

repository.ub.ac.id

PENGARUH PENAMBAHAN ALKOHOL TERHADAP KARAKTERISTIK PEMBAKARAN *DROPLET* BIODIESEL MINYAK JARAK

Ardira Fariz Pasha, Lilis Yuliati, Purnami

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jl. Mayjend. Haryono no. 167, Malang, 65145, Indonesia

Email : dirabbieto@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian pengaruh penambahan alkohol terhadap karakteristik pembakaran *droplet* biodiesel minyak jarak telah dilakukan dengan percobaan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik pembakaran biodiesel dengan variasi campuran alkohol (metanol, etanol, propanol, dan metanol). Karakteristik pembakaran yang diteliti adalah *ignition delay*, visualisasi nyala api, temperatur pembakaran, dan *burning rate*. Percobaan ini menggunakan *droplet* dengan diameter *droplet* 1 mm dan memiliki toleransi sebesar 0,1 mm, sedangkan untuk jarak antara *droplet* dengan *heater* sebesar 1,99 mm. Hasil penelitian yang didapat adalah hasil pembakaran *droplet* campuran biodiesel dengan butanol memiliki *ignition delay*, visualisasi nyala api, dan *burning rate* yang paling tinggi dengan 0,852 s pada *ignition delay*, 26,79 mm dan 6,33 mm untuk tinggi dan lebar api, serta 1,03 s pada *burning rate*. Sedangkan untuk hasil pembakaran *droplet* campuran biodiesel dengan propanol memiliki temperatur yang paling tinggi, yaitu 678,32°C.

Kata Kunci: Alkohol, Biodiesel Minyak Jarak, Karakteristik Pembakaran, Pembakaran *Droplet*.

ABSTRACT

Research effect of alcohol on the burning characteristics of biodiesel *jatropha curcas* droplets have been done with the experiment. This study aims to determine the burning characteristics of biodiesel with a variation of a mixture of alcohol (methanol, ethanol, propanol, and methanol). Combustion characteristics studied were *ignition delay*, visualization of flame, burning temperature and burning rate. This experiment use a droplet with 1 mm of diameter and has a tolerance of 0,1 mm, while the distance between the droplet with a heater of 1,99 mm. The research results obtained are the result of burning droplets mix biodiesel with butanol have *ignition delay*, visualization of flame, and burning rate is the highest with 0,852 s in the *ignition delay*, 26,79 mm and 6,33 mm for the height and width of the fire, as well as 1,03 s on the burning rate. As for the results of droplet burning biodiesel blends with propanol has the highest temperature, is 678,32°C.

Keyword: Alcohol, *Jatropha Curcas* Biodiesel, Combustion Characteristics, Droplet Combustion.

PENDAHULUAN

Ketimpangan antara jumlah produksi minyak mentah dengan jumlah konsumsinya terus di alami oleh Indonesia, yang menyebabkan Indonesia harus *import* minyak mentah dari negara lain. Tindakan preventif yang dilakukan sebagai solusi masalah tersebut adalah dengan mengganti bahan bakar minyak dengan bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan, mudah ditemukan, dan proses produksinya singkat.

Banyak penelitian mengenai alternatif dari bahan bakar minyak, salah satunya minyak nabati. Salah satu minyak nabati berasal dari biji tanaman jarak yaitu minyak jarak. Minyak jarak dapat menjadi campuran bahan bakar, tetapi memiliki viskositas yang masih tinggi, sehingga harus diubah menjadi biodiesel agar bisa digunakan sebagai bahan campuran dari solar dengan viskositas yang lebih rendah [1]. Sehingga dengan viskositas rendah, proses atomisasi pada biodiesel akan lebih mudah serta kemampuan untuk menguap dan menyatu dengan udara akan lebih cepat.

Penambahan alkohol terhadap karakteristik pembakaran *droplet* biodiesel minyak jarak bertujuan untuk menurunkan viskositas dan menaikkan nilai *cetane* bahan bakar, sehingga bahan bakar akan lebih mudah terbakar dan semakin mudah untuk diatomisasi [2].

Pada penelitian sebelumnya yang sudah dilakukan oleh (Botero, *et al.* 2011) [3] tentang pembakaran *droplet* campuran biodiesel dengan solar, menghasilkan tingkat pembentukan jelaga yang menurun dan juga menurunkan *burning rate*.

Sehingga pada penelitian ini dilakukan percobaan pembakaran *droplet* campuran biodiesel dengan alkohol bertujuan untuk meningkatkan *burning*

rate dan terus menekan tingkat pembentukan jelaga [4].

Alkohol yang digunakan antara lain metanol, etanol, propanol, dan butanol. Penggunaan 4 alkohol sebagai campuran biodiesel karena memiliki viskositas yang rendah, *flashpoint* yang rendah, *latent heat of vaporization* dan *heating value* yang berbeda-beda. Sehingga diakhir penelitian dapat dibandingkan hasil penelitian satu dengan yang lainnya untuk mendapatkan hasil yang terbaik [5].

PENELITIAN

Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian eksperimental (*experimental research*), yaitu pengamatan secara langsung untuk mendapatkan data yang bersifat sebab akibat sehingga dapat membandingkan data satu dengan yang lain dan juga untuk mengetahui pengaruh variasi penambahan alkohol pada pembakaran *droplet* biodiesel minyak jarak.

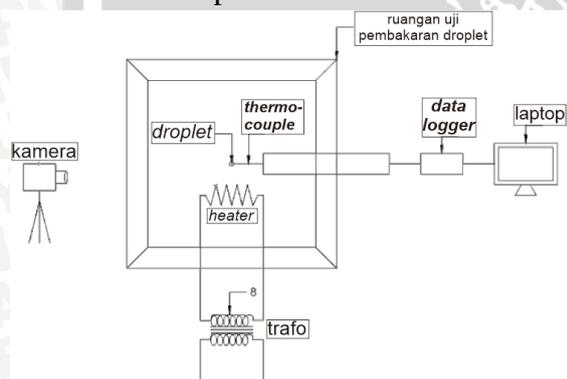
Metanol, etanol, propanol, dan butanol merupakan variabel bebas yang digunakan pada penelitian. *Ignition delay*, visualisasi nyala api, temperatur pembakaran, dan *burning rate* merupakan variabel terikat pada penelitian ini. Variabel terkontrolnya adalah presentase alkohol dalam campuran yaitu 20% berdasarkan volume dan diameter *droplet* 1 mm dengan toleransi 0,1 mm.

Prosedur pengambilan data yang dilakukan pertama kali adalah mencampur biodiesel dengan alkohol (metanol, etanol, propanol, dan butanol) secara mekanik dengan perbandingan campuran 1:4 menggunakan wadah yang terpisah pada masing-masing campuran. Pastikan campuran sudah tercampur merata

sebelum dimasukkan kedalam alat pembentuk *droplet*.

Ketika sudah tercampur rata, masukan bahan bakar tersebut kedalam alat pembentuk *droplet*. Atur seberapa banyak bahan bakar yang keluar dengan menekan bagian bawah pada alat pembentuk *droplet*. Ulangi langkah tersebut untuk pembuatan *droplet* dengan variasi yang lain.

Untuk proses pengambilan data, pertama-tama atur dan rangkai peralatan pengujian sesuai dengan skema penelitian, termasuk penempatan dan pencahayaan kamera pada bagian depan tempat pembakaran *droplet*. Sambungkan *thermocouple* pada *data logger*, lalu dari *data logger* sambungkan lagi dengan laptop untuk menerima data seperti pada skema instalasi penelitian dibawah ini:



Gambar 1 Skema instalasi penelitian

Setelah itu, bentuklah *droplet* berdiameter 1 mm dengan toleransi 0,1 mm pada *thermocouple*. Lakukan pengambilan gambar pada *droplet* sebelum mulai dipanaskan. Jalankan aplikasi *data logger* pada laptop bersamaan dengan dinyalakannya *heater* dan perekaman pada kamera. Tunggu *heater* mulai memanaskan pada suhu tertentu, kemudian didekatkan pada *droplet*. Pada saat *droplet* mulai terbakar, dengan segera *heater* ditarik menjauhi *droplet*. Tunggu hingga nyala api padam terlebih dahulu, baru hentikan

perekaman kamera. Ulangi urutan pengujian diatas untuk variasi alkohol berikutnya.

Ketika data sudah diterima laptop, lakukan pengolahan data menjadi bentuk grafik dan tabel untuk menyatukan semua data. Pada data *ignition delay*, visualisasi nyala api, dan *burning rate* didapatkan dari hasil perekaman kamera. Untuk data temperatur pembakaran didapatkan dari *thermocouple* yang di sambungkan ke *data logger*.

Khusus untuk data *burning rate* dan *burning lifetime* (lama waktu api menyala) harus melewati perhitungan rumus terlebih dahulu, sebagai berikut:

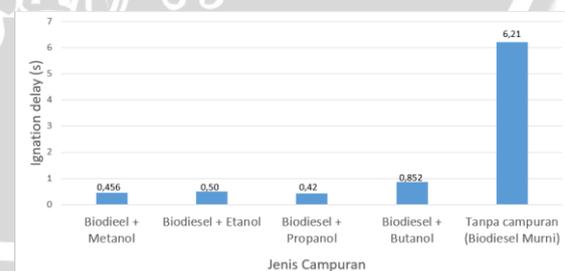
$$D^2(t) = D_0^2 - K_c \cdot t \quad (1)$$

Dimana:

- D = diameter *droplet* pada waktu tertentu (mm)
- D₀ = diameter *droplet* awal (mm)
- K_c = *burning rate constant* (mm²/s)
- t = *burning lifetime* (s)

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Ignition Delay



Gambar 2 Grafik pengaruh variasi penambahan alkohol terhadap *burning rate droplet* biodiesel minyak jarak

Berdasarkan grafik diatas, campuran biodiesel dengan butanol

memiliki nilai *ignition delay* paling tinggi, namun ketika ditinjau dari nilai kalor laten yang dimiliki butanol, seharusnya butanol memiliki nilai *ignition delay* rendah, seperti dapat dilihat pada tabel berikut ini:

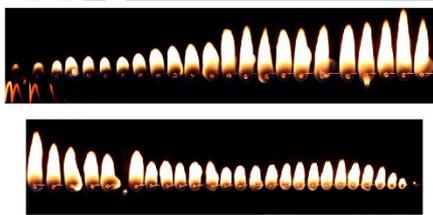
Tabel 1 Sifat fisik alkohol

	Metanol	Etanol	Propanol	Butanol
Flashpoint (°C)	10	16,6	11,7	35
Latent heat of vaporization (kJ/L)	920	725	585	474
Heating value (MJ/kg)	22,7	29,85	33,6	26,7

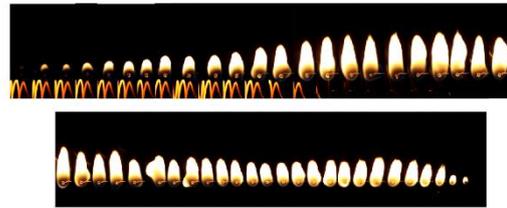
Hal ini dikarenakan nilai *flashpoint* butanol adalah yang paling tinggi diantara alkohol lain, sehingga butanol menjadi alkohol yang paling sulit terbakar walaupun memiliki kalor penguapan yang rendah. Kalor laten adalah kalor yang dibutuhkan untuk menguapkan bahan bakar tiap satu satuan massa. Semakin besar nilai kalor laten / kalor penguapan yang dimiliki alkohol, maka alkohol akan semakin sulit untuk menguap dan terbakar.

Flashpoint adalah suhu terendah bahan bakar untuk mencapai titik didihnya lalu menguap dan menyatu dengan udara. Semakin besar nilai *flashpoint* alkohol, maka alkohol tersebut juga akan semakin sulit terbakar.

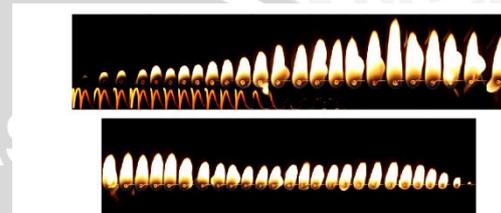
B. Visualisasi Nyala Api



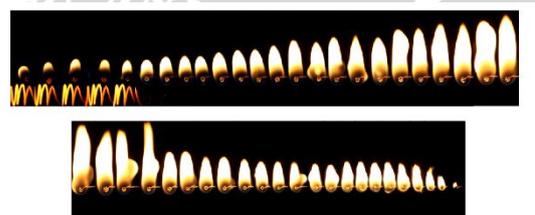
Gambar 3 Visualisasi pembakaran *droplet* biodiesel minyak jarak dengan campuran metanol



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



Gambar 5 Visualisasi pembakaran *droplet* biodiesel minyak jarak dengan campuran propanol



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

Visualisasi nyala api diatas adalah seluruh *frame* proses nyala api pada proses pembakaran setiap 0,02s. Proses pembakaran *droplet* campuran biodiesel dengan alkohol memiliki bentuk evolusi api yang berbeda-beda karena variasi alkohol yang digunakan.

Namun, terdapat kesamaan bentuk evolusi api antara metanol, propanol, dan butanol yang menyebabkan adanya dua macam pola evolusi api. Pada evolusi api metanol, propanol, dan butanol memiliki bentuk api yang tinggi dan memanjang keatas, namun pada api etanol tidak terdapat evolusi api seperti itu. Pada api hasil pembakaran *droplet* biodiesel dengan



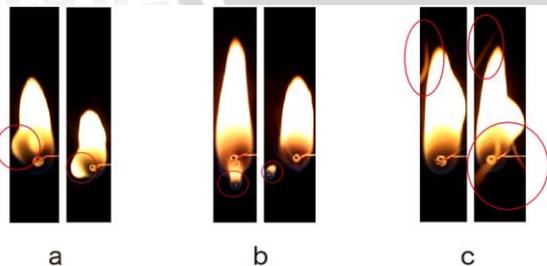
etanol terlihat lebih pendek dibandingkan dengan biodiesel dengan campuran alkohol yang lain.

Hal ini dapat dikarenakan oleh perbedaan densitas uap dan *bouyancy* / gaya apung. Ketika densitas uap bahan bakar ringan, maka akan lebih mudah untuk menyebar keatas. Sebaliknya, ketika densitas uap memiliki massa lebih berat, maka uap bahan bakar akan cenderung bergerak kesamping dan untuk menyebar ke atas cenderung lambat. Ketika gaya apung yang dimiliki uap bahan bakar besar, maka uap tersebut menyebar ke atas juga akan lebih cepat.

Banyak ditemukan *microexplosion* selama proses pembakaran. *Microexplosion* adalah fenomena ledakan 2 macam bahan bakar atau lebih yang memiliki titik didih berbeda.

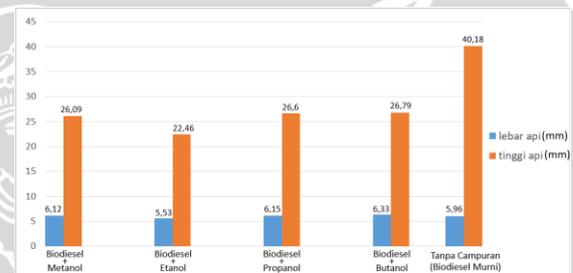
Hal ini menyebabkan *burning rate* meningkat karena *droplet* yang pecah dan membuat ukuran *droplet* menjadi lebih kecil, dan juga temperatur pembakaran menurun.

Bentuk nyala api yang berubah-ubah dari yang berukuran kecil lalu berubah menjadi besar dan kembali menjadi kecil disebabkan ada terjadinya *microexplosion* selama proses pembakaran.



Gambar 7 Bentuk *microexplosion* selama proses pembakaran (a) berada didalam api (b) *droplet* keluar dari dalam api dan terbakar (c) *droplet* pecah dan terpental keluar dari nyala api tetapi tidak terbakar

Pada gambar diatas, (a) menunjukkan *microexplosion* yang terjadi pada bahan bakar tetapi masih berada didalam lingkup api tersebut dan tidak menyebabkan turunnya temperatur pembakaran, sedangkan pada (b) terlihat *droplet* yang pecah dan keluar dari lingkup api serta membawa api dari proses pembakaran, hal ini menyebabkan temperatur pembakaran menurun. Pada (c) pecahan dari *droplet* yang terpental keluar dari nyala api tidak terbakar sehingga hanya menimbulkan asap saja namun tetap menurunkan temperatur pembakaran dan *burning lifetime*.



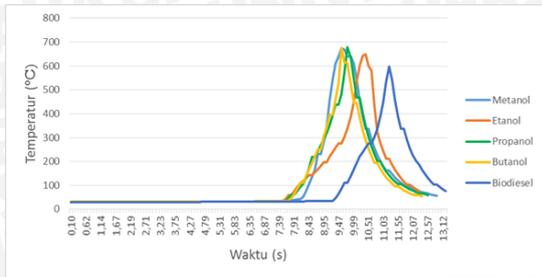
Gambar 8 Grafik pengaruh variasi campuran alkohol terhadap visualisasi nyala api pembakaran *droplet* biodiesel minyak jarak

Pada kecepatan pembakaran yang tinggi, maka bahan bakar akan cepat termakan lalu menyebabkan nyala api menjadi kecil karena bahan bakar belum sempat menguap lebih luas tetapi sudah habis terbakar.

Pada kecepatan penguapan yang tinggi, bahan bakar akan lebih cepat terbakar sehingga nyala api akan semakin besar karena uap bahan bakar lebih banyak tersebar sehingga bentuk api menjadi lebih besar.



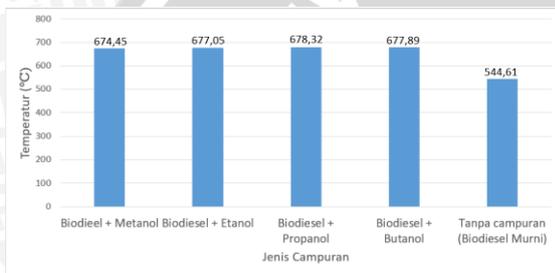
C. Temperatur Pembakaran



Gambar 9 Grafik hubungan temperatur dan waktu pada pembakaran *droplet* biodiesel minyak jarak dengan variasi campuran alkohol

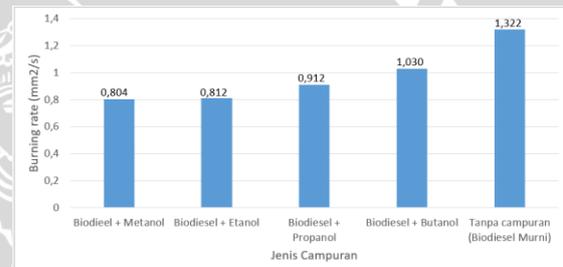
kecepatan pembakaran tinggi, maka temperatur pembakaran juga semakin tinggi.

Heating value sendiri adalah kalor yang dikandung setiap satu satuan massa bahan bakar. Pada *heating value* yang tinggi, maka temperatur dan *burning rate* juga akan tinggi, tetapi bentuk api menjadi kecil. Karena ketika jumlah energi panas yang dilepaskan pada ruang kecil, akan memiliki temperatur yang lebih tinggi dibandingkan dengan energi panas yang dilepaskan diruang yang lebih besar.



Gambar 10 Grafik pengaruh variasi penambahan alkohol terhadap temperatur *droplet* biodiesel minyak jarak

D. Burning Rate



Gambar 11 Grafik pengaruh variasi penambahan terhadap *burning rate droplet* biodiesel minyak jarak

Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa untuk nilai temperatur yang paling tinggi dimiliki oleh *droplet* biodiesel minyak jarak dengan campuran propanol sebagai alkoholnya. Berdasarkan tabel 1, *heating value* tertinggi dimiliki oleh propanol, sehingga ketika *heating value* tinggi, maka temperaturnya juga akan ikut tinggi.

Hal ini dikarenakan nilai *heating value* yang tinggi dapat menyebabnya kalor yang dikeluarkan semakin besar, apabila kalor yang dikeluarkan besar, maka temperatur pun akan ikut meningkat. Temperatur pembakaran juga dipengaruhi oleh kecepatan pembakaran, ketika

Berdasarkan rumus (1), besarnya nilai *burning rate* dapat dipengaruhi dari besarnya diameter awal *droplet* dan *burning lifetime*. Semakin besar *burning lifetime* yang dihasilkan dari proses pembakaran, maka nilai *burning rate* yang didapat akan semakin kecil. Ketika semakin kecil *burning rate*, maka akan berhubungan dengan temperatur pembakaran yang juga akan semakin kecil. Begitu juga sebaliknya, ini terjadi karena mereka saling berhubungan.

Burning rate juga dapat dipengaruhi oleh ada atau tidaknya *microexplosion*, karena ketika proses pembakaran terjadi *microexplosion*, *burning rate* akan menjadi tinggi dan

temperatur akan menurun. *Burning rate* saling berhubungan dengan temperatur pembakaran, ketika temperatur pembakaran tinggi, maka *burning rate* juga akan tinggi.

Dari grafik diatas dapat terlihat bahwa *burning rate* butanol lebih tinggi dari *burning rate* etanol, hal ini dikarenakan temperatur pembakaran butanol lebih tinggi dari temperatur pembakaran etanol. *Burning rate* metanol menjadi yang paling rendah dikarenakan pada pembakaran metanol terjadi *microexplosion* yang menyebabkan menurunnya temperatur pembakaran dan meningkatnya *burning rate*.

PENUTUP

Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan tentang pengaruh penambahan alkohol terhadap karakteristik pembakaran *droplet* biodiesel minyak jarak, dimana alkohol yang digunakan adalah metanol, etanol, propanol, dan butanol dapat ditarik kesimpulan.

1. *Ignition delay time* yang terbaik adalah campuran biodiesel dan alkohol dengan *ignition delay* yang paling rendah, yaitu adalah propanol. Diikuti dengan metanol, etanol dan butanol yang tertinggi.
2. Pada visualisasi nyala api, yang memiliki lebar dan tinggi terkecil adalah campuran biodiesel dengan etanol. Diikuti dengan metanol, propanol, dan yang tertinggi yaitu butanol.
3. Temperatur pembakaran terbaik adalah yang paling tinggi, yaitu pada pembakaran *droplet* campuran biodiesel dengan propanol. Diikuti oleh butanol, etanol, dan yang terkecil yaitu metanol.

4. Kecepatan pembakaran atau *burning rate* yang paling baik adalah *burning rate* yang paling tinggi, pada penelitian ini dimiliki oleh butanol. Diikuti oleh propanol, etanol, dan yang terkecil adalah metanol.
5. Campuran biodiesel dengan propanol campuran yang terbaik berdasarkan dari karakteristik pembakaran *droplet* yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sudrajat, dkk. 2007. *Permasalahan dalam Teknologi Pengolahan Biodiesel dari Minyak Jarak Pagar (Jatropha Curcas L.)*. Prosiding Lokakarya II. Status Teknologi Tanaman Jarak Pagar (*Jatropha Curcas L.*). Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan. Bogor.
- [2] Hoxie, A. et al. 2013. *Microexplosive combustion behavior of blended soybean oil and butanol droplets*.
- [3] Botero, M.L. 2011. *Synergistic combustion of droplets of ethanol, diesel and biodiesel mixtures*. United States of America: Princeton University.
- [4] Gong, Jing. et al. 2014. *A comparative study of n-propanol, propanal, acetone, and propane combustion in laminar flames*.
- [5] Hallett, W.L.H. et al. 2010. *Evaporation of single droplets of ethanol-fuel oil mixtures*.