *microexplosions* yang terjadi tidak sampai keluar dari api, namun masih di dalam api pembakarannya, hal inilah yang dapat menyebabkan ukuran api yang masih tetap relatif besar.



Gambar 10. Grafik pengaruh variasi penambahan alkohol terhadap *burning rate droplet* minyak jarak

Pada gambar 10 menunjukkan grafik pengaruh variasi terhadap *burning rate droplet* minyak jarak. Di mana nilai *burning rate* minyak jarak sebesar 1,624 mm²/s untuk campuran metanol, 1,192 mm²/s untuk campuran etanol, 1,098 mm²/s untuk campuran propanol, dan 1,326 mm²/s untuk campuran butanol.

Untuk mendapatkan nilai *burning rate*, kita membutuhkan nilai diameter *droplet* dan *burning lifetime*. Nilai *burning rate* dapat dipengaruhi oleh diameter *droplet* dan *burning lifetime*, dimana *burning lifetime* yang meningkat akan menyebabkan *burning rate* yang menurun, dikarenakan *burning lifetime* dan *burning rate* berbanding terbalik sesuai persamaan 1.

Selain itu *burning rate* juga dapat dipengaruhi oleh nilai *heating value*, dimana *heating value* yang tinggi menyebabkan temperatur yang tinggi pula, dengan temperatur yang tinggi dapat menyebabkan nilai *burning rate* yang tinggi juga. Selain itu juga nilai *burning rate* juga dapat dipengaruhi juga karena fenomena *microexplosion*, yang telah dijelaskan secara detail pada subbab sebelumnya, yaitu subbab visualisasi nyala api

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dan dari analisis data hasil penelitian serta pembahasan grafik yang sudah diuraikan mengenai pengaruh penambahan alkohol terhadap karakteristik pembakaran *droplet*

minyak jarak, maka didapatkan kesimpulan bahwa :

1. *Ignition delay* yang paling rendah dimiliki oleh *droplet* minyak jarak dengan campuran etanol.
2. Visualisasi yang paling kecil dimiliki oleh *droplet* minyak jarak dengan campuran etanol.
3. Temperatur yang paling tinggi dimiliki oleh *droplet* minyak jarak dengan campuran propanol.
4. *Burning rate* yang paling tinggi dimiliki oleh *droplet* minyak jarak dengan campuran metanol.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Atmanli, A. 2016. Comparative analyses of diesel–waste oil biodiesel and propanol, n-butanol or 1-pentanol blends in a diesel engine. Turkey : Automotive Sciences Department.
- [2] Butero, M, L. 2011. *Synergistic Combustion of Droplets of Ethanol, Diesel, and Biodiesel Mixtures*. United States of America: Princeton University.
- [3] Fiedler, E. 2005. *Methanol*. Federal Republic of Germany.
- [4] Hahn, H, D. 2005. *Butanols*. Federal Republic of Germany.
- [5] Hoxie, A. 2013. *Microexplosive Combustion Behavior of Blended Soybean Oil and Butanol Droplets*. United States of America: University of Minnesota Duluth.
- [6] Kosaric, N. 2002. *Ethanol*. London: University of Western Ontario.
- [7] Mishra, S. C. & Sahai, H.2014. *Analysis of non –Fourier Conduction and Volumetric Radiation in a Concentric spherical shell using lattice Boltzmann method and finite volume method*. International Journal of Heat and Mass Transfer.
- [8] Papa, A, J. 2005. *Propanols*. United States of America: Union Carbide Chemicals and Plastics Company Inc.
- [9] Siwale, L. *Combustion and Emission Characteristic of n-Butanol/Diesel Fuel Blend in a Turbo-Charged Compression Ignition Engine*. South Africa: Tshwane University of Technologi.
- [10] Wardana, I.N.G. 1995. *Bahan Bakar dan Teknologi Pembakaran*. Malang: Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.