

Pengaruh rasio ekuivalen dan komposisi bahan bakar terhadap karakteristik api dengan menggunakan bahan bakar biodiesel kesambi

Dani Hari Tunggal Prasetiyo^{1*}, Djoko Wahyudi²

¹²Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Panca Marga
Jl. Yos Sudarso 107, Pabean, Dringu, Probolinggo, Jawa Timur, Indonesia

*Corresponding author: dani.hari59@gmail.com

Abstract

The continuous use of fossil energy will cause fossil energy reserves to be depleted. In the transportation and industrial sectors, the use of fossil energy is the main energy source. This is because the fuel used in transportation and industry still relies on fossil fuels. To overcome the energy crisis in the future due to the exploitation of fossil energy, it is necessary to use alternative energy. One alternative energy that can be used is biodiesel. Biodiesel can be obtained from animal or vegetable fats. Kesambi is a plant that has the potential as a biodiesel feedstock. The kesambi plant can produce oil obtained from the seeds of the kesambi fruit through the pressing process. However, before being used and mass produced, a product testing process is required first. Tests can be carried out using the premix combustion method by varying the equivalent ratio and fuel composition. The fuel used is kesambi biodiesel with the addition of methanol. Testing produces fire characteristics. Flame characteristics yielded data on the relationship between laminar combustion rate and equivalent ratio as well as flame height and fuel composition. The test results show that the highest laminar combustion rate lies in the equivalent ratio 1 of 68,024 cm/s with a fuel composition of B90M10. Then the highest flame height at the equivalent ratio of 1.2 is 25,663 mm with a fuel composition of B100M0.

Keywords: Biodiesel, Equivalent Ratio, Laminar Combustion Rate, Flame Height

Abstrak

Penggunaan energi fosil secara terus menerus menimbulkan cadangan energi fosil semakin menipis. Pada sektor transportasi dan industri penggunaan energi fosil menjadi sumber energi utama. Hal ini dikarenakan bahan bakar yang digunakan pada alat transportasi dan industri masih bertumpu pada bahan bakar fosil. Untuk mengatasi krisis energi dimasa mendatang akibat eksploitasi energi fosil maka diperlukan penggunaan energi alternatif. Salah satu energi alternatif yang dapat digunakan adalah biodiesel. Biodiesel dapat diperoleh dari lemak hewan atau tumbuh-tumbuhan. Kesambi merupakan tanaman yang memiliki potensi sebagai bahan baku biodiesel. Tanaman kesambi dapat menghasilkan minyak yang diperoleh dari biji buah kesambi melalui proses pengepresan. Namun, sebelum digunakan dan diproduksi massal maka diperlukan proses pengujian produk terlebih dahulu. Pengujian dapat dilakukan dengan metode pembakaran *premixed* dengan memvariasikan rasio ekuivalen dan komposisi bahan bakar. Bahan bakar yang digunakan adalah biodiesel kesambi dengan penambahan metanol. Pengujian menghasilkan data karakteristik api. Karakteristik api menghasilkan data hubungan laju pembakaran laminar dengan rasio ekuivalen serta tinggi api dan komposisi bahan bakar. Hasil pengujian menunjukkan laju pembakaran laminar tertinggi terletak pada rasio ekuivalen 1 sebesar 68.024 cm/s dengan komposisi bahan bakar B90M10. Kemudian, tinggi api tertinggi pada rasio ekuivalen 1.2 sebesar 25.663 mm dengan komposisi bahan bakar B100M0.

Kata kunci: Biodiesel, Rasio Ekuivalen, Laju Pembakaran Laminar, Tinggi Api

Pendahuluan

Penggunaan bahan bakar fosil sebagai sumber energi utama saat ini perlu dilakukan pengkajian ulang. Pengkajian tersebut dilakukan karena energi fosil yang terus menerus digunakan akan semakin menipis dan habis beberapa tahun mendatang. Diperkirakan cadangan minyak bumi sebesar 3.7 miliar barrel dan diprediksi akan habis pada tahun 2028 [1]. Pada sektor transportasi dan industri minyak bumi menjadi sumber energi utama. Hal ini dikarenakan alat transportasi dan industri masih menggunakan sistem motor bakar [2]. Motor bakar dapat menghasilkan energi didalam ruang bakar dengan proses reaksi pembakaran antara bahan bakar dan oksidator. Saat ini, rata-rata bahan bakar yang digunakan pada motor bakar masih bertumpu pada energi fosil [3]. Kemudian, reaksi pembakaran yang terjadi didalam ruang bakar dikonversi menjadi sumber energi gerak untuk menghasilkan energi mekanik.

Bahan bakar merupakan salah satu bagian dari segitiga pembakaran. Segitiga pembakaran terdiri dari bahan bakar, oksidator dan sumber panas. Dimana hasil dari proses pembakaran adalah panas dan kadang disertai cahaya [4]. Secara umum, pembakaran terbagi menjadi dua, yaitu pembakaran sempurna dan tidak sempurna. Pembakaran sempurna akan menghasilkan energi yang optimal jika dibandingkan dengan pembakaran tidak sempurna. Hal ini dikarenakan pembakaran sempurna mengandung kualitas bahan bakar yang lebih baik serta reaksi pembakaran yang seimbang antara bahan bakar dan udara [5].

Kualitas bahan bakar dengan karakteristik bahan bakar yang sesuai standart, mempengaruhi performa dan emisi gas buang yang dihasilkan oleh mesin [6]. Kualitas bahan bakar diesel dipengaruhi oleh angka setana. Angka setana merupakan besaran kompresi yang terjadi saat reaksi pembakaran di dalam ruang bakar [7]. Salah satu upaya untuk meningkatkan performa dan mengurangi emisi gas buang dapat

dilakukan dengan cara penambahan metanol.

Penelitian pada motor bakar dengan jenis mesin bensin pernah dilakukan oleh Sinaga dan Rifal (2017), penelitian dilakukan dengan menambahkan metanol pada bahan bakar. Penelitian dilakukan untuk mengetahui performa mesin kendaraan dan emisi gas buang yang dihasilkan dengan menggunakan bahan bakar *premixed*. Penelitian menghasilkan data nilai daya efektif tertinggi sebesar 53,02 kW pada putaran mesin 5.800 sedangkan torsi sebesar 88,6 N.m pada putaran mesin 3.500 [8]. Penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa penambahan metanol memberikan pengaruh namun tidak signifikan terhadap kurva torsi dan daya, jika dibandingkan dengan penggunaan bahan bakar bensin murni. Penelitian serupa juga pernah dilakukan oleh Sanjaya dan Syarifudin (2020) dengan melakukan pengujian pengaruh penambahan methanol dengan bahan bakar premium pada mesin motor 100 CC. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan methanol dapat mengurangi emisi CO dan HC. Penurunan CO dan HC terjadi penurunan emisi masing-masing sebesar 96,92% dan 31,5% [9].

Metanol memiliki komposisi kimia CH_3OH dan termasuk jenis alkohol [10]. Secara fisik metanol memiliki wujud cair, berwarna jernih dan memiliki sifat pelumasan selain itu juga metanol memiliki sifat mudah terbakar [11]. Secara umum metanol digunakan untuk bahan pendingin, pelarut, pengolahan *crude oil* biodiesel, bahan bakar lampu untuk penerangan dan sebagai bahan additif di dunia industri [12]. Metanol diperoleh dari proses produksi secara alami dengan menggunakan bakteri anaerobik melalui proses metabolisme [13]. Menurut Rahmadian dan Permatasari (2017) metanol berfungsi sebagai oktan booster pada bahan bakar, sehingga dapat meningkatkan nilai oktan pada bahan bakar [6]. Hal ini dikarenakan nilai oktan pada metanol lebih besar dari pada bahan bakar yang ada di pasaran. Dapat diketahui nilai

oktan pada metanol sebesar 106 [8]. Menurut sinaga dan rifal (2017) penambahan metanol pada bahan bakar dapat meningkatkan nilai oktan.

Selain pengujian penggunaan bahan bakar *premixed* dengan metanol, penelitian lain juga pernah dilakukan dengan melakukan penambahan metanol pada bahan bakar diesel jenis dextrite. Penelitian dilakukan untuk mengetahui karakteristik pembakaran yang dihasilkan. Penelitian tentang uji pembakaran eksternal dilakukan oleh Wahyudi dan Prasetyo (2022). Pengujian dilakukan dengan menguji pembakaran *premixed* dengan menggunakan bahan bakar diesel dengan jenis dextrite yang dicampur dengan biodiesel. Hasil pengujian menunjukkan bahwa laju pembakaran tertinggi terdapat pada ekivalen ratio 1 dan komposisi ideal terdapat pada penyempurnaan 90% bahan bakar diesel ditambah 10% biodiesel. Hal ini menunjukkan bahwa ada pengaruh penambahan biodiesel pada reaksi pembakaran [14].

Namun perlu dilakukan juga penelitian pembakaran *premixed* dengan menggunakan bahan bakar murni biodiesel (non fosil) dengan menambahkan metanol. Penelitian dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan metanol pada bahan bakar biodiesel terhadap laju pembakaran laminar.

Tinjauan Pustaka

Pembakaran *premixed*

Pembakaran *premixed* merupakan reaksi pembakaran antara bahan bakar dengan udara bercampur terlebih dahulu sebelum terjadi reaksi pembakaran. Saat terjadi reaksi pembakaran *premixed*, debit udara (oksidator) dapat diatur sesuai dengan rasio ekuivalen yang dibutuhkan [15]. Hasil dari reaksi pembakaran adalah cahaya dan panas. Terjadinya api pada pembakaran *premixed* terbentuk pada saat udara bercampur dengan bahan bakar pada *mixing chamber* [16]. Komposisi udara dan bahan bakar pada pembakaran *premixed* terdiri dari komposisi miskin dengan rasio <1,

stokiometri = 1, dan kaya > 1. Komposisi kaya dan miskin merupakan perbandingan *air fuel ratio* antara bahan bakar dan udara sesuai dengan persamaan 1 [17].

$$AFR = \frac{m_{udara}}{m_{bb}} \quad (1)$$

AFR = *Air fuel ratio*

m_{udara} = Laju aliran massa udara (kg/s)

m_{bb} = Laju aliran massa bahan bakar (Kg/s)

Bahan bakar

Bahan bakar merupakan suatu unsur yang dapat melepaskan panas dan menghasilkan cahaya melalui proses reaksi kimia dengan oksidator (biasanya oksigen dalam udara) untuk melepaskan panas [18]. Bahan bakar komersial secara umum mengandung beberapa unsur seperti karbon (C) dan hidrogen (H) serta senyawa lain. Unsur tersebut mengandung *properties* salah satunya adalah nilai kalor (*heating value*).

Bahan bakar merupakan unsur penting dalam proses reaksi pembakaran. Hal ini dapat diketahui bahwa bahan bakar termasuk dalam segitiga pembakaran yang terdiri dari bahan bakar, oksidator dan sumber panas [19]. Bahan bakar yang optimal saat terjadi reaksi pembakaran harus memiliki standart *properties* yang telah ditetapkan. *Properties* tersebut antara lain mempunyai nilai kalor yang tinggi, tidak bersifat beracun, nilai polusi yang rendah, mudah digunakan dan disimpan serta memiliki nilai ekonomis.

Beberapa kriteris pada bahan bakar yang harus terpenuhi antara lain, bereaksi dengan cepat saat terjadi reaksi pembakaran di dalam silinder, bahan bakar minim zat pengotor dan menghasilkan emisi gas buang yang rendah. *Properties* bahan bakar mempengaruhi karakteristik pembakaran serta mempengaruhi unjuk kerja mesin.

Biodiesel

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang dapat diperoleh dari lemak tumbuh-tumbuhan dan hewan. Biodiesel merupakan campuran mono-alkyl ester dari rantai panjang asam lemak. Biodiesel saat

ini digunakan sebagai bahan bakar alternatif untuk mesin jenis diesel. Penggunaan biodiesel dapat dicampur dengan bahan bakar diesel (solar murni yang berasal dari fosil).

Saat ini, bahan baku biodiesel banyak diperoleh dari lemak tumbuh-tumbuhan. Lemak dari tumbuhan diperoleh dari minyak yang kemudian diproses menjadi biodiesel. Minyak mentah sebagai bahan baku biodiesel harus memiliki kadar lemak bebas kurang dari 5% [20]. Asam lemak bebas pada biodiesel biasa disebut dengan *free fatty acid* (FFA). Jika asam lemak bebas lebih dari 5% maka proses produksi biodiesel harus melalui proses esterifikasi.

Biodiesel diperoleh melalui proses esterifikasi dan transesterifikasi. Esterifikasi merupakan proses reaksi asam karboksilat dengan alkohol (etanol/metanol) sehingga terbentuk ester melalui reaksi langsung. Proses esterifikasi dipengaruhi oleh katalis, namun katalis tidak ikut bereaksi saat proses produksi. Katalis yang digunakan saat proses esterifikasi adalah katalis asam. Transesterifikasi merupakan reaksi antara ester dan gliserol yang berasal dari trigliserin (lemak/minyak) dengan alkohol (metanol atau etanol). Pada proses transesterifikasi terjadi reaksi *reversible* antara reaktan dan produk. Pada proses transesterifikasi perlu ditambahkan katalis basa untuk mempercepat proses reaksi sehingga terjadi keadaan kesetimbangan antara reaktan dan produk [21].

Tanaman kesambi

Tanaman kesambi memiliki nama latin *Schleichera oleosa*. Tanaman kesambi dapat ditemui diberbagai negara seperti (Kamboja, India, Indonesia, Myanmar, Srilanka Thailand dan Vietnam) [22]. Di Indonesia kesambi banyak tumbuh dan berkembang didaerah Jawa Timur, NTB dan NTT [23]. Kesambi dapat tumbuh 0 sampai 1000 m di atas permukaan laut (dpl). Pada saat ini kayu kesambi digunakan untuk menekan laju pertumbuhan bakteri *E coli* di daerah Timur Indonesia. Selain itu, asap hasil pembakaran dari kayu kesambi

mengandung senyawa fenol yang bersifat bakteriosidal [24].

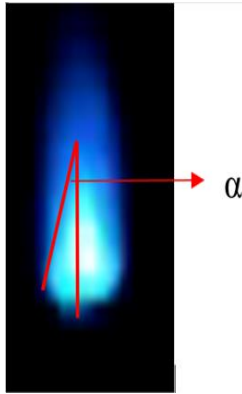
Metode Penelitian

Pada penelitian ini, metode yang digunakan adalah metode eksperimental dengan melakukan pengamatan secara visual. Metode pembakaran saat pengujian adalah pembakaran *premixed*. Pembakaran *premixed* berlangsung antara bahan bakar dengan udara yang bercampur pada *mixing chamber* sebelum terjadi proses pembakaran. Penelitian menggunakan tiga jenis variabel. Variabel yang digunakan adalah variabel bebas, variabel terikat dan variabel terkontrol. Variabel bebas merupakan variabel yang telah ditetapkan sebelum melakukan pengujian. Variabel bebas pada penelitian ini adalah komposisi bahan bakar. Bahan bakar yang digunakan adalah biodiesel kesambi dengan menambahkan metanol. Komposisi bahan bakar dapat diamati pada Tabel 1.

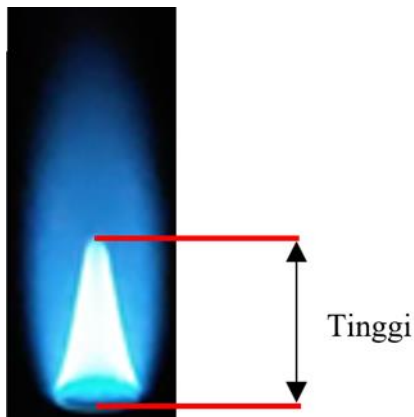
Tabel 1. Komposisi Bahan Bakar

Komposisi Bahan Bakar	Prosentase
B100M0	100% biodiesel
B95M05	95% biodiesel+ 5% Metanol
B90M10	90% biodiesel+ 10% Metanol
B85M15	85% biodiesel+ 15% Metanol
B80M20	80% biodiesel+ 20% Metanol
B75M25	85% biodiesel+ 25% Metanol

Variabel terikat merupakan variabel yang tidak bisa ditentukan dan tergantung dari variabel bebas saat pengujian. Variabel terikat pada penelitian ini adalah sudut api dan tinggi api. Untuk mengukur sudut api dapat diamati pada Gambar 1 sedangkan untuk mengukur tinggi api dapat diamati pada Gambar 2.



Gambar 1. Pengukuran sudut api



Gambar 2. Pengukuran tinggi api

Variabel terkontrol adalah variabel yang digunakan sebagai pengendali saat pengujian. Variabel terkontrol pada penelitian ini adalah temperatur yang digunakan untuk mengkonversi bahan bakar dari wujud cair menjadi wujud gas. Temperatur terletak pada pipa *heater*. Temperatur yang digunakan pada pipa *heater* sebesar 185⁰C.

Hasil pengujian digunakan untuk mengetahui pengaruh rasio ekuivalen dan komposisi bahan bakar terhadap laju pembakaran laminar dan tinggi api. Untuk mendapatkan nilai laju pembakaran laminar dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan 1.

$$SL = V \cdot \sin \alpha \quad (1)$$

Keterangan :

SL : Laju pembakaran laminar (cm/s)

V : Laju reaktan (cm/s)

α : Nilai sudut api (⁰)

Kemudian untuk mendapatkan nilai laju reaktan maka persamaan yang digunakan adalah persamaan 2.

$$V = \frac{Q \text{ udara} + Q \text{ fuel}}{A} \quad (2)$$

Keterangan :

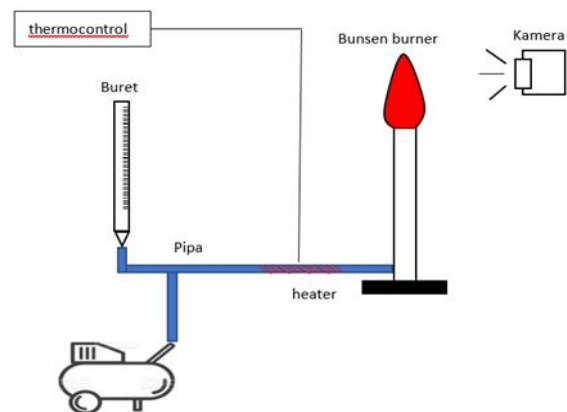
V : Laju reaktan (cm/s)

Q udara : Debit udara (ml/detik)

Q fuel : Debit bahan bakar (ml/detik)

A : Luas penampang (cm²)

Uji pembakaran dilakukan dengan pengamatan secara langsung pada saat terjadi reaksi pembakaran. Pengamatan karakteristik api dilakukan dengan menggunakan alat bantu yaitu kamera. Kamera merekam nyala api saat terjadi proses pembakaran *premixed* pada ujung *bunsen burner*. *Bunsen burner* yang digunakan memiliki dimensi diameter luar sebesar 14 mm, diameter dalam sebesar 12 mm dan tinggi 140 mm. Skema pengujian dapat diamati pada Gambar 3.



Gambar 3. Proses pengujian pembakaran

Langkah awal pengujian dilakukan dengan mengatur debit bahan bakar yang digunakan. Debit bahan bakar yang digunakan sebesar 2 ml/menit yang diatur dengan menggunakan buret. Setelah debit bahan bakar diatur, maka langkah selanjutnya adalah mengisi buret dengan bahan bakar sesuai dengan komposisi yang telah ditetapkan. Sebelum bahan bakar mengalir menuju *heater*, maka perlu dilakukan setting temperatur untuk mengkonversi bahan bakar dari wujud cair menjadi gas. Temperatur yang digunakan sebesar 185⁰C.

Debit udara sebagai reaktan diatur dengan menggunakan *flowmeter*. Udara

diperoleh dari kompresor yang terhubung dengan *flowmeter*. Debit udara yang digunakan saat pengujian sesuai dengan Tabel 1. Udara dan bahan bakar akan bercampur pada *mixing chamber*.

Tabel 2. Debit Udara

Komposisi Bahan Bakar	Debit Udara (liter/menit)				
	0.8	0.9	1	1.1	1.2
B100M0	3.72	3.31	2.98	2.70	2.48
B95M5	3.71	3.29	2.97	2.70	2.47
B90M10	3.74	3.32	2.99	2.72	2.49
B85M15	3.77	3.35	3.02	2.74	2.51
B80M20	3.81	3.38	3.05	2.77	2.54
B75M25	3.87	3.44	3.10	2.81	2.58

Pengujian diawali dengan membuka katup udara dan bahan bakar. Bahan bakar mengalir menuju *heater*. Bahan bakar akan mengalami proses konversi pada *heater* sehingga akan berubah wujud dari cair menjadi gas. Kemudian bahan bakar dan udara akan bertemu pada *mixing chamber*. Didalam *mixing chamber* bahan bakar dan udara akan bercampur dan menuju *bunsen burner*. Setelah melewati *bunsen burner*, bahan bakar akan keluar menuju mulut *bunsen burner* kemudian dilanjutkan dengan memantik bahan bakar dengan percikan api. Api yang dihasilkan kemudian direkam dengan menggunakan kamera. Setelah proses perekaman maka dilanjutkan dengan menyimpan data untuk diolah, dianalisis serta dianalisa.

Karakteristik bahan bakar yang digunakan saat pengujian dapat diamati pada Tabel 3 sebagai berikut.

Tabel 3. Karakteristik Bahan Bakar

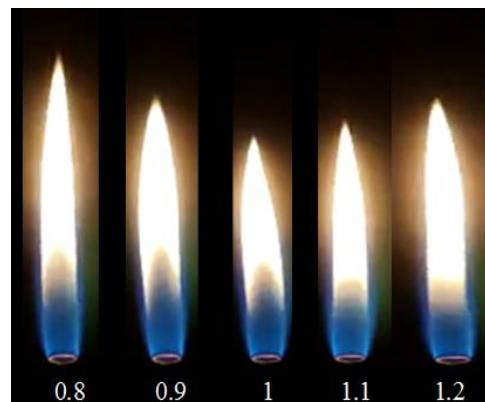
Pengujian	Komposisi Bahan Bakar					
	B100	B95 M10	B90 M10	B85 M15	B80 M20	B75 M75
Nilai Kalor (cal/g)	9442	9829	10363	10876	11267	11359
Viskositas 40°C (cSt)	5.67	5.51	5.32	4.82	4.143	3.56
Densitas (g/ml)	0.865	0.855	0.842	0.732	0.617	0.585
Flash point (°C)	81	78	77	73	71	68

Hasil dan Pembahasan

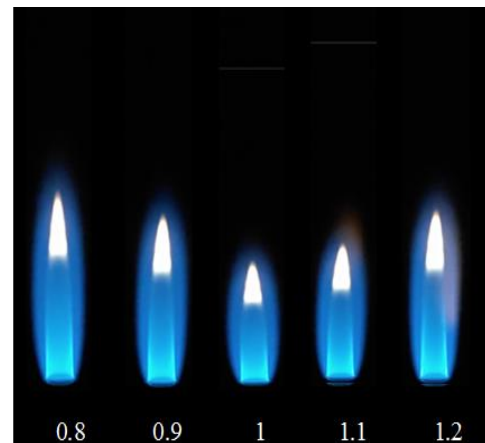
Hasil penelitian pembakaran *premixed* dengan variasi rasio ekuivalen dan komposisi bahan menghasilkan tiga bagian hasil pengujian. Hasil pengujian terdiri dari gambar, laju pembakaran laminar dan tinggi api. Hasil dan pembahasan diuraikan pada subbab a hingga c.

a. Gambar Api

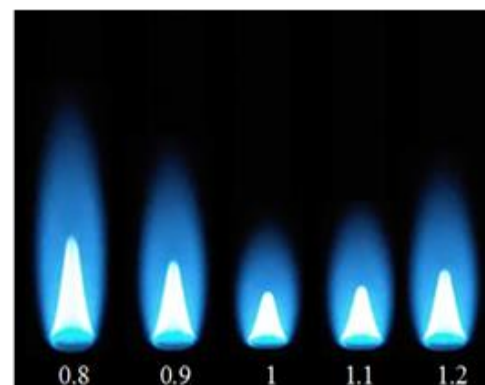
Pengujian pembakaran *premixed* menghasilkan gambar api yang dapat diamati pada Gambar 4 hingga 9.



Gambar 4. Bahan bakar dengan komposisi B100M0



Gambar 5. Bahan bakar dengan komposisi B95M5



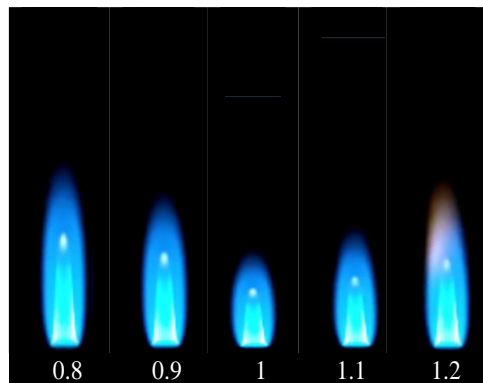
Gambar 6. Bahan bakar dengan komposisi B90M10



Gambar 7. Bahan bakar dengan komposisi B85M15



Gambar 8. Bahan bakar dengan komposisi B80M20



Gambar 9. Bahan bakar dengan komposisi B75M25

Pada Gambar 4 hingga 9 terjadi perbedaan karakteristik nyala api saat terjadi reaksi pembakaran. Salah satu yang dapat kita amati adalah warna api. Dari Gambar 4 hingga Gambar 9 warna api bervariasi sesuai dengan rasio ekuivalen dan komposisi bahan bakar. Rasio ekuivalen dan komposisi bahan bakar menjadi objek variabel penelitian. Dapat diamati pada Gambar 4 hingga 9, warna api lebih stabil dominan biru pada rasio ekuivalen 1. Namun, pada rasio

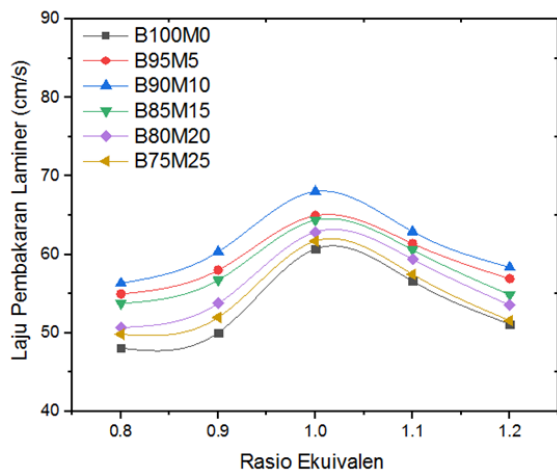
ekuivalen miskin (0.8 dan 0.9) dan rasio ekuivalen kaya (1.1 dan 1.2) muncul warna merah pada nyala api. Hal ini dikarenakan ketidakseimbangan komposisi pembakaran antara bahan bakar dan udara. Pada saat rasio ekuivalen miskin lebih didominasi udara (oksidator) sedangkan rasio ekuivalen kaya lebih didominasi bahan bakar.

Komposisi bahan bakar turut mempengaruhi karakteristik nyala api. Pada Gambar 3 dengan komposisi bahan bakar 100% biodiesel terlihat warna merah lebih mendominasi nyala api. Namun setelah ditambahkan metanol warna merah pada api cenderung berkurang. Nyala api dapat kita amati pada Gambar 4 hingga Gambar 9. Semakin meningkat komposisi metanol kondisi warna merah pada nyala api cenderung berkurang. Metanol merupakan salah satu jenis alkohol sehingga memiliki kandungan oksigen. Saat reaksi pembakaran berlangsung, metanol turut memberikan kandungan oksigen. Bertambahnya kandungan oksigen saat terjadi reaksi pembakaran maka dapat mengurangi warna merah pada api.

Karakteristik bahan bakar merupakan sifat atau kandungan yang dimiliki oleh bahan bakar. Pada pengujian pembakaran laminar dengan menggunakan bahan bakar biodiesel kesambi disertai penambahan metanol menghasilkan perbedaan warna nyala api. Warna api merah cenderung berkurang saat komposisi bahan bakar ditambah dengan metanol. Diketahui dari nilai *flashpoint* dan nilai kalor pada metanol lebih tinggi jika dibandingkan dengan bahan bakar biodiesel. Selain itu, methanol lebih cepat menguap dibanding dengan biodiesel, hal ini menyebabkan bahan bakar lebih mudah terbakar sehingga warna merah pada api cenderung berkurang. Pada Tabel 3 dapat diamati hubungan flash point dengan komposisi bahan bakar. Semakin meningkat kadar metanol maka nilai *flash point* cenderung menurun. Semakin menurun nilai *flash point* menunjukkan bahwa bahan bakar lebih cepat terbakar.

b. Laju Pembakaran Laminer

Pengujian pembakaran *premixed* dengan memvariasikan rasio ekuivalen dan komposisi bahan bakar menghasilkan data laju pembakaran laminer. Data hasil pengujian laju pembakaran laminer dapat diamati pada Gambar 10 sebagai berikut.



Gambar 10. Hubungan laju pembakaran laminer dengan rasio ekuivalen dan komposisi bahan bakar

Pada Gambar 10 dapat diamati hubungan rasio ekuivalen terhadap laju pembakaran laminer. Rasio terdiri dari 0.8, 0.9, 1, 1.1 dan 1.2 dengan komposisi rasio ekuivalen miskin bahan bakar, stokiometri dan kaya bahan bakar. Variasi bahan bakar yang digunakan B100M0, B95M5, B90M10, B85M15, B80M20 dan B75M25. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai laju pembakaran laminer tertinggi terletak pada rasio ekuivalen 1. Pada rasio ekuivalen 1 variasi komposisi bahan bakar memiliki nilai laju pembakaran laminer tertinggi jika dibandingkan dengan rasio ekuivalen yang lain. Nilai laju pembakaran laminer pada komposisi bahan bakar B100, B95M5, B90M10, B85M15, B80M20 dan B75M25 berturut-turut sebesar 60.714 cm/s, 64.383 cm/s, 68.024 cm/s, 64.962 cm/s, 62.868 cm/s dan 61.714 cm/s.

Rasio ekuivalen merupakan perbandingan nilai rasio bahan bakar dan nilai rasio udara stokiometri dibandingkan dengan nilai rasio bahan bakar dan nilai rasio udara aktual. Rasio ekuivalen terdiri dari komposisi miskin bahan bakar, stokiometri dan kaya bahan bakar. Nilai

rasio ekuivalen miskin bahan bakar bernilai dibawah 1, stokiometri sama dengan 1 sedangkan kaya bernilai diatas 1. Pada rasio ekuivalen miskin maka komposisi udara (oksidator) lebih dominan, stokiometri bahan bakar dan oksidator seimbang sedangkan kaya lebih dominan bahan bakar.

Dapat diamati pada Gambar 10, rasio ekuivalen mempengaruhi nilai laju pembakaran laminer. Laju pembakaran terus meningkat dari nilai rasio ekuivalen 0.8, 0.9 dan 1 kemudian turun pada rasio ekuivalen 1.1 dan 1.2. Pada rasio ekuivalen 0.8, 0.9, 1.1 dan 1.2 nilai laju pembakaran lebih rendah dibanding rasio ekuivalen 1. Hal ini disebabkan komposisi bahan bakar dan udara tidak seimbang lebih dominan udara (oksidator) sedangkan pada rasio ekuivalen 1 komposisi bahan bakar dan udara seimbang. Komposisi stokiometri menyebabkan reaksi pembakaran lebih sempurna dan bahan bakar lebih ikut terbakar secara menyeluruh. Namun, pada rasio ekuivalen miskin bahan bakar (0.8 dan 0.9), jumlah bahan bakar cenderung lebih sedikit dan lebih dominan oksidator (udara) sehingga nyala api cenderung tidak stabil. Begitu pula pada komposisi kaya bahan bakar (1.1 dan 1.2), bahan bakar lebih mendominasi sehingga bahan bakar sulit terurai dan menyebabkan nyala api menjadi kurang stabil. Saat nyala api kurang stabil maka nilai sudut api yang dihasilkan juga tidak ikut optimal atau lebih rendah. Oleh karena itu, nilai laju pembakaran pada rasio ekuivalen kaya dan miskin cenderung lebih rendah jika dibandingkan rasio ekuivalen stokiometri = 1.

Komposisi bahan bakar pada penelitian turut mempengaruhi nilai laju pembakaran. Hasil pengujian dapat diamati pada Gambar 10. Nilai laju pembakaran tertinggi terdapat pada komposisi B90M10 sebesar 68.024 cm/s sedangkan nilai laju pembakaran terendah terletak pada komposisi B100 sebesar 60.714 cm/s. Pada komposisi B90M10 memiliki nilai laju pembakaran tertinggi. Hal ini dipengaruhi oleh komposisi bahan bakar. Komposisi bahan bakar lebih mudah terurai dengan

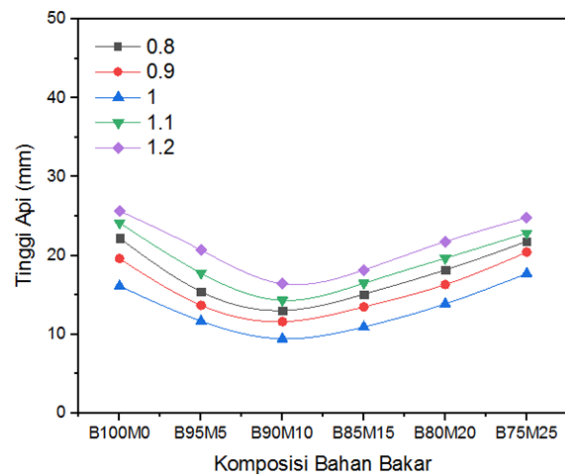
penambahan metanol sehingga menghasilkan nyala api yang optimal dan berdampak pada nilai laju pembakaran. Namun, pada komposisi B100 bahan bakar sulit terurai, hal ini dapat kita amati dari nilai viskositas dan nilai densitas pada Tabel 3. Nilai densitas dan viskositas komposisi B100 lebih tinggi jika dibandingkan dengan komposisi yang lain. Semakin tinggi nilai densitas dan viskositas menimbulkan bahan bakar sulit terurai saat terjadi reaksi pembakaran. Bahan bakar yang sulit terurai menghasilkan nyala api yang kurang optimal dan berdampak pada nilai laju pembakaran yang dihasilkan.

Pada komposisi B95M5 nilai laju pembakaran masih dapat meningkat dengan penambahan metanol. Hal ini dapat kita amati pada Gambar 10, penambahan komposisi metanol dari 5% menjadi 10% laju pembakaran masih meningkat. Hal ini dikarenakan pada komposisi B95M5 komposisi biodiesel dan metanol masih belum ke titik optimal dan cenderung masih dapat ditingkatkan. Namun, pada komposisi B85M15, B80M20 dan B75M25 nilai laju pembakaran cenderung menurun. Hal ini disebabkan komposisi metanol terlalu berlebih sehingga nyala api menjadi tidak stabil. Ketidakstabilan nyala api ditunjukkan dengan nilai laju pembakaran yang menurun dengan komposisi penambahan lebih dari 10%. Diketahui sifat metanol yang polar, jika dilakukan penambahan metanol berlebih maka metanol juga sulit menyatu pada biodiesel. Biodiesel dan metanol yang tidak menyatu menimbulkan efek penguapan lebih cepat saat terjadi pembakaran. Efek penguapan pada metanol menimbulkan nyala api difusi disekeliling mulut *bunsen burner* sehingga proses pembakaran menjadi tidak stabil (tidak optimal) dan terjadi *losses*. Pengaruh komposisi ini lah yang mempengaruhi kestabilan nyala api.

c. Tinggi api

Pengujian laju pembakaran laminar dengan variasi rasio ekuivalen dan komposisi bahan bakar menghasilkan data

tinggi api. Hasil pengujian dapat diamati pada Gambar 11 sebagai berikut.



Gambar 11. Hubungan tinggi api dengan rasio ekuivalen dan komposisi bahan bakar

Hubungan tinggi api dengan komposisi bahan bakar dan rasio ekuivalen terjadi keterkaitan. Nilai tinggi api tertinggi terletak pada rasio ekuivalen 1.2 sebesar 25.663 mm sedangkan terendah pada rasio ekuivalen 1 sebesar 8.436 mm. Nilai tinggi api pada rasio ekuivalen <1 dan >1 cenderung lebih tinggi jika dibandingkan dengan rasio ekuivalen = 1. Pada komposisi miskin (0.8 dan 0.9) dan kaya (1.1 dan 1.2) kondisi bahan bakar dan udara (oksidator) tidak seimbang. Ketidak seimbangan bahan bakar dan udara ini lah yang menyebabkan nyala api menjadi kurang stabil. Selain itu, komposisi oksigen yang terkandung pada reaksi pembakaran mempengaruhi kondisi nyala api. Pada komposisi kaya dan miskin jumlah oksigen cenderung lebih sedikit sehingga reaksi pembakaran kurang oksidator dan menyebabkan nilai tinggi api semakin meningkat.

Selain rasio ekuivalen, komposisi bahan bakar turut mempengaruhi nilai tinggi api. Komposisi bahan bakar B100 memiliki nilai tinggi api tertinggi sedangkan nilai tinggi api terendah terletak komposisi B90M10. Pada komposisi B90M10 nilai tinggi api terendah disebabkan perbandingan biodiesel dan metanol bercampur secara merata sehingga terjadi proses pembakaran sempurna. Namun pada komposisi B100M0 bahan bakar didominasi bahan bakar diesel murni sehingga bahan

bakar lebih sulit terurai dibandingkan dengan komposisi bahan bakar yang lain. Pada komposisi bahan bakar B85M15, B80M20 dan B75M25 nilai tinggi api lebih tinggi jika dibandingkan komposisi B90M10. Hal ini dikarenakan komposisi metanol lebih banyak sehingga bahan bakar lebih mudah untuk menguap. Bahan bakar yang menguap akan terjadi proses pembakaran difusi pada ujung *bunsen burner* sehingga nyala api menjadi lebih tinggi. Selain itu, semakin meningkatkan komposisi metanol maka bahan bakar cenderung lebih cepat terdorong keluar menuju ujung *bunsen burner* sehingga menimbulkan nyala api lebih tinggi.

Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah rasio ekuivalen mempengaruhi warna api. Pada rasio ekuivalen stokiometri warna merah cenderung lebih sedikit namun pada rasio ekuivalen miskin dan kaya warna merah pada api muncul. Penambahan metanol pada biodiesel mempengaruhi warna api. Biodiesel dengan penambahan metanol menimbulkan warna api merah cenderung berkurang. Laju pembakaran laminer tertinggi pada rasio ekuivalen 1 sebesar 68.024 cm/s dengan komposisi bahan bakar B90M10. Laju pembakaran laminer terendah pada rasio ekuivalen 1.2 sebesar 49.833 cm/s. Nilai tinggi api tertinggi terletak pada rasio ekuivalen 1.2 sebesar 25.663 mm sedangkan terendah pada rasio ekuivalen 1 sebesar 8.436 mm. Komposisi bahan bakar B100 memiliki nilai tinggi api tertinggi sedangkan nilai tinggi api terendah terletak komposisi B90M10.

Referensi

- [1] Afriyanti Y, Sasana H dan Jalunggono G 2018 Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Konsumsi Energi Terbarukan di Indonesia *Dir. J. Econ.* 2 865–84
- [2] Sa'adah A F, Fauzi A dan Juanda B 2017 Peramalan Penyediaan dan Konsumsi Bahan Bakar Minyak Indonesia dengan Model Sistem Dinamik *J. Ekon. dan Pembang. Indones.* 17 118–37
- [3] Sasongko M N 2018 Pengaruh Prosentase Minyak Goreng Bekas Terhadap Karakteristik Pembakaran Droplet Biodiesel *FLYWHEEL J. Tek. Mesin Untirta* IV 8–13
- [4] Hartaya K, Abdillah L H dan Ardianingsih R 2014 Penentuan Kandungan Oksidator Berdasar Reaksi Adopsi Formulasi Propelan Hlp (Determination of Oxidator Content Based on Stoichiometrical and Chrystal Structure on Purpose of Hlp Propellant Formulation Adoption) *J. Teknol. Dirgant.* 12 102–15
- [5] Setyaningsih D, Faiziin M N dan Muna N 2018 Pemanfaatan Minyak Atsiri sebagai Bioaditif Penghemat Bahan Bakar Biosolar *Indones. J. Essent. Oil* 3 45–54
- [6] Rahmadian G Y dan Permatasari R 2017 Pengaruh Penambahan Zat Aditif Octane Booster X Terhadap Kinerja Dan Emisi Gas Buang Kendaraan Sepeda Motor Tipe All New Cbr150R *Sinergi* 21 179
- [7] Wahyudi D, Hari D, Prasetyo T, Muhammad A, Mesin J T, Teknik F dan Marga U P 2020 J-Proteksion : Jurnal Kajian Ilmiah dan Teknologi Teknik Mesin Pengaruh Bahan Bakar dan Busi Terhadap Jarak Tempuh Effect of Fuel and Spark Plugs on Mileage 5 1–5
- [8] Rifal M dan Sinaga N 2018 Kaji Eksperimental Rasio Metanol-Bensin Terhadap Konsumsi Bahan Bakar, Emisi Gas Buang, Torsi Dan Daya *Gorontalo J. Infrastruct. Sci. Eng.* 1 47
- [9] Lukman Sanjaya F 2020 Konsumsi Bahan Bakar Dan Emisi Gas Buang Mesin Motor 100Cc Berbahan Bakar Premium Dan Metanol *Nozzle J. Mech. Eng.* 9 38–40

- [10] Kurdi O 2007 Aspek Torsi Dan Daya Pada Mesin Sepeda Motor 4 Langkah Dengan Bahan Bakar Campuran Premium – Methanol *Rotasi* 9 54-60-60
- [11] Astuti R A H 2018 Aktivitas Antibakteri Pada Mikroalga *Porphyridium cruentum* dengan Perbandingan Metode Ekstraksi Dan Jenis Pelarut *Angew. Chemie Int. Ed.* 6(11), 951-952. 10-27
- [12] Kurniawan L dan Setiawan C P 2021 Minyak Jarak Pagar Dan Methanol Dengan Proses Transesterifikasi
- [13] Santoso A 2017 Penentuan Kombinasi Jumlah Katalis Dalam Produksi Metanol Menggunakan Metode Fuzzy dan Evolution Strategies *Kinetik* 2 1-8
- [14] Wahyudi D dan Prasetyo D H T 2022 Uji Karakteristik Pembakaran Premixed Pada Methyl Ester *Schleichera Oleosa* Sebagai Campuran Bahan Bakar Diesel 5 1-6
- [15] B.N. Riwu D, Wardana I N G dan Yuliati L 2016 Kecepatan Pembakaran Premixed Campuran Minyak Jarak - Liquefied Petroleum Gas (LPG) pada Circular Tube Burner *J. Rekayasa Mesin* 7 41-7
- [16] Prasetyo D H T 2020 Karakteristik Pembakaran Biosolar Dengan Penambahan Biodiesel Kepuh (*Stercuila Foetida*)
- [17] Suhendi E, Hasanah A dan Anjariyah S 2016 Pengaruh Laju Alir Udara Dan Ukuran Limbah Batang Daun Tembakau Terhadap Syngas Menggunakan Reaktor Gasifikasi Updraft *Tek. J. Sains dan Teknol.* 12 65
- [18] Riwu D B N, Tobe A Y, Adoe D G H, Pah J C A dan Metrisno C K 2022 Karakteristik Pembakaran Premixed Campuran Bioetanol Dan Premium (Gasoline) 09 77-83
- [19] Prasetyo D H T dan Wahyudi D 2022 Pengaruh komposisi etanol sebagai zat aditif pada *Sterculia Foetida* Methyl Ester terhadap pembakaran difusi *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin* 11
- [20] Efri Mardawati, Mahdi Singgih Hidayat, Devi Maulida Rahmah dan SRosalinda 2019 Produksi Biodiesel Dari Minyak Kelapa Sawit Kasar Off Grade Dengan Variasi Pengaruh Asam Sulfat Pada Proses Esterifikasi Terhadap Mutu Biodiesel Yang Dihasilkan *J. Ind. Pertan.* – 01 46-60
- [21] Yuniwati M dan Karim A A 2009 Kinetika Reaksi Pembuatan Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas (Jelantah) dan Metanol dengan Katalisator KOH *J. Teknol.* 2 (2) 130-6
- [22] Hanifah L 2020 Potensi Kesambi (*Scheichera oleosa*) sebagai Kandidat Imunomodulator *Prosiding Seminar Nasional Biologi di Era Pandemi COVID-19 Gowa, 19 September 2020* (19 September 2020, Gowa, Indonesia: UIN Alauddin Makassar) hal 119-26
- [23] Tanaman P, Himalaya D dan Lanka S 1987 Budidaya Tanaman Kesambi (*Schleichera oleosa* , (LOUR .) Oken) Usman Daras dan Nana Heryana Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri 49-52
- [24] Lakapu A E, Malelak G E M dan ... 2017 Pengaruh Lama Pemeraman Dan Pengasapan Terhadap Kualitas Kimia Dan Aspek Organoleptik Daging Ayam Broiler Asap *J. Nukl.* ... 4 31-40