

Pengaruh Penambahan Etanol Dan Tekanan Ruang Bakar Terhadap Karakteristik Pembakaran *Droplet* Biodiesel Minyak Kemiri Sunan

Papang Zaen Nizhar, Purnami, Nurkholis Hamidi

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jl. Mayjend Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

E-mail : papangaennizhar@gmail.com

Abstrak:

Meningkatnya kebutuhan energi tidak sebanding dengan ketersediaan bahan bakar minyak fosil. Sehingga diperlukan bahan bakar alternatif yang dapat diperbaharui. Biodiesel merupakan salah satu bahan bakar yang berpotensi menggantikan bahan bakar fosil. Biodiesel dapat diperoleh dari minyak nabati yang telah melalui proses transesterifikasi. Kemiri sunan memiliki potensi untuk dijadikan sumber minyak nabati sebagai bahan baku biodiesel. Pada penelitian ini dilakukan pengujian pembakaran droplet biodiesel kemiri sunan dengan variasi penambahan konsentrasi etanol dan variasi tekanan ruang bakar untuk mengetahui karakteristik pembakarannya. Penambahan etanol pada biodiesel kemiri sunan dilakukan untuk memperoleh karakteristik biodiesel yang lebih baik karena biodiesel memiliki viskositas yang tinggi. Variasi penambahan etanol yang digunakan yaitu E10, E20, E30 dan E40 persen sedangkan variasi tekanan yang digunakan yaitu 1, 3 dan 5 ATM. Setelah dilakukan penelitian hasilnya yaitu Penambahan tekanan pada pembakaran droplet akan menurunkan tinggi api dan lebar api, namun menaikkan ignition delay, burning rate, dan temperatur ruang bakar. Sedangkan penambahan etanol pada pembakaran droplet akan menurunkan temperatur ruang bakar, tinggi api dan lebar api, namun menaikkan ignition delay dan burning rate. Penambahan etanol pada biodiesel kemiri sunan akan memunculkan fenomena microexplosion.

Kata kunci: *droplet*, biodiesel, etanol, *microexplosion*, karakteristik pembakaran, kemiri sunan, tekanan ruang bakar.

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi di Indonesia dari tahun ketahun semakin meningkat terutama pada penggunaan bahan bakar minyak fosil. Sementara itu cadangan minyak Indonesia tidak bertambah, bahkan terus menurun. Pada tahun 2006

cadangan minyak di Indonesia masih 8,93 miliar barel, dan setiap tahun mengalami penurunan dimana pada tahun 2010 yaitu 7,76 miliar barel dan pada tahun 2015 menjadi 7,30 miliar barel^[1].

Cadangan minyak yang dimiliki

Indonesia diperkirakan tidak akan bertahan lebih dari 11 tahun. Hal ini terjadi jika laju produksi minyak Indonesia terus berada pada kisaran 800 ribu barel per hari (bph). Indonesia menempati urutan ke 27 negara dengan cadangan minyak di dunia. Jumlah ini jauh di bawah Venezuela yang menempati urutan pertama dengan 298,3 miliar barel, Saudi Arabia 265,9 miliar barel, Kanada 174,3 miliar barel, Iran 157 miliar barel, Irak miliar 150 barel, Kuwait 101,5 miliar barel, Uni Emirat Arab 97,8 miliar barel, Rusia 93 miliar barel, Libya 48,5 miliar barel dan Amerika Serikat (AS) sebanyak 44 miliar barel. Jumlah cadangan energi Indonesia hanya 0,6 persen dari seluruh cadangan dunia.

Sehingga dari permasalahan tersebut diperlukan suatu pengembangan energi alternatif yang dapat diperbaharui dan ramah lingkungan untuk mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan energi bahan bakar fosil. Salah satu cara yang memungkinkan yaitu dengan penggunaan bahan bakar dari minyak nabati. Minyak nabati dapat diperoleh dari tanaman seperti kelapa sawit, kelapa, jarak pagar, kapuk, nyamplung, kemiri sunan dan sebagainya.

Salah satu sumber minyak nabati yang berpotensi yaitu kemiri sunan (*Reutealis trisperma (Blanco) Airy Shaw*). Kemiri sunan memiliki keunggulan lebih dibandingkan dengan sumber biomasa lainnya untuk bioenergi dan tidak berkompetisi dengan program swasembada pangan pemerintah karena kemiri sunan dapat ditanam dilahan kritis sub marginal yang tidak bisa sama

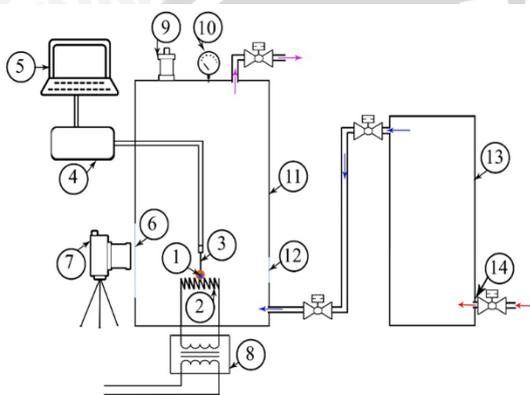
sekali ditanam swasembada pangan, hasil energi/ha lebih tinggi, usia kemiri sunan mencapai 100 tahun dan bisa menerima tanaman tumpang sari. Bahkan daun kemiri sunan bisa menyuburkan tanah dan relatif lebih banyak menyerap CO₂^[2].

Penggunaan kemiri sunan dalam bio-oil atau *crude* (minyak murni) memiliki kelemahan karena viskositasnya yang tinggi. Viskositas yang tinggi dapat menghambat pompa injeksi pada mesin diesel dan tidak mampu menghasilkan pengkabutan (*atomization*) yang baik ketika minyak kemiri sunan disemprotkan ke dalam ruang bakar, sehingga hasil dari injeksi tidak berwujud kabut yang mudah menguap melainkan tetesan bahan bakar yang sulit terbakar^[3]. Untuk itu perlu pertimbangan agar minyak kemiri sunan bisa digunakan pada mesin diesel konvensional, yaitu dengan mengolahnya menjadi biodiesel terlebih dahulu. Biodiesel dapat diperoleh dengan mengolah minyak nabati melalui proses transesterifikasi dengan produk akhir berupa mono-aklil ester.

Selain itu menurut penelitian penambahan etanol pada biodiesel dapat memperbaiki kualitas biodiesel, salah satunya yaitu meningkatkan *burning rate* akibat adanya efek *microexplosion* dan kandungan oksigen pada etanol yang tinggi sehingga akan mempercepat reaksi pembakaran. Namun penambahan etanol pada biodiesel memiliki kelemahan yaitu temperatur yang dihasilkan lebih rendah dari temperatur pembakaran biodiesel murni. Hal tersebut dikarenakan nilai kalor etanol yang rendah.

METODE PENELITIAN

Metode yang dipakai pada penelitian ini adalah metode penelitian eksperimental sungguhan. Eksperimental sungguhan ini meneliti tentang pengaruh suatu perbandingan dalam sebuah perlakuan yang berbeda. Metode ini mengamati secara langsung hal-hal yang terjadi pada saat percobaan berlangsung guna mendapatkan hasil suatu perbandingan yang paling baik



Gambar 1. Skema instalasi penelitian

Keterangan:

- | | |
|------------------|---|
| 1. Droplet | 10. Pressure Gauge |
| 2. Heater | 11. Ruang uji bakar |
| 3. Thermocouple | 12. Lubang untuk alat pembentuk droplet |
| 4. Data logger | 13. Air dryer |
| 5. Laptop | 14. Air cock |
| 6. Jendela | |
| 7. Kamera | |
| 8. Transformator | |
| 9. Safety valve | |

a. Variabel bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang besarnya telah ditentukan peneliti sebelumnya sebelum penelitian tersebut dilakukan dan tidak dipengaruhi oleh variabel lain. Penelitian kali ini variabel bebasnya antara lain:

1. Konsentrasi campuran etanol pada

biodiesel minyak kemiri sunan 0%, 10%, 20%, 30% dan 40%.

2. Variasi tekanan (*absolute*) ruang bakar yaitu 1 atm, 3 atm, dan 5 atm.

b. Variabel terikat

Variabel terikat merupakan suatu variabel yang nilainya tergantung pada variabel bebas dan hasilnya bisa diketahui setelah penelitian dilakukan. Pada penelitian kali ini variabel terikatnya antara lain:

1. Temperatur pembakaran,
2. *Ignition delay*
3. Burning rate
4. Visualisasi nyala api pada proses pembakaran droplet campuran biodiesel minyak kemiri sunan dan etanol

c. Variabel terkontrol

Variabel terkontrol merupakan suatu variabel yang besarnya telah ditentukan sebelum penelitian berlangsung dan bersifat tetap atau konstan. Dalam penelitian ini variabel terkontrolnya antara lain:

1. Daya elemen pemanas sebesar: 240 watt
2. Suhu ruang uji bakar sebesar: 25°C - 30°C

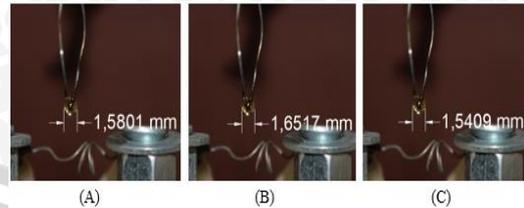
Penelitian dimulai dengan mencampurkan etanol dan biodiesel kemiri sunan secara mekanik berdasarkan persentase volume yang telah ditentukan sebelumnya. Kemudian campuran tersebut dimasukkan ke *microliter syringe*, untuk kemudian diteteskan pada *thermocouple* sehingga terbentuk droplet yang menggantung pada *thermocouple*. Lalu droplet yang terbentuk, di foto dengan kamera. Setelah itu udara bertekanan dialirkan melalui kompresor sesuai dengan

tekanan yang telah ditentukan sebelumnya menuju pengering udara (*air dryer*) sebagai perangkap uap air dari udara jika mengalami pengembunan akibat proses kompresi agar tidak ikut masuk ke dalam ruang uji bakar. Kemudian udara bertekanan dari *air dryer* dialirkan menuju ruang uji bakar. Lalu *heater* di nyalakan agar droplet terbakar dan selama proses pembakaran, waktu dan nyala api direkam oleh kamera. Setelah proses pembakaran selesai, katup gas buang dibuka dan ditunggu sampai suhu ruang uji bakar turun menjadi 25-30⁰C. Setelah suhu ruang uji bakar telah mencapai 25-30⁰C, kemudian dilanjutkan dengan penelitian selanjutnya menggunakan persentase campuran etanol-biodiesel dan variasi tekanan ruang bakar yang telah ditentukan sebelumnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Selama penelitian didapatkan beberapa data berupa foto diameter *droplet*, video selama proses pembakaran dan temperatur selama proses pembakaran. Temperatur maksimal pembakaran didapatkan dari data dari *thermocouple* dan *data logger* yang diolah dari aplikasi *wavescan 2.0*. sedangkan video yang didapat nantinya akan didapatkan data karakteristik pembakaran berupa *ignition delay times* dan *burning rate lifetimes*. Nilai *burning rate* didapatkan dengan mencari diameter *droplet* dan *burning rate lifetimes*. Untuk tinggi dan lebar api didapatkan dari visualisasi video selama proses pembakaran *droplet*. Diameter *droplet* diukur menggunakan *software autocad 2016* dengan menggunakan

skala penggaris yang diletakkan di ruang uji bakar, seperti pada gambar 4.2

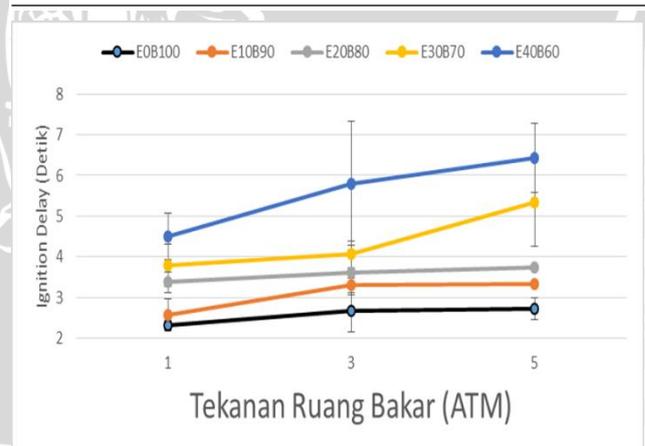


Gambar 2. Diameter droplet E0 pada tekanan (A) 1 atm, (B) 3 atm, dan (C) 5 atm.

A. Pengaruh Penambahan Etanol dan Tekanan Ruang Bakar Terhadap *Ignition delay* Pembakaran *Droplet* Biodiesel Kemiri Sunan.

Tabel 1 Data hasil pengujian pembakaran *droplet* terhadap *Ignition delay*

Persentase Etanol (%)	<i>Ignition delay</i> (detik)		
	1 atm	3 atm	5 atm
0%	2.320	2.681	2.731
10%	2.568	3.298	3.329
20%	3.373	3.612	3.742
30%	3.794	4.056	5.344
40%	4.505	5.807	6.437



Gambar 3. Grafik pengaruh konsentrasi etanol dan tekanan ruang bakar terhadap *ignition delay*

Berdasarkan gambar 3, pada tekanan konstan terlihat bahwa

peningkatan konsentrasi etanol berpengaruh terhadap *ignition delay*. Semakin tinggi konsentrasi etanol yang ditambahkan pada biodiesel kemiri sunan maka *ignition delay*nya juga semakin meningkat. Hal ini disebabkan suhu *auto-ignition* etanol lebih tinggi dari pada biodiesel yaitu sebesar 423°C sementara suhu *auto-ignition* biodiesel sebesar 177°C ^[4]. Semakin tinggi suhu *auto-ignition* maka bahan bakar akan sulit terbakar. Selain itu etanol memiliki angka setana yang kecil dibandingkan biodiesel kemiri sunan yaitu sebesar 4-8 sedangkan biodiesel kemiri sunan memiliki angka setana sebesar 54. Semakin kecil angka setana maka bahan bakar akan sulit terbakar, sehingga penambahan etanol pada biodiesel kemiri sunan akan meningkatkan *ignition delay*.

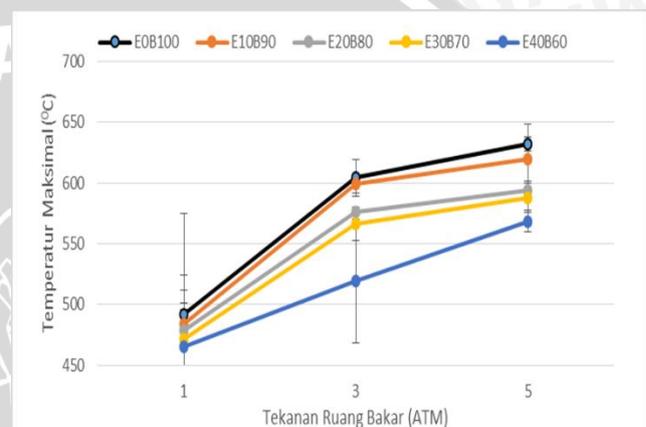
Berdasar gambar 3 juga terlihat pengaruh tekanan ruang bakar terhadap *ignition delay*. Semakin tinggi tekanan ruang bakar maka *ignition delay*nya juga semakin naik. Hal ini sesuai dengan konsep termodinamika mengenai zat cair dimana ketika zat cair diberi tekanan maka akan meningkatkan temperatur *saturated evaporated* (temperatur penguapan) sehingga semakin tinggi temperatur penguapan maka waktu untuk bahan bakar dapat menyala semakin lama sehingga *ignition delay*nya semakin meningkat.

B. Pengaruh Penambahan Etanol dan Tekanan Ruang Bakar Terhadap Temperatur Maksimal Pembakaran *Droplet* Biodiesel Kemiri Sunan.

Tabel 2 Data hasil pengujian pembakaran *droplet* terhadap

temperatur maksimum

Persentase Etanol (%)	Temperatur Api ($^{\circ}\text{C}$)		
	1 atm	3 atm	5 atm
0%	492.0294	604.0492	631.9792
10%	483.9021	599.1652	619.5726
20%	479.0511	576.3761	594.0212
30%	471.5723	566.6733	587.6452
40%	465.5779	519.5491	568.5158



Gambar 4. Grafik pengaruh konsentrasi etanol dan tekanan ruang bakar terhadap temperatur maksimal

Berdasarkan gambar 4, pada tekanan konstan terlihat bahwa peningkatan konsentrasi etanol berpengaruh terhadap temperatur maksimal yang dihasilkan selama proses pembakaran. Semakin tinggi konsentrasi etanol yang ditambahkan pada biodiesel kemiri sunan maka temperatur maksimal yang dihasilkan selama proses pembakaran semakin menurun. Hal ini disebabkan etanol memiliki nilai kalor yang lebih rendah yaitu sebesar $7093,723 \text{ cal/gram}$, sedangkan biodiesel sebesar $9777,483 \text{ cal/gram}$ (Lab. Molar FT-UB, 2016). Semakin rendah nilai kalor maka temperatur pembakaran akan

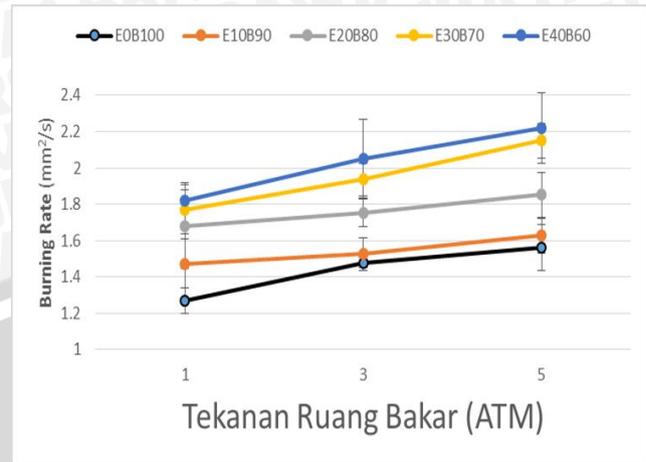
semakin rendah.

Berdasar gambar 4 juga terlihat pengaruh tekanan ruang bakar terhadap temperatur maksimal. Semakin tinggi tekanan ruang bakar maka temperatur ruang bakar akan semakin tinggi. Hal ini disebabkan karena penambahan tekanan mengakibatkan kenaikan temperatur ruang bakar dan *droplet* sehingga dapat meningkatkan temperatur hasil pembakaran^[5].

C. Pengaruh Penambahan Etanol dan Tekanan Ruang Bakar Terhadap *Burning Rate* Pembakaran *Droplet* Biodiesel Kemiri Sunan.

Tabel 3. Data hasil pengujian pembakaran *droplet* terhadap *burning rate*

Persentase Etanol (%)	<i>Burning rate</i> (mm ² /s)		
	1 atm	3 atm	5 atm
0%	1.269301479	1.478646417	1.561684035
10%	1.472148083	1.52518867	1.626172102
20%	1.681448039	1.75196133	1.851937025
30%	1.771364577	1.935579933	2.149709606
40%	1.81731611	2.051850519	2.220936017



Gambar 5. Grafik pengaruh konsentrasi etanol dan tekanan ruang bakar terhadap *burning rate*

Berdasarkan gambar 5, pada tekanan konstan terlihat bahwa peningkatan konsentrasi etanol berpengaruh terhadap *burning rate*. Semakin tinggi konsentrasi etanol yang ditambahkan pada biodiesel kemiri sunan maka *burning ratenya* juga semakin meningkat. Hal ini disebabkan etanol memiliki kandungan oksigen sebesar 35%. Sehingga penambahan etanol dapat mempercepat reaksi pembakaran. Selain itu penambahan etanol dapat menimbulkan fenomena *microexplosion*. Selain itu etanol memiliki rantai hidrokarbon yang pendek (C₂H₆O) dibandingkan dengan biodiesel (C₁₈H₃₆O₂). Semakin pendek rantai hidrokarbon maka reaksi pembakarannya akan semakin cepat sehingga nilai *burning ratenya* semakin tinggi.

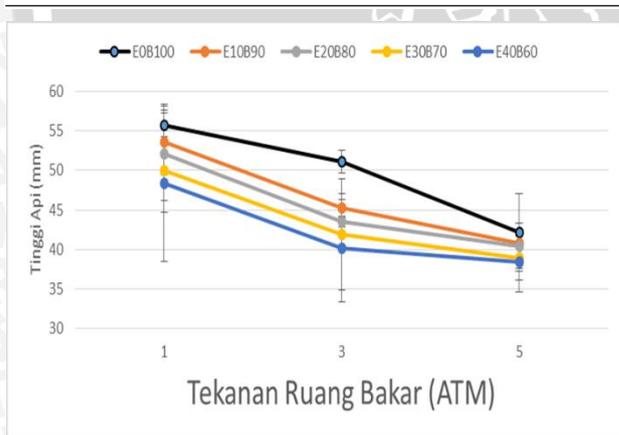
Berdasar grafik gambar 5 juga terlihat pengaruh tekanan ruang bakar terhadap *burning rate*. Semakin tinggi tekanan ruang bakar maka *burning ratenya* akan semakin tinggi. Hal ini disebabkan karena penambahan tekanan

dapat meningkatkan reaksi kimia bahan bakar, semakin cepat reaksi kimia maka akan meningkatkan laju atau kecepatan pembakarannya^[6].

D. Pengaruh Penambahan Etanol dan Tekanan Ruang Bakar Terhadap Tinggi Api Pembakaran *Droplet* Biodiesel Kemiri Sunan.

Tabel 4. Data hasil pengujian pembakaran *droplet* terhadap tinggi api

Persentase Etanol (%)	Tinggi Api (mm)		
	1 atm	3 atm	5 atm
0%	55.7485	51.1246	42.0845
10%	53.5631	45.2762	40.8102
20%	52.1500	43.4577	40.4486
30%	50.0088	41.8807	38.9369
40%	48.4231	40.2072	38.4614



Gambar 6. Grafik pengaruh konsentrasi etanol dan tekanan ruang bakar terhadap tinggi api

Berdasarkan gambar 6, pada tekanan konstan terlihat bahwa peningkatan konsentrasi etanol berpengaruh terhadap tinggi api. Semakin tinggi konsentrasi etanol yang ditambahkan pada biodiesel kemiri sunan maka tinggi api akan semakin

rendah. Hal ini disebabkan penambahan etanol akan mempercepat reaksi pembakaran. Hal tersebut sesuai dengan grafik gambar 6. Reaksi pembakaran akan menurunkan tinggi api, karena nyala api yang dihasilkan pada proses pembakaran sangat cepat sehingga tinggi api yang dihasilkan rendah.

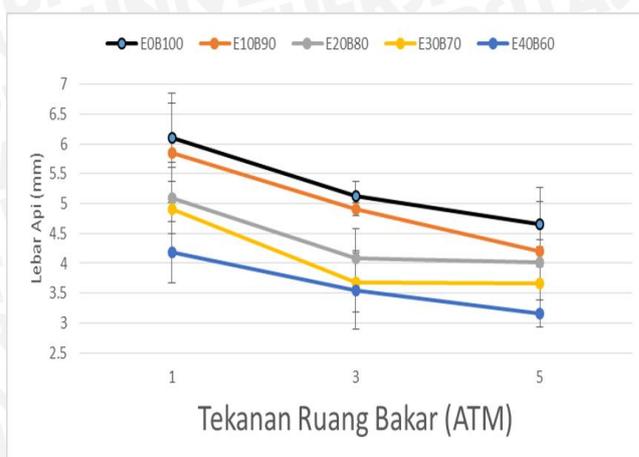
Berdasar grafik gambar 6 juga terlihat pengaruh tekanan ruang bakar terhadap tinggi api. Semakin tinggi tekanan ruang bakar maka tinggi api akan semakin rendah. Hal ini disebabkan oleh nilai *burning rate* pada gambar 5 yang tinggi. Semakin tinggi nilai *burning rate* atau kecepatan pembakaran maka nyala api yang dihasilkan akan semakin cepat sehingga tinggi api yang dihasilkan akan semakin kecil.

E. Pengaruh Penambahan Etanol dan Tekanan Ruang Bakar Terhadap Lebar Api Pembakaran *Droplet* Biodiesel Kemiri Sunan.

Tabel 5. Data hasil pengujian pembakaran *droplet* terhadap lebar api

Persentase Etanol (%)	Lebar Api (mm)		
	1 atm	3 atm	5 atm
0%	6.1066	5.1321	4.6542
10%	5.8548	4.9086	4.1959
20%	5.0927	4.0887	4.0132
30%	4.9039	3.6827	3.6618
40%	4.1868	3.5522	3.1575





Gambar 7. Grafik pengaruh konsentrasi etanol dan tekanan ruang bakar terhadap lebar api

Berdasarkan gambar 7, pada tekanan konstan terlihat bahwa peningkatan konsentrasi etanol berpengaruh terhadap lebar api. Semakin tinggi konsentrasi etanol yang ditambahkan pada biodiesel kemiri sunan maka lebar api akan semakin rendah. Hal ini disebabkan penambahan etanol akan mempercepat reaksi pembakaran. Reaksi pembakaran akan menurunkan lebar api, karena nyala api yang dihasilkan pada proses pembakaran sangat cepat sehingga lebar api yang dihasilkan rendah.

Berdasar gambar 7 juga terlihat pengaruh tekanan ruang bakar terhadap lebar api. Semakin tinggi tekanan ruang bakar maka lebar api akan semakin sempit. Hal ini disebabkan oleh nilai *burning rate* pada gambar 5 yang tinggi. Semakin tinggi nilai *burning rate* atau kecepatan pembakaran maka nyala api yang dihasilkan akan semakin cepat sehingga lebar api yang dihasilkan akan semakin kecil.

KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian tentang pengaruh penambahan etanol dan tekanan ruang bakar terhadap karakteristik pembakaran *droplet* minyak kemiri sunan antara lain:

1. Penambahan tekanan pada pembakaran *droplet* campuran etanol dengan biodiesel kemiri sunan akan menurunkan tinggi api dan lebar api, namun menaikkan *ignition delay*, *burning rate*, dan temperatur ruang bakar.
2. Penambahan persentase etanol pada pembakaran *droplet* biodiesel kemiri sunan akan menurunkan temperatur ruang bakar, tinggi api dan lebar api, namun menaikkan *ignition delay* dan *burning rate*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Kementerian ESDM. 2013. *Punya Cadangan Sedikit, RI Malah Rajin Ekspor Minyak*. <http://bisnis.liputan6.com/read/2189739/punya-cadangan-sedikit-ri-malah-rajin-ekspor-minyak>. (Diakses pada tanggal 14 Februari 2016).
- [2] IPB Magazine. 2015. *Rehabilitasi Lahan Terdegradasi Dengan Tanaman Penghasil Energi*. Bogor.
- [3]. Pranowo, Diby, et al. 2014. *Pembuatan Biodiesel Dari Kemiri Sunan (Reutealis Trisperma (Blanco) Airy Shaw) Dan Pemanfaatan Hasil Samping*. IAARD press. Jakarta. (Hal. 34).
- [4]. Ginley, David S., and David Cahen. 2012. *Fundamental of Materials for Energy and Environmental*

Sustainability. ISBN 978-1-107-00023-0. United Kingdom: Cambridge University Press. 2012: 138.

- [5]. Kusumastuti, Rizky. 2015. *Pengaruh Kosentrasi Etanol Dan Tekanan Ruang Bakar Terhadap Karakteristik Pembakaran Droplet Biodiesel Minyak Biji Randu (Ceiba Pentandra)*. Jurnal Teknik Mesin FT-UB. Malang. V No: 094.29.VII.566.
- [6]. Santner, jeffrey s., et all. 2011 *Combustion at higt pressure*. US. *Doe energy frontier researc center*.

