

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

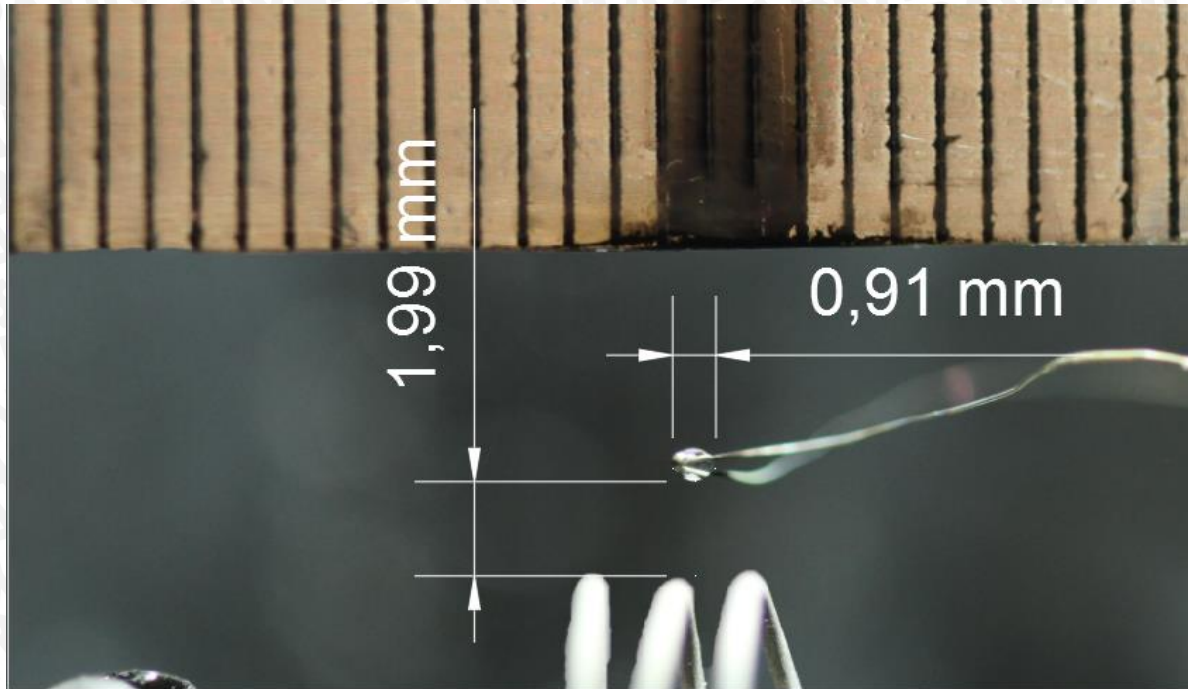
4.1 Hasil Penelitian

Pada penelitian ini, data hasil penelitian yang digunakan adalah data karakteristik pembakaran *droplet* biodiesel minyak jarak dengan penambahan variasi campuran alkohol, yaitu metanol, etanol, propanol, dan butanol. Data penelitian ini didapat dari *data logger* yang disambungkan ke *thermocouple* dan kamera yang berfungsi untuk merekam visualisasi nyala api. Data *ignition delay* diperoleh dari perekaman visualisasi nyala api menggunakan kamera, dengan menghitung lama waktu dari ketika *heater* tepat berada dibawah *droplet* hingga *droplet* mulai terbakar. Data *burning lifetime* didapatkan dari *frame* terakhir sebelum ada api sampai *frame* pertama setelah api mati, kemudian didapatkan jumlah *frame*-nya lalu dikalikan dengan 0,02 s. Data *burning rate* didapatkan dari kuadrat diameter awal *droplet* dibagi dengan *burning lifetime*. Visualisasi nyala api yang dimaksud adalah lebar dan tinggi api maksimal atau yang paling besar. Sedangkan temperatur nyala api didapatkan dari *thermocouple* yang dihubungkan dengan *data logger* dan laptop.

4.1.1 Diameter Droplet

Pada penelitian kali ini, *droplet* dibentuk menggunakan alat pembentuk *droplet* yang mempunyai volume sebesar 1 mL. *Droplet* yang dapat digunakan untuk proses pengambilan data adalah *droplet* yang berdiameter 1 mm dan memiliki toleransi 0,1 mm. *Droplet* diletakkan pada ujung *thermocouple* yang berjarak 1,99 mm tepat di atas *heater*. Pada gambar 4.1 dapat dilihat besar diameter *droplet* dan jarak *thermocouple* dengan *heater*.

Untuk mendapatkan ukuran *droplet* dan jarak antara *heater* dengan *droplet*, maka digunakan *software* Autodesk AutoCAD 2017. Pengukuran ini menggunakan penggaris sebagai acuan 1 mm yang digunakan untuk mengukur diameter *droplet* dan jarak antara *droplet* dengan *heater*.



Gambar 4.1 Jarak antara *thermocouple* dengan *heater*.

Diameter *droplet* yang dapat digunakan pada penelitian, diameternya harus berada pada kisaran 0,9 mm hingga 1,1 mm. Ketika diameter *droplet* kurang dari 0,9 mm atau melebihi 1,1 mm, data hasilnya nanti akan tidak valid dan tidak sesuai batasan masalah. Berikut adalah diameter *droplet* dari setiap campuran alkohol dengan biodiesel yang digunakan untuk penelitian:

Tabel 4.1

Data rata-rata diameter *droplet*

Percobaan	Diameter <i>droplet</i> (mm)
Biodiesel Minyak jarak + Metanol	0,9
Biodiesel Minyak jarak + Etanol	0,9
Biodiesel Minyak jarak + Propanol	1,08
Biodiesel Minyak jarak + Butanol	1,04

Terlihat pada tabel 4.1 bahwa diameter *droplet* yang digunakan untuk penelitian masih berada pada kisaran 0,9 mm hingga 1,1 mm , sehingga penelitian masih sesuai dengan batasan masalah.

4.1.2 Data Hasil Penelitian

Berikut ini adalah tabel hasil penelitian dari karakteristik pembakaran *droplet* campuran biodiesel dengan metanol, etanol, propanol, dan butanol :

Table 4.2

Data hasil penelitian

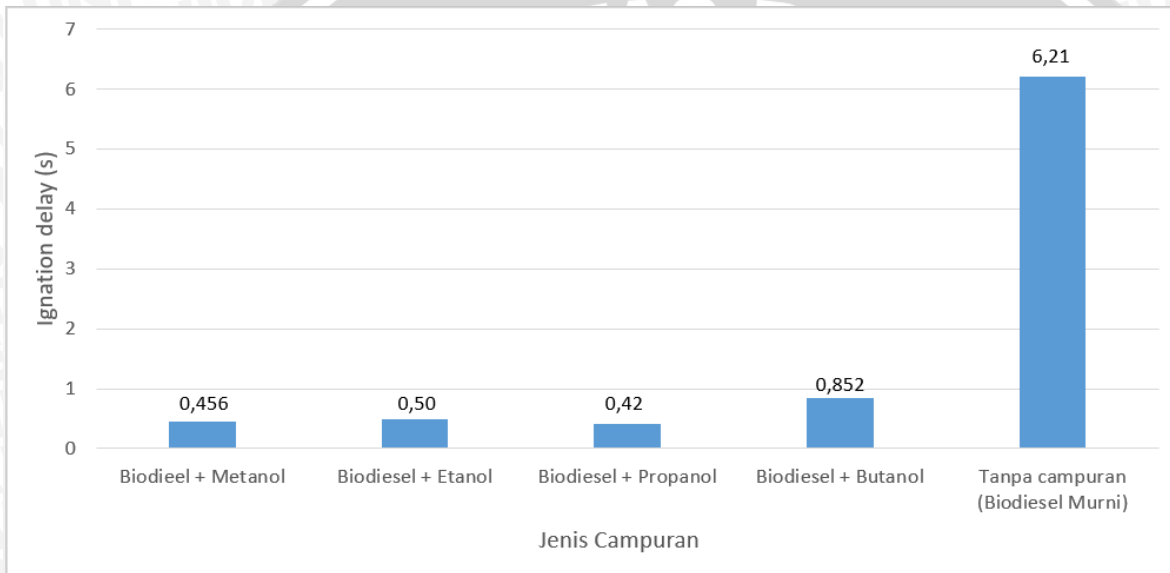
Jenis Campuran	Pengujian Ke	Ignition Delay (s)	Burning Rate (s)	Burning Lifetime (s)	Temperatur (°C)	Dimensi Api (mm)		Diameter Droplet (mm)	Rata-rata Diameter Droplet (mm)
						Lebar	Tinggi		
Biodiesel + Metanol	1	0,34	0,81	1,29	674,45	5,87	26,09	1,045	0,9967
	2	0,4	0,7	1,28	665,52	5,53	19,61	0,92	
	3	0,58	0,73	1,36	637,57	5,71	18,79	1,004	
	4	0,54	0,76	1,3	639,6	6,12	23,84	1,01	
	5	0,42	0,98	1,02	648,75	6,09	21,52	1,0045	
Biodiesel + Etanol	1	0,4	0,76	1,3	615,82	5,11	19,58	0,93	0,9888
	2	0,66	0,82	1,22	612,69	5,45	21,35	1,004	
	3	0,46	0,79	1,26	641,61	5,32	17,94	1,09	
	4	0,58	0,92	1,08	638,84	5,44	22,46	0,99	
	5	0,42	0,78	1,2	653,16	5,53	16,08	0,93	
Biodiesel + Propanol	1	0,28	0,75	1,32	638,98	5,76	26,15	1,05	1,0867
	2	0,3	0,8	1,24	632,41	6,15	25,56	1,0425	
	3	0,42	0,7	1,32	644,9	6,1	26,6	1,101	
	4	0,5	0,73	1,3	678,32	5,69	20,81	1,14	
	5	0,48	0,7	1,3	647,13	5,52	20,77	1,1	
Biodiesel + Butanol	1	0,9	1,01	1	677,45	5,93	23,8	0,97	1,044
	2	0,9	1,06	0,94	651,29	5,43	19,71	0,99	
	3	0,86	0,92	1,08	661,43	6,09	22,09	1,05	
	4	0,8	0,73	1,36	640,41	6,33	25,87	1,1	
	5	0,8	1,02	0,98	642,99	5,85	26,79	1,11	
Biodiesel Murni Tanpa Campuran	1	5,92	1,24	2,18	533,567	5,64	38,63	1,044	1,0226
	2	6,62	1,37	1,68	515,95	6	38,1	0,982	
	3	6,44	1,33	2,3	597,979	6	40,92	1,013	
	4	5,86	1,27	2,54	529,602	6,17	44,27	0,992	
	5	6,21	1,38	1,76	545,982	6,02	39,02	1,082	

Pada tabel hasil penelitian diatas, terlihat bahwa setiap jenis campuran alkohol dilakukan pengujian sebanyak 5 kali. Hasil diameter *droplet* yang terdapat pada setiap pengujian berbeda-beda, tetapi perbedaan setiap diameter *droplet* sudah dibatasi oleh toleransi 0,1 mm. Nilai dari *burning lifetime* digunakan untuk mencari *burning rate* menggunakan rumus menghitung *burning rate*. Temperatur pada tabel diatas adalah temperatur maksimal pada saat proses pembakaran *droplet* berlangsung dan temperatur

maksimal pada setiap pengujian pun berbeda-beda setiap campurannya. Data dimensi api yang terdiri dari lebar dan tinggi nyala api juga merupakan lebar dan tinggi maksimum yang terjadi selama proses pembakaran terjadi.

4.2 Analisis dan Pembahasan

4.2.1 Pengaruh Variasi Penambahan Alkohol Terhadap *Ignition Delay Time Droplet* Biodiesel Minyak Jarak



Gambar 4.2 Grafik pengaruh variasi penambahan alkohol terhadap *ignition delay time droplet* biodiesel minyak jarak

Dari grafik diatas dapat terlihat bahwa pada campuran biodiesel dengan alkohol, butanol memiliki *ignition delay* yang paling besar, yaitu sebesar 0,85 s. Urutan tertinggi setelah butanol adalah etanol dengan nilai *ignition delay* sebesar 0,504 s. Untuk campuran biodiesel dengan metanol mempunyai *ignition delay* 0,45 s dan yang paling kecil adalah campuran biodiesel dengan propanol dengan *ignition delay* sebesar 0,4 s. Sedangkan biodiesel murni memiliki *ignition delay* yang sangat tinggi dikarenakan viskositas dan *flashpoint*-nya yang masih tinggi. Untuk grafik *ignition delay* dan data hasil pengujian alkohol murni, dapat dilihat pada lampiran 4. Pada lampiran terlihat bahwa rata-rata *ignition delay* dari alkohol murni berkisar 0,3s dan 6,21s untuk *ignition delay* biodiesel

murni, sehingga pada grafik di atas dapat terlihat penurunan *ignition delay* dari biodiesel murni karena penambahan alkohol. Hal ini disebabkan karena nilai *flashpoint* biodiesel yang semakin kecil setelah penambahan alkohol, untuk *flashpoint* alkohol dapat dilihat pada tabel 2.3.

Karakteristik yang dimiliki masing-masing alkohol mempengaruhi nilai dari *ignition delay* yang dihasilkan. Pada *ignition delay*, karakteristik alkohol yang berpengaruh adalah *latent heat of vaporization* (kalor laten) dan *flashpoint*. *Latent Heat of Vaporization* atau kalor laten adalah kalor yang dibutuhkan untuk menguapkan bahan bakar tiap satu satuan massa, sedangkan *flashpoint* adalah suhu terendah dimana bahan bakar dapat menguap dan berdifusi dengan udara sehingga dapat terbakar.

Pada pembakaran bahan bakar cair, bahan bakar harus berubah menjadi uap terlebih dahulu dan berdifusi bercampur dengan udara. Ketika komposisi uap bahan bakar dan udara sesuai, baru dapat terbakar. Ketika kalor laten suatu bahan bakar itu tinggi, maka untuk menguap dibutuhkan kalor yang lama dan banyak. Sehingga penguapan bahan bakar dan pencampuran dengan udara menjadi lebih lama dan waktu yang dibutuhkan untuk menyala menjadi lebih lama pula. Begitu juga dengan *flashpoint*, ketika temperatur yang dibutuhkan oleh bahan bakar untuk mulai terbakar itu tinggi, maka *ignition delay*-nya juga akan tinggi. *Ignition delay* disini yang tertinggi dimiliki oleh biodiesel murni dikarenakan biodiesel murni memiliki *flashpoint* yang jauh lebih tinggi dari pada campuran yang lain.

Urutan *flashpoint* dari alkohol yang terbesar hingga terkecil adalah butanol, etanol, propanol, dan metanol. Untuk urutan kalor laten dari yang terbesar hingga terkecil adalah metanol, etanol, propanol, dan butanol. Semakin besar nilai kalor laten / kalor penguapan yang dimiliki alkohol, maka alkohol tersebut akan semakin sulit untuk menguap dan juga terbakar, begitu juga sebaliknya. Semakin besar nilai dari *flashpoint* alkohol, maka alkohol tersebut juga semakin sulit untuk terbakar. Ketika kalor laten dan *flashpoint* rendah, maka nilai *ignition delay* juga akan rendah.

Pada campuran biodiesel dengan butanol memiliki nilai *ignition delay* paling tinggi, padahal bila dilihat dari nilai kalor laten yang dimiliki butanol, seharusnya butanol memiliki nilai *ignition delay* yang rendah. Hal ini disebabkan oleh nilai *flashpoint* butanol yang paling tinggi diantara alkohol yang lain, sehingga butanol menjadi alkohol yang paling sulit terbakar walaupun memiliki kalor penguapan yang rendah.

Bila ditinjau berdasarkan nilai dari *flashpoint* yang dimiliki masing-masing alkohol pada grafik diatas, terdapat penyimpangan pada campuran antara biodiesel dengan metanol. Seharusnya nilai dari *ignition delay* metanol memiliki nilai paling kecil diantara alkohol yang lain, karena metanol memiliki nilai *flashpoint* yang paling rendah. Hal ini dikarenakan metanol memiliki nilai kalor laten yang paling tinggi diantara alkohol lain, sehingga metanol lebih sulit untuk menguap dibandingkan dengan alkohol lainnya.

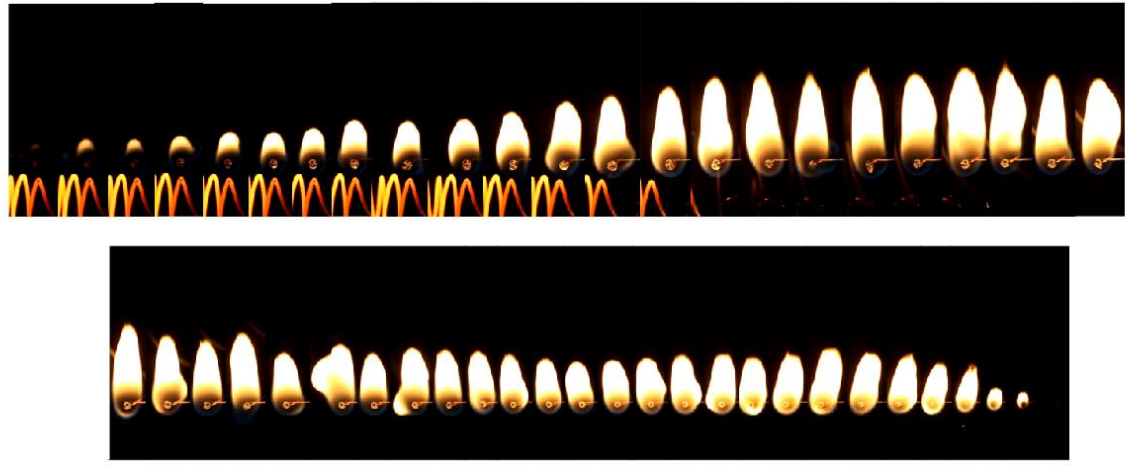
Komposisi campuran antara biodiesel minyak jarak dengan alkohol juga menjadi faktor yang mempengaruhi nilai *ignition delay*. Sebagai contoh, ketika kandungan biodiesel minyak jarak lebih banyak daripada kandungan alkohol yang ada didalam *droplet*, maka nilai *ignition delay* kemungkinan akan tinggi. Hal ini dikarenakan oleh titik didih biodiesel lebih tinggi daripada alkohol, sehingga butuh waktu lebih lama untuk menguapkan biodiesel terlebih dahulu baru kemudian alkohol yang menguap dan terbakar.

Selain kalor laten, *flashpoint*, dan komposisi campuran, *ignition delay* dapat dipengaruhi juga oleh susunan rantai karbon setiap alkohol. Karena semakin panjang susunan rantai karbon alkohol, semakin sulit untuk memutuskan rangkaian tersebut sehingga dapat meningkatkan *ignition delay*.

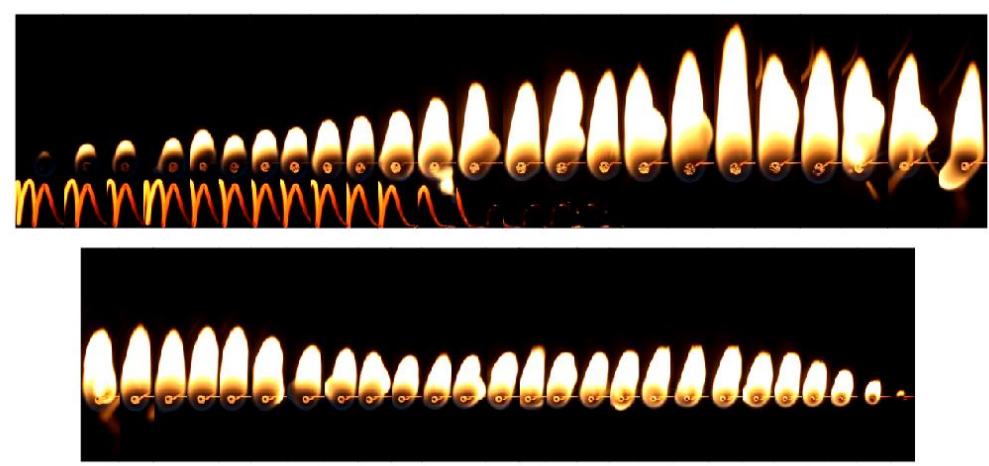
4.2.2 Pengaruh Variasi Penambahan Alkohol Terhadap Visualisasi Nyala Api *Droplet* Biodiesel Minyak Jarak



Gambar 4.3 Visualisasi pembakaran *droplet* biodiesel minyak jarak dengan campuran metanol



Gambar 4.4 Visualisasi pembakaran *droplet* biodiesel minyak jarak dengan campuran etanol



Gambar 4.5 Visualisai pembakaran *droplet* biodiesel minyak jarak dengan campuran propanol





Gambar 4.6 Visualisasi pembakaran *droplet* biodiesel minyak jarak dengan campuran butanol

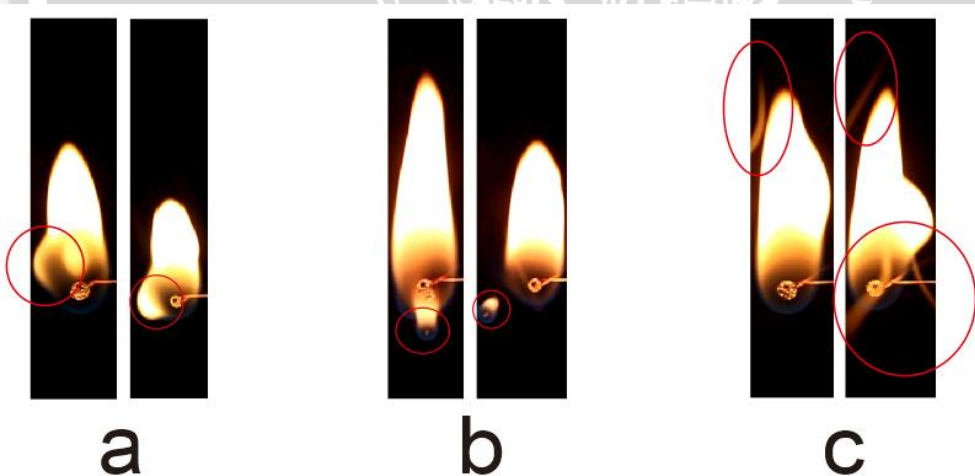
Visualisasi nyala api diatas adalah seluruh *frame* proses nyala api pada proses pembakaran setiap 0,02s. Proses pembakaran *droplet* campuran biodiesel dengan alkohol memiliki bentuk evolusi api yang berbeda-beda karena variasi alkohol yang digunakan. Namun, bila diteliti lebih lanjut, terdapat kesamaan 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. Untuk perbedaan *bouyancy*, ketika gaya apung yang dimiliki uap bahan bakar besar, maka uap tersebut menyebar ke atas juga akan lebih cepat.

Pada semua evolusi api diatas, dapat dilihat bahwa pada awalnya semua evolusi api memiliki nyala api yang kecil, lalu secara bertahap nyala api membesar dan kembali mengecil sampai akhirnya api tersebut padam. Hal ini terjadi karena pada awal proses nyala api, terjadi proses pembakaran *droplet* yang masih terdiri dari campuran biodiesel dengan

alkohol. Alkohol akan terbakar lebih dahulu karena memiliki titik didih yang lebih rendah dari biodiesel, sebelum akhirnya alkohol terbakar bersamaan dengan sebagian biodiesel. Saat nyala api pada proses pembakaran *droplet* mencapai tinggi dan lebar maksimum, kadar alkohol pada *droplet* mulai berkurang dan kadar biodiesel menjadi lebih banyak dari alkohol. Ketika api mulai mengecil, kadar alkohol pada *droplet* akan terus berkurang sampai akhirnya hanya menyisakan biodiesel saja untuk terus terbakar. Biodiesel akan terus terbakar tanpa adanya alkohol sampai nyala api padam, ini yang menyebabkan mengapa pada akhir evolusi api, bentuk api yang kecil bertahan cukup lama hingga akhirnya padam.

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.

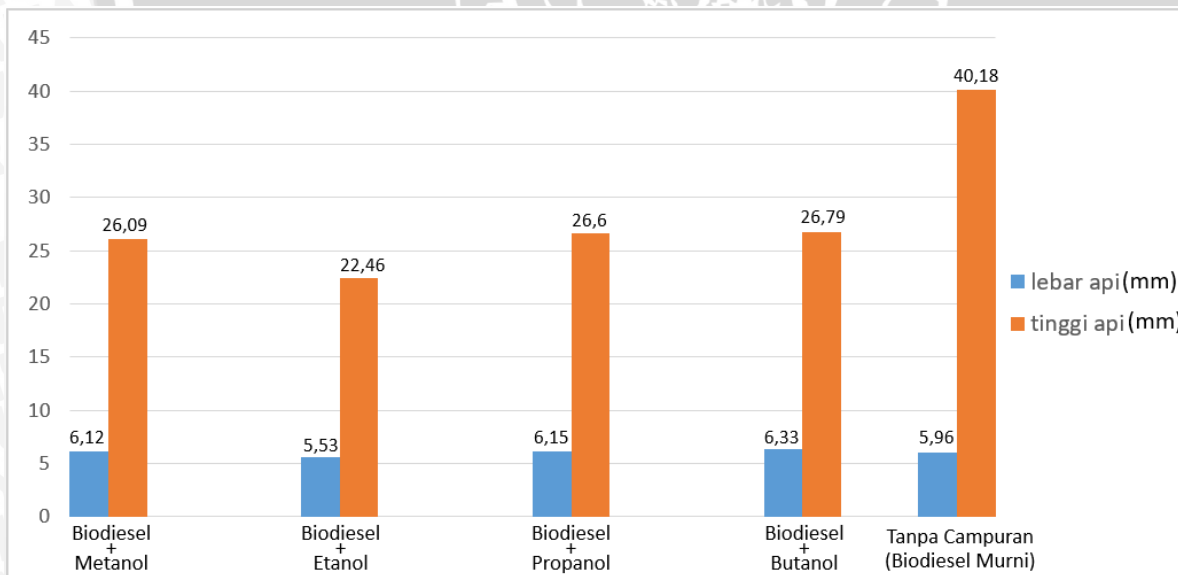


Gambar 4.7 Macam-macam bentuk *microexplosion* yang terjadi selama proses pembakaran (a) *microexplosion* masih berada didalam api (b) *microexplosion* menyebabkan pecahan *droplet* keluar dari dalam api dan terbakar (c) *microexplosion* menyebabkan *droplet* pecah dan terpental keluar dari nyala api tetapi tidak terbakar

Bentuk *microexplosion* yang terdapat pada proses pembakaran memiliki bentuk yang beragam. Pada dasarnya *microexplosion* adalah fenomena penguapan, sehingga *microexplosion* yang beragam adalah proses penguapan pada bahan bakar yang berbeda-beda. *Microexplosion* dapat menyebabkan *droplet* pecah dan bahan bakar terpejal keluar atau hanya menguap dan masih berada didalam lingkup nyala api.

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 terpejal keluar dari nyala api tidak terbakar sehingga hanya menimbulkan asap saja namun tetap menurunkan temperatur pembakaran dan *burning lifetime*.

Ketika pada suatu proses pembakaran terjadi *microexplosion*, maka kecepatan pembakaran akan semakin cepat. Hal ini disebabkan karena *droplet* yang mengalami *microexplosion* akan pecah dan mengurangi ukuran *droplet* tersebut. Semakin kecil ukuran *droplet*, maka nilai *burning lifetime* akan semakin kecil.



Gambar 4.8 Grafik pengaruh variasi campuran alkohol terhadap lebar dan tinggi api *droplet* biodiesel minyak jarak

Pada gambar 4.8 menunjukkan grafik pengaruh variasi campuran alkohol terhadap lebar api *droplet* biodiesel minyak jarak, didapatkan nilai sebesar 6,12 mm untuk campuran metanol, 5,53 mm untuk campuran etanol, 6,15 mm untuk campuran propanol, dan 6,33 mm untuk campuran butanol. Pada gambar tersebut juga didapatkan nilai tinggi api secara urut dari metanol, etanol, propanol, dan butanol sebesar 26,09 mm, 22,46 mm, 26,6 mm, dan 26,79 mm. Untuk grafik lebar dan tinggi nyala api maksimal serta data hasil pengujian alkohol murni, dapat dilihat pada lampiran 4. Pada lampiran 4 dapat dilihat bahwa dimensi api yang dihasilkan dari biodiesel jarak murni terlihat lebih besar dibandingkan dengan alkohol murni, dimana alkohol murni memiliki nilai *latent heat vaporization* yang lebih kecil dibandingkan dengan biodiesel minyak jarak (dapat dilihat pada tabel 2.3). Oleh karena itu penambahan alkohol pada biodiesel minyak jarak dapat menyebabkan api yang dihasilkan akan lebih mengecil.

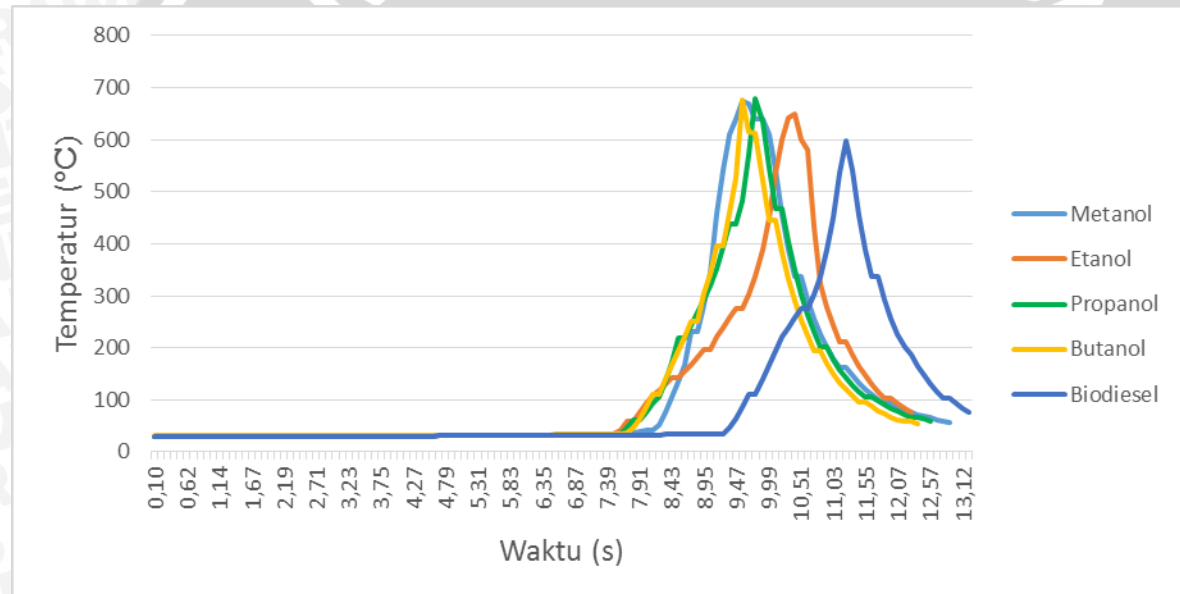
Lebar dan tinggi api pada biodiesel murni adalah yang tertinggi diantara lebar dan tinggi api pada campuran biodiesel dengan alkohol, sehingga suhu atau temperatur pembakaran maksimum yang dimiliki oleh biodiesel murni ialah yang terkecil. Hal ini disebabkan semakin kecil bentuk nyala api, maka temperatur pembakaran akan semakin tinggi. Campuran alkohol dengan lebar dan tinggi api maksimal terbesar adalah butanol, setelah itu propanol dan metanol, lalu yang terakhir dengan nyala api paling kecil yaitu etanol. Campuran biodiesel dengan butanol memiliki lebar dan tinggi paling besar dibandingkan dengan alkohol lain, hal ini dikarenakan nilai *latent heat vaporization* yang dimiliki butanol adalah yang paling kecil sehingga butanol akan lebih mudah menguap dan cepat menyebar ke udara, sehingga memiliki kecepatan pembakaran yang tinggi. Ukuran nyala api pada proses pembakaran dipengaruhi oleh kecepatan pembakaran, kecepatan penguapan, kecepatan difusi, dan *volumetric heat generations* (VHG).

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.

Untuk kecepatan difusi, ketika bahan bakar berdifusi cepat, maka nyala api akan tinggi dan juga sebaliknya. Terdapat 3 macam kecepatan difusi yang kemungkinan terjadi,

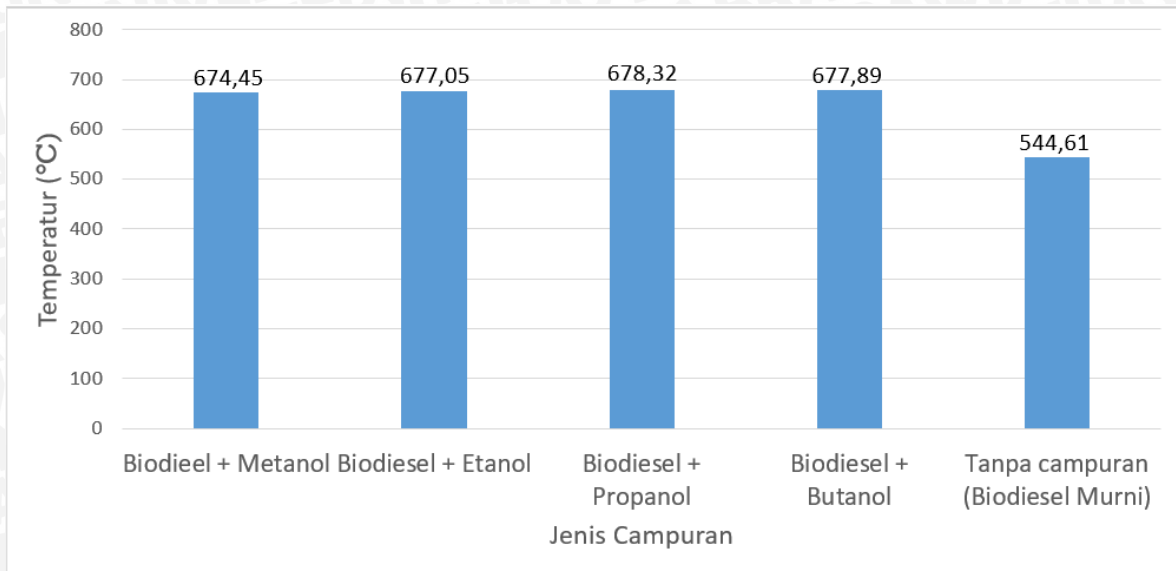
yaitu saat difusi berlangsung seimbang, difusi ke atas cepat namun difusi ke samping lambat, dan difusi ke atas lambat namun difusi ke samping cepat. Ketika difusi ke atas cepat dan ke samping lambat, bentuk api akan tinggi. Namun ketika difusi ke atas lambat dan difusi ke samping cepat, maka bentuk api akan kecil. *Volumetric Heat Generations* (VHG) merupakan kalor yang dibutuhkan tiap satu satuan volume. Ketika jumlah energi yang dimiliki bahan bakar sama, tetapi daerah pelepasan energi lebih besar, maka api juga akan lebih besar.

4.2.3 Pengaruh Variasi Penambahan Alkohol Terhadap Temperatur *Droplet* Biodiesel Minyak Jarak



Gambar 4.9 Grafik hubungan temperatur dan waktu pada pembakaran *droplet* biodiesel minyak jarak dengan variasi campuran alkohol

Pada lampiran 4 alkohol murni memiliki temperatur yang lebih tinggi dibandingkan dengan biodiesel minyak jarak, dikarenakan alkohol memiliki nilai *heating value* yang lebih tinggi dibandingkan dengan biodiesel minyak jarak, yang dapat dilihat pada tabel 2.3. Sehingga pada *heating value* yang tinggi, maka temperatur juga akan tinggi karena temperatur dan *heating value* berbanding lurus.



Gambar 4.10 Grafik pengaruh variasi penambahan alkohol terhadap temperatur *droplet* biodiesel minyak jarak

Pada gambar 4.9 dan 4.10 menunjukkan grafik pengaruh variasi penambahan alkohol terhadap temperatur *droplet* biodiesel minyak jarak. Di mana didapatkan nilai sebesar $674,45^{\circ}\text{C}$ untuk campuran minyak jarak dengan metanol, $677,05^{\circ}\text{C}$ untuk campuran minyak jarak dengan etanol, $678,32^{\circ}\text{C}$ untuk campuran minyak jarak dengan propanol, dan $677,9^{\circ}\text{C}$ untuk campuran minyak jarak dengan butanol. Untuk grafik temperatur pembakaran maksimal dan data hasil pengujian alkohol murni, dapat dilihat pada lampiran 4.

Terlihat juga temperatur maksimal terendah pada proses pembakaran dimiliki oleh biodiesel murni, hal ini dikarenakan oleh nyala api yang besar. Sehingga semakin besar nyala api yang pada proses pembakaran, semakin kecil temperatur maksimal yang dicapai.

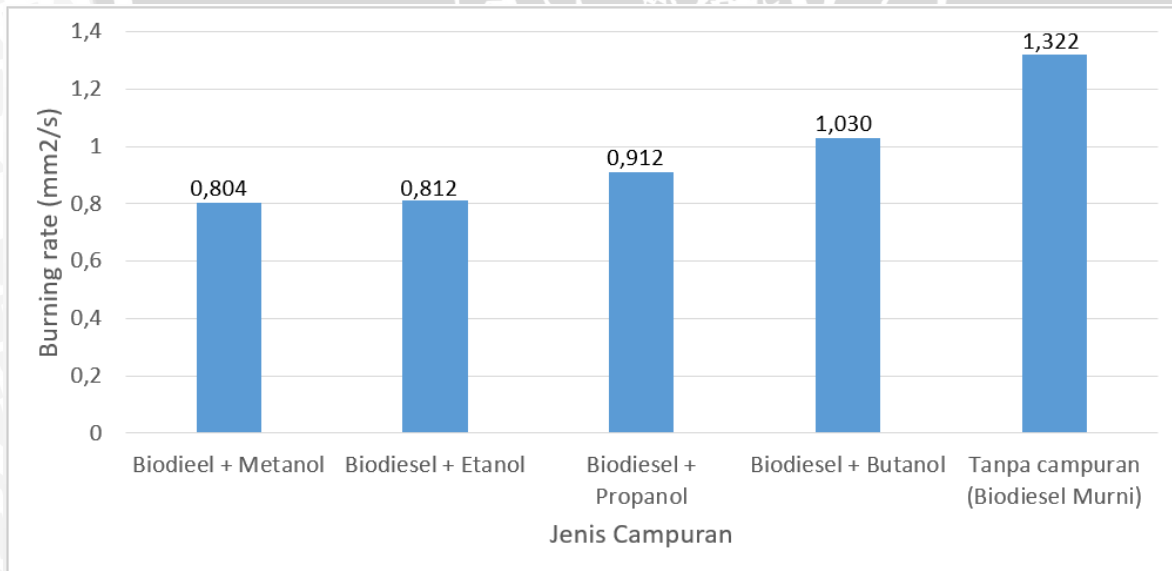
Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa untuk nilai temperatur yang paling tinggi dimiliki oleh *droplet* biodiesel minyak jarak dengan campuran propanol sebagai alkoholnya. Hal ini sesuai dengan hipotesa, bahwa dengan memiliki *heating value* yang tinggi, maka temperturnya juga akan ikut tinggi.

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

Temperatur pembakaran akan menjadi lebih tinggi pada proses terbakarnya bahan bakar yang lebih cepat. Sehingga pada saat nilai *ignition delay* yang kecil, temperatur api akan lebih tinggi bila dibandingkan dengan temperatur api saat nilai *ignition delay* yang besar. Selain itu, *microexplosion* juga berpengaruh pada temperatur pembakaran. Ketika *microexplosion* masih berada didalam nyala api atau masih menempel pada api, temperatur pembakarannya tidak akan menurun. Tetapi ketika *microexplosion* yang terjadi menyebabkan pecahan *droplet* itu keluar dari nyala api, maka temperatur pembakaran akan menurun.

4.2.4 Pengaruh Variasi Penambahan Alkohol Terhadap *Burning Rate Droplet* Biodiesel Minyak Jarak



Gambar 4.11 Grafik pengaruh variasi penambahan alkohol terhadap *burning rate droplet* biodiesel minyak jarak

Pada grafik diatas terlihat bahwa campuran biodiesel minyak jarak dengan butanol memiliki *burning rate* paling tinggi yaitu 1,03 mm²/s , lalu propanol dengan nilai *burning rate* 0,91 mm²/s, metanol dengan 0,81 mm²/s , dan yang paling rendah adalah nilai *burning rate* propanol yaitu 0,80 mm²/s. Untuk grafik *burning rate* dan data hasil pengujian alkohol murni, dapat dilihat pada lampiran 4. Pada lampiran 4 dapat dilihat nilai *burning rate* dari alkohol murni relatif lebih tinggi dibandingkan dengan biodiesel minyak jarak murni, hal ini dikarenakan alkohol murni memiliki nilai *heating value* yang lebih tinggi (dapat dilihat pada tabel 2.3) dan juga temperatur yang tinggi, karena *heating value* mempengaruhi temperatur, lalu temperatur mempengaruhi *burning rate*.

Burning rate disebut juga dengan kecepatan pembakaran, yang didapat dari hasil dari kuadrat diameter *droplet* awal dikurangi dengan kuadrat diameter *droplet* akhir lalu dibagi dengan *burning lifetime*, seperti rumus perhitungan *burning rate* dibawah ini:

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

Keterangan :

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

Bila dilihat dari rumus diatas, 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, semakin besar nilai *burning rate*, maka temperatur pembakaran juga akan semakin besar, ini terjadi karena mereka saling berhubungan. Selain temperatur, secara tidak langsung *heating value* juga berhubungan dengan *burning rate*. Ketika *heating value* yang dimiliki alkohol tinggi, maka temperatur pembakaran dan *burning rate* juga akan tinggi.

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. Hal ini dikarenakan adanya keterkaitan antara *heating value*, temperatur pembakaran, dan *burning rate*. Ketika kalor yang dikandung oleh bahan bakar itu tinggi, maka temperatur pembakaran juga akan tinggi. Pada saat temperatur pembakaran tinggi, maka laju pelepasan kalor pada bahan bakar 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*.

