

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Ida Sang Hyang Widhi Wasa yang telah memberikan kesempatan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul **“Pengaruh Penambahan Etanol Terhadap Karakteristik Pembakaran Droplet Minyak Biji Karet Murni”**.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini tidak dapat terselesaikan tanpa bantuan dari banyak pihak. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ida Sang Hyang Widhi Wasa, atas Rahmat dan Hidayah-Nya sehingga penelitian dapat berjalan lancar dan laporan tugas akhir ini dapat diselesaikan.
2. Keluarga tercinta mulai dari kedua orang tua saya Bapak Ketut Sumertoyo dan Ibu Ida Ayu Komang Laksmi dan adik saya Made Ananta Pratama yang senantiasa memberikan kasih sayang, perhatian, dan dukungan baik moral maupun material kepada saya sepanjang waktu.
3. Nurkholis Hamidi, ST.,M.Eng.,Dr.Eng., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya dan dosen pembimbing I saya yang telah banyak memberikan bimbingan, masukan, dan ilmu yang bermanfaat selama proses penyusunan skripsi ini.
4. Purnami, ST., MT. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya dan dosen pembimbing II yang telah banyak memberikan bimbingan, masukan, dan ilmu yang bermanfaat selama proses penyusunan skripsi ini.
5. Widya Wijayanti, ST., MT., Dr. Eng. selaku Kepala Program Studi S1 sekaligus Ketua Kelompok Dasar Keahlian Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya.
6. Mas Eko selaku Laboran Laboratorium Motor Bakar Teknik Mesin Universitas Brawijaya.
7. Febriana Ratna Wulaningrum yang selalu memberi dukungan selama ini.
8. Rinaldo anggota tim skripsi yang telah banyak membantu dan mendukung pelaksanaan penelitian dan penyusunan naskah skripsi sampai selesai.
9. Teman-teman teknik mesin angkatan 2010 Universitas Brawijaya tercinta **“IMMORTAL”**.

10. Sahabat-sahabat terbaik yang selalu mengirimkan semangat dari jauh Brian, Dede, Agusta, Gymas, Dendy dan lainnya.
11. Teman paling berjasa selama di Malang Rinaldo yang selalu memberi dukungan selama ini.
12. Teman - teman kosan Cengger Ayam Malang Bayu, Ngurah, Rendy, Ilham, Randu, Dimas, dll yang selalu memberi semangat dan menghibur dengan canda tawa dikala penat melanda.
13. Teman – Teman voyage Net yang memberi selalu memberi semangat.
14. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan laporan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan, hal ini dikarenakan keterbatasan ilmu dan pengetahuan yang dimiliki. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun agar kedepannya menjadi lebih baik.

Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi yang sederhana ini bermanfaat bagi semua pihak.



Malang, 19 Mei 2015

Penulis

Putu Andhi Priantama

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR TABEL.....	vi
RINGKASAN.....	vii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Penelitian Sebelumnya	4
2.2 Minyak Nabati dan Biodiesel.....	5
2.2.1 Komposisi Minyak Nabati.....	7
2.2.1.1 Trigliserida.....	8
2.2.1.2 Asam Lemak Bebas (<i>Free Fatty Acid</i>).....	8
2.3 Minyak Biji Karet (<i>Hevea Brasiliensis</i>).....	10
2.4 Pembakaran <i>Droplet</i> Minyak Biji Karet	14
2.5 Sifat Fisik Biodiesel	20
2.5.1 Densitas.....	20
2.5.2 Viskositas.....	20
2.5.3 Titik Nyala Api	21
2.5.4 Nilai Kalor	21
2.5.5 Indeks Setana	22
2.6 Energi Disosiasi.....	23
2.7 Teori Kinetik Gas	25
2.8 Etanol.....	25
2.9 Karakteristik Pembakaran	26
2.10 Hipotesis.....	28
BAB III METODE PENELITIAN	28
3.1 Metode Penelitian.....	29

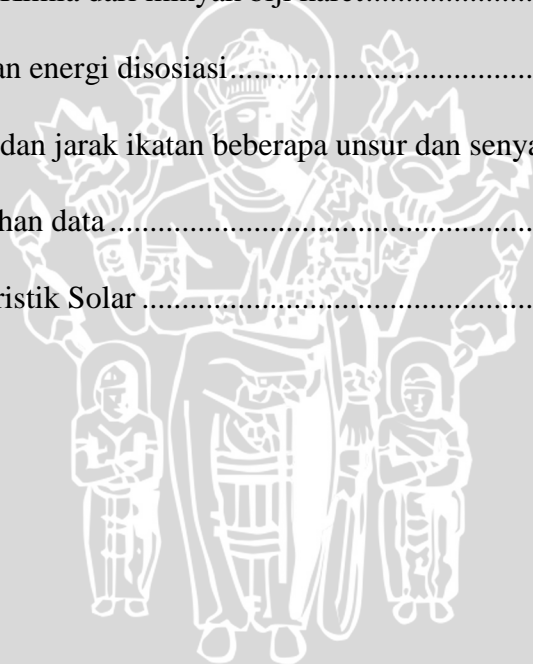
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian	29
3.3	Variabel Penelitian	29
3.4	Bahan dan Peralatan yang Digunakan	30
3.5	Instalasi Penelitian.....	32
3.6	Prosedur Penelitian.....	32
3.7	Diagram Alir Penelitian.....	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		35
4.1	Pengolahan Data.....	35
4.2	Data Hasil Penelitian	36
4.3	Analisa dan Pembahasan Hasil Penelitian.....	36
4.3.1	Analisis Data Visualisasi Api Droplet Minyak Biji Karet Murni Dengan Beberapa Penambahan Jumlah Etanol	37
4.3.2	Hubungan antara Temperatur Maksimum dengan Penambahan Etanol pada Minyak Biji Karet	39
4.3.3	Hubungan antara <i>Ignition Delay Time</i> dengan Penambahan Etanol pada Minyak Biji Karet	40
4.3.4	Hubungan antara <i>Burning Rate</i> dengan Penambahan Etanol pada Minyak Biji Karet.....	41
4.3.5	Hubungan antara Tinggi Api dengan Penambahan Etanol pada Minyak Biji Karet.....	42
4.3.6	Hubungan antara Lebar Api dengan Penambahan Etanol pada Minyak Biji Karet.....	43
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		44
5.1	Kesimpulan.....	44
5.2	Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA		ix

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Hal.
Gambar 2.1	Struktur molekul monogliserida, digliserida, dan trigliserida.....	8
Gambar 2.2	Struktur molekul asam lemak bebas (<i>Free Fatty Acid</i>).....	9
Gambar 2.3	Pohon Karet (<i>Hevea brasiliensis</i>)	11
Gambar 2.4	Biji dan Batang Tanaman Karet (<i>Hevea brasiliensis</i>).....	11
Gambar 2.5	Proses pembakaran <i>droplet</i> pada bahan bakar cair	16
Gambar 2.6	Skema pembakaran <i>droplet</i>	16
Gambar 2.7	Perubahan bentuk <i>droplet</i>	18
Gambar 3.1	<i>Microsyringe</i>	30
Gambar 3.2	<i>Data Logger</i>	31
Gambar 3.3	Skema instalasi penelitian	32
Gambar 3.4	Diagram Alir Penelitian	34
Gambar 4.1	Visualisasi minyak biji karet tanpa etanol	37
Gambar 4.2	Visualisasi minyak biji karet dengan penambahan etanol 5%	37
Gambar 4.3	Visualisasi minyak biji karet dengan penambahan etanol 10%	38
Gambar 4.4	Visualisasi minyak biji karet dengan penambahan etanol 15%	38
Gambar 4.5	Visualisasi minyak biji karet dengan penambahan etanol 20%	38
Gambar 4.6	Hubungan Temperatur Maksimum dengan jumlah penambahan presentase etanol	39
Gambar 4.7	Hubungan <i>Ignition delay time</i> dengan jumlah penambahan presentase etanol	40
Gambar 4.8	Hubungan <i>Burning Rate</i> dengan jumlah penambahan presentase etanol	41
Gambar 4.9	Hubungan Tinggi Api dengan jumlah penambahan presentase etanol ...	42
Gambar 4.10	Hubungan Lebar Api dengan jumlah penambahan presentase etanol	43

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Hal.
Tabel 2.1	Standar Nasional Indonesia untuk Biodiesel	7
Tabel 2.2	Asam Lemak Jenuh.....	9
Tabel 2.3	Asam Lemak Tak Jenuh.....	9
Tabel 2.4	Kandungan Minyak Dalm Biji-Bijian.....	12
Tabel 2.5	Perbandingan Karakteristik Minyak Biji Karet dengan Solar	13
Tabel 2.6	Komposisi asam lemak yang dikandung minyak biji karet	13
Tabel 2.7	Sifat Fisika – Kimia dari minyak biji karet.....	13
Tabel 2.8	Tipe Ikatan dan energi disosiasi.....	23
Tabel 2.9	Energi ikatan dan jarak ikatan beberapa unsur dan senyawa.....	24
Tabel 4.1	Hasil pengolahan data	36
Tabel 4.2	Nilai Karakteristik Solar	36



Ringkasan

PUTU ANDHI PRIANTAMA, Jurusan Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Juni 2015, **Pengaruh Penambahan Etanol Terhadap Karakteristik Pembakaran *Droplet* Minyak Biji Karet Murni**. Dosen pembimbing : Dr.Eng Nurkholis Hamidi, ST, M.Eng dan Purnami, ST., MT

Semakin terbatasnya jumlah kandungan minyak bumi yang berasal dari fosil, maka dibutuhkan suatu sumber energi yang dapat diperbaharui sebagai pengganti. Penggunaan minyak biji karet sebagai sumber energi alternatif masih mempunyai keterbatasan karena viskositas yang terlalu besar. Oleh karena itu dibutuhkan penambahan etanol sehingga karakteristik pembakaran *droplet* minyak biji karet murni mendekati karakteristik solar.

Bahan bakar yang digunakan pada penelitian ini berasal dari minyak biji karet murni. Variabel yang digunakan adalah jumlah penggunaan persentase etanol sebesar 5%, 10%, 15%, dan 20%. Karakteristik pembakaran *droplet* yang diamati berupa temperatur maksimum, *ignition delay time*, *burning rate*, dan visualisasi nyala api. Besar volume *droplet* yang digunakan sebesar 4 μ l dengan diameter 1,86 mm. Hasil pembakaran *droplet* kemudian dipindahkan ke komputer untuk melakukan pengolahan data. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan pengaruh penambahan etanol terhadap minyak biji karet murni terhadap karakteristik pembakaran *droplet*.

Hasil penelitian yang diperoleh dimana dengan semakin meningkatnya penambahan etanol pada minyak biji karet maka temperatur maksimumnya semakin menurun, *ignition delay time* dan *burning rate* yang dihasilkan semakin meningkat, tinggi api pembakaran semakin rendah, serta lebar api semakin besar.

Kata kunci : minyak biji karet, pembakaran *droplet*, etanol, *burning rate*, *ignition delay time*

Summary

PUTU ANDHI PRIANTAMA, Mechanical engineering, Faculty of Engineering, Brawijaya University, June 2015, **The Influence Of Ethanol Addition On The Characteristic Of Burning Droplet Of Pure Hevea Brasiliensis** . Tesis lectures : Dr.Eng Nurkholis Hamidi, ST, M.Eng dan Purnami, ST., MT

It has been understood that the amount of fossil-fuel-based oil is getting lesser and thus the needs for alternative energy sources are crucial. The use of oil from hevea brasiliensis as an alternative source of energy has remained limited as the viscosity of hevea brasiliensis is significantly high. Therefore, ethanol addition is necessary to produce similar characteristic of diesel fuel from burning process of oil droplet from pure hevea brasiliensis.

The fuel which is used in this research has been made from pure hevea brasiliensis. The variables used in this research are the variations of different percentage of ethanol at 5%, 10%, 15%, and 20%. The analysed characteristic of burning process of oil droplet are maximum temperature, ignition delay time, burning rate, and the visualization of burning droplet. The volume of droplet which is used is 4 μ l with diameter 1,86 mm. The result of burning droplet is then transferred into a computer for data processing. The purpose of this research is to prove the effects of ethanol addition into pure hevea brasiliensis oil to see how similar the result in comparison into diesel fuel.

The research has shown that the more ethanol addition is given into the pure hevea brasiliensis oil, the lesser its maximum temperature is, the higher the ignition delay time and the burning rate are, the lesser the height of burning fire, and the wider the fire.

Key words : hevea brasiliensis, burning droplet, ethanol, burning rate, ignition delay time, visualization of burning droplet

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada saat ini konsumsi energi global terus meningkat hingga tahun – tahun mendatang seiring dengan meningkatnya populasi penduduk dan serta pertumbuhan ekonomi global, dimana menurut laporan *International Energy Agency* disampaikan bahwa pada tahun 2025 pertumbuhan energi akan meningkat 50 persen dari total kebutuhan energi saat ini. Kondisi ini akan memicu kenaikan biaya produksi yang berdampak pada kenaikan biaya hidup. Dimana sumber energi yang digunakan merupakan bahan bakar fosil yaitu minyak dan batu bara. Meningkatnya kebutuhan bahan bakar minyak (BBM) mengakibatkan cadangan energi dunia yang berasal dari bahan bakar fosil semakin menipis sehingga ketersediaannya tinggal menunggu waktu, hal ini di sebabkan karena bahan bakar fosil termasuk sumber energi yang tidak dapat diperbaharui (*Unrenewable*) jadi diperlukan energi alternatif sebagai penggantinya.

Selain ketersediaan yang terbatas, bahan bakar fosil menjadi penyebab perubahan iklim dan pemanasan global sehingga perlu penggunaan cadangan energi alternatif pengganti bahan bakar. Bahan bakar yang digunakan sebagai pengganti yaitu bahan bakar yang dapat diperbaharui yang lebih dikenal dengan istilah biodiesel. Penggunaan biodiesel lebih rendah tingkat pencemarannya di banding petrodiesel (Bangun, N, 2008) telah melaporkan bahwa B10 & B20 dapat memberikan emisi gas CO,CO₂,dan NO lebih kecil dari petrodiesel. Untuk itu pemakaian biodiesel berasal dari sumber lain seperti minyak karet, minyak kelapa, minyak sawit, minyak randu, minyak alpukat, minyak kelor, serta minyak kemiri dan lebih menarik lagi bila di teliti lebih lanjut. Bertitik tolak pada alasan tersebut maka diadakanlah penelitian terhadap bahan bakar yang bersumber dari biji karet.

Perkebunan karet di Indonesia cukup luas mencapai 3.318.105 Ha baik yang di kelola oleh PTP maupun perkebunan karet rakyat, diperkirakan mampu menghasilkan minyak biji karet sebesar 256.224.068 liter/tahun (randemen 16%0 dan selanjutnya dapat diolah menjadi biodiesel. Jika diasumsikan harga biodiesel

sekarang Rp.3000,-/liter, maka total *added value* yang diperoleh menjadi Rp.768.672.204.000,- atau Rp.768,6 Miliar/tahun.

Etanol merupakan salah satu bahan bakar yang layak digunakan sebagai bahan bakar alternatif etanol memiliki rumus kimia C_2H_5OH . Keuntungan menggunakan etanol antara lain : meningkatkan performa mesin, menurunkan emisi gas buang, dan mengurangi konsumsi bahan bakar. Etanol merupakan suatu cairan dari proses fermentasi dan destilasi dari karbohidrat yang banyak terkandung dari hasil pertanian seperti : jagung, singkong, tebu, dan lain – lain.(Dharu Seto S, 2013)

Berdasarkan hal tersebut dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan etanol terhadap karakteristik pembakaran *droplet* minyak biji karet murni. Dimana nantinya diharapkan diperoleh karakteristik minyak biji karet yang memiliki karakteristik yang hampir sama dengan minyak solar, sehingga minyak biji karet dapat digunakan untuk menggantikan minyak solar sebagai bahan bakar.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut diatas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah pengaruh penambahan etanol terhadap karakteristik pembakaran *droplet* minyak biji karet murni

1.3 Batasan Masalah

Agar permasalahan dalam penelitian ini tidak terlalu luas, maka perlu adanya batasan masalah sebagai berikut :

1. Bahan bakar yang digunakan adalah minyak biji karet murni.
2. Besar diameter *droplet* yang digunakan sebagai pengujian adalah $4\mu l$
3. Tekanan yang digunakan dalam proses pembakaran adalah tekanan *atmosfer* yang dianggap konstan.
4. Karakteristik pembakaran dari *droplet* minyak biji karet yang diamati adalah temperatur pembakaran, kecepatan pembakaran, dan intensitas nyala api pembakaran.

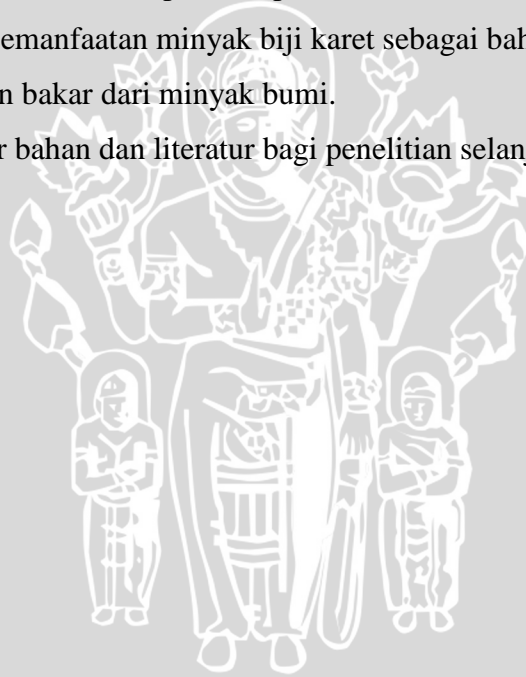
1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh penambahan etanol terhadap karakteristik pembakaran *droplet* minyak biji karet murni.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah

1. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi terhadap masyarakat pengaruh penambahan etanol terhadap karakteristik pembakaran *droplet* minyak biji karet murni.
2. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan ilmu dan wawasan dalam bidang pemanfaatan minyak biji karet sebagai bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar dari minyak bumi.
3. Sebagai sumber bahan dan literatur bagi penelitian selanjutnya.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Sudah banyak penelitian sebelumnya yang melakukan penelitian tentang droplet sebagai bahan bakar. Pada penelitian ini dimana ada 4 penelitian yang menjadi landasan teori pada penelitian ini. Pada tahun 2004, Robert melakukan eksperimen yang bertujuan untuk mendapatkan nilai muatan listrik terkecil dari elektron. Percobaan ini dikenal dengan percobaan tetes-minyak (*oil-droplet*). Eksperimen ini dilakukan dengan cara meneteskan minyak ukuran kecil pada dua pelat logam dengan beda potensial yang bisa ditentukan. Sehingga secara umum dapat diketahui bahwa muatan yang terkandung di dalam tetes minyak akan terpengaruh oleh medan listrik yang mengenainya.

Pada tahun 2005 penelitian yang dilakukan oleh Slanciauskas mengenai pembakaran *droplet* bahan bakar minyak. Dalam penelitiannya pembakaran *droplet* dilakukan di atas permukaan yang panas. Di mana temperatur yang harus dibangkitkan oleh permukaan itu adalah 300°C - 700°C. Panas merambat secara konduksi dan radiasi selanjutnya akan berpengaruh terhadap karakteristik pembakaran *droplet* bahan bakar. Pada tahun yang sama, penelitian yang dilakukan oleh Widiartama mengenai pengaruh diameter droplet terhadap karakteristik pembakaran minyak jarak (kecepatan pembakaran dan nyala api) di dalam pengaruh medan magnet. Dari penelitian tersebut diperoleh hasil bahwa semakin kecil diameter *droplet* maka nyala api pembakaran yang dihasilkan akan *spherical* dan pendek. Sedangkan penggunaan medan magnet akan menyebabkan kecepatan pembakaran yang dihasilkan akan semakin tinggi.

Penelitian terakhir sebelumnya yang dilakukan oleh Pradipta pada tahun 2010 melakukan penelitian mengenai variasi persentase kandungan volume etanol tetes debu dalam bensin variasi putaran mesin mempengaruhi emisi gas buang yang dihasilkan. Semakin besar persentase volume etanol tetes debu dalam bensin sampai batas 20% dan kenaikan putaran mesin menyebabkan putaran mesin

penurunan emisi CO dan HC dan kenaikan emisi CO₂. Pada persentase volume etanol 25% terjadi kenaikan emisi CO dan HC dan penurunan emis CO₂. Hasil emisi HC dan CO terendah dan emisi CO₂ tertinggi diperoleh pada campuran etanol tetes tebu-bensin 20% pada 3000 rpm.

2.2 Minyak Nabati dan Biodiesel

Minyak nabati secara umum dapat diartikan sebagai minyak yang disari/diekstrak dari berbagai bagian tumbuh-tumbuhan. Minyak nabati dapat digunakan sebagai bahan pangan, bahan bakar, pewangi, obat, dan berbagai penggunaan dalam bidang industri lainnya. Contoh minyak nabati yang sering ditemui dalam kehidupan sehari-hari antara lain : minyak kelapa sawit, minyak zaitun, minyak bunga matahari, minyak jarak, minyak karet, dan lain-lain.

Minyak nabati dapat difungsikan menjadi bahan bakar sebagai biodiesel. Biodiesel adalah bioenergi atau bahan bakar nabati yang dibuat dari minyak nabati baik minyak baru maupun minyak bekas melalui proses transesterifikasi, esterifikasi, ataupun proses esterifikasi-transesterifikasi. Bahan bakar mesin diesel yang terbuat dari sumber daya hayati atau biomassa adalah bahan bakar mesin diesel yang terdiri dari ester alkil dari asam-asam lemak. (Soerawidjaja, 2006)

Minyak nabati dan biodiesel tergolong dalam kelas besar senyawa-senyawa organik yang sama, yaitu kelas ester asam-asam lemak. Akan tetapi, minyak nabati merupakan tri-ester asam lemak dengan gliserol (trigliserida), sedangkan biodiesel adalah mono-ester asam lemak dengan methanol. Dari perbedaan wujud molekuler ini maka dapat diketahui beberapa konsekuensi dalam penilaian keduanya sebagai kandidat bahan bakar mesin diesel, yakni :

1. Minyak nabati (trigliserida) memiliki berat molekul yang besar, jauh lebih besar dari biodiesel (*ester metil*), hal ini menyebabkan trigliserida relatif mudah mengalami *cracking* (perekahan) menjadi aneka molekul-molekul kecil jika terpanaskan tanpa kontak dengan udara (oksigen).
2. Minyak nabati (*trigliserida*) memiliki viskositas yang jauh lebih besar dari biodiesel, hal ini menyebabkan pompa penginjeksi bahan bakar di dalam mesin diesel tidak mampu menghasilkan pengkabutan (*atomization*) yang baik

ketika minyak nabati disemprotkan ke dalam ruang pembakaran (*combustion chamber*)

3. Molekul minyak nabati (*trigliserida*) relatif lebih bercabang dibandingkan dengan biodiesel (*ester metil*), hal ini mengakibatkan angka setana dari minyak nabati lebih rendah daripada angka setana ester metil. Angka setana adalah tolak ukur kemudahan menyala atau terbakarnya bahan bakar di dalam mesin.

Biodiesel merupakan sumber energi alternative pengganti solar yang terbuat dari minyak tumbuhan atau lemak hewan (Zhang et.al, 2003). Biodiesel dapat dibuat dari minyak tumbuh-tumbuhan maupun lemak hewani, namun tidak semua minyak tumbuhan dapat dikategorikan sebagai biodiesel. Biodiesel pada dasarnya diproduksi dari reaksi transesterifikasi dari minyak tumbuhan atau minyak hewani dengan methanol atau ethanol dengan keberadaan katalis untuk menghasilkan gliserin dan biodiesel. Dengan adanya reaksi transesterifikasi ini dapat menurunkan viskositas minyak nabati sampai 85% (Demirbas, 2007).

Berikut ini adalah keunggulan biodiesel dibandingkan dengan solar, antara lain:

1. Biodiesel tidak mengandung sulfur dan benzene yang memiliki sifat karnisogen, serta dapat diuraikan secara alami.
2. Intensitas racun rendah. Jumlah komponen emisi gas buang biodiesel jika dibandingkan solar yaitu : CO turun 7.43%, CO₂ turun 3.33%, O₂ naik 6.25%, NO_x turun 3.84%, HC turun 11.32%, dan SO₂ turun 16.65% (Chairil,et.al., 2007).
3. Titik nyala api tinggi.
4. Produksi biodiesel dapat menyalurkan produksi minyak tumbuhan atau lemak hewani yang berlebih. Produksi biodiesel merupakan salah satu pemanfaatan produk minyak tumbuhan.

Adapun standar kelayakan bahan bakar untuk biodiesel yang sesuai dengan Standar Nasional Indonesia ditunjukkan pada tabel berikut ini :

Tabel 2.1 Standar Nasional Indonesia untuk Biodiesel

No.	Parameter	Satuan	Nilai	Metode Uji
1	Massa jenis	kg/m ³	850 - 890	ASTM D 1298
2	Viskositas	mm ² /s	2,3 – 6	ASTM D 445
3	Indeks setana		48	ASTM D 976
4	Titik nyala	°C	min 100	ASTM D 93
5	Nilai kalor	kal/g	10892	ASTM D 240
6	Titik kabut	°C	maks 18	ASTM D 2500
7	Korosi lempeng tembaga (3 jam pada 50°C)		maks no.3	ASTM D 130
8	Residu karbon			
	- dalam sample asli	% mass	maks 0,05	ASTM D 4530
	- dalam 10% ampas destilasi		maks 0,30	
9	Air dan sedimen	% vol	maks 0,05	ASTM D2709
				ASTM D 1266
10	Temperatur destilasi	°C	maks 360	ASTM D 1160
11	Belerang	ppm (mg/kg)	maks 100	ASTM D 5453
				ASTM D 1266
12	Fosfor	ppm (mg/kg)	maks 10	AQCS Ca 12-55
13	Angka asam	mg KOH/kg	maks 0,8	AQCS Ca 12 - 55
14	Gliserol bebas	% mass	maks 0,02	ASTM D 6584
15	Gliserol total	% mass	maks 0.24	ASTM D 6584

(sumber : Prihandana, 2006 : 62)

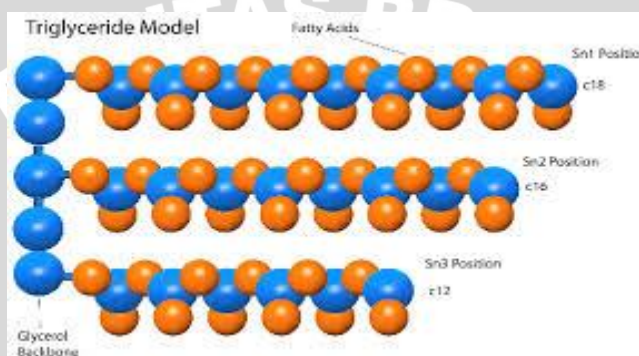
2.2.1 Komposisi Minyak Nabati

Kandungan terbesar dari minyak nabati adalah trigliserida asam lemak yakni sebesar 95%, asam lemak bebas (*Free Fatty Acid* atau FFA), monogliserida dan

digliserida, serta berbagai komponen lain seperti *phosphoglycerides*, vitamin, mineral, dan sulfur (Mittelbach, 2004).

2.2.1.1 Triglisierida

Triglisierida merupakan tri-ester dari gliserol dengan asam-asam lemak, yakni asam karboksilat beratom karbon 6 sampai dengan 30. Triglisierida banyak dikandung dalam minyak dan lemak. Selain triglisierida, terdapat pula monoglisierida dan diglisierida. Struktur molekul triglisierida dapat dilihat pada gambar 2.1 berikut ini:

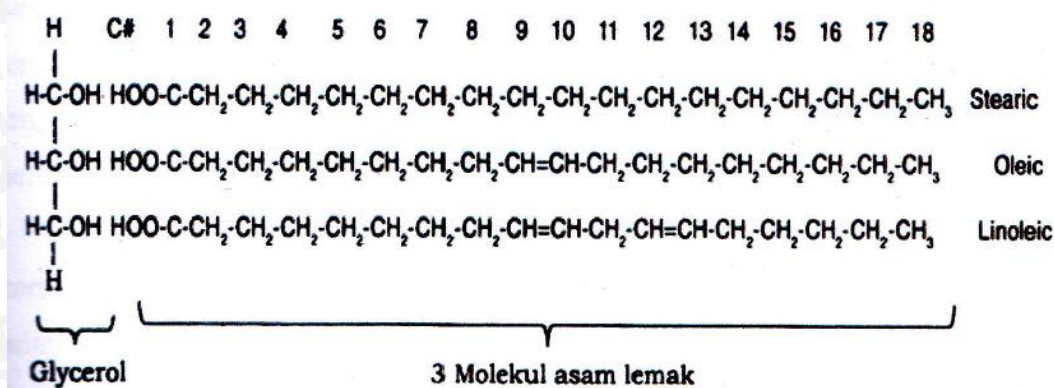


Gambar 2.1 Struktur molekul triglisierida

Sumber :<http://onmuslim.com/pengertian-triglisierida-adalah-bahaya-dan-cara-mengatasinya.html>

2.2.1.2 Asam Lemak Bebas (*Free Fatty Acid*)

Asam lemak bebas (*Free Fatty Acid/FFA*) adalah asam lemak yang terpisahkan dari triglisierida, diglisierida, monoglisierida, dan gliserin bebas. Oksidasi dapat meningkatkan kadar asam lemak bebas yang terkandung dalam minyak nabati. Kandungan asam lemak bebas di dalam biodiesel akan membentuk suasana asam yang dapat menyebabkan terjadinya korosi pada peralatan injeksi bahan bakar, membuat filter tersumbat dan terjadi sedimentasi pada injektor (www.journeytoforever.com). Gambar 2.2 di bawah ini menunjukkan struktur molekul asam lemak bebas (FFA) :



Gambar 2.2 Struktur molekul asam lemak bebas (*Free Fatty Acid*)
 Sumber : Wardana, 2008; 38

Berikut adalah tabel 2.2 dan tabel 2.3 tentang beberapa asam lemak jenuh dan asam lemak tak jenuh beserta rumus kimianya yang sering dikenal :

Tabel 2.2 Asam lemak jenuh

Nama Umum	Nama IUPAC	Rumus Kimia
Asam Laurat	Asam Didekanoat	$C_{11}H_{23}CO_2H$
Asam Miristat	Asam Tetradekanoat	$C_{13}H_{27}CO_2H$
Asam Palmitat	Asam Heksadekanoat	$C_{15}H_{31}CO_2H$
Asam Stearat	Asam Oktadekanoat	$C_{17}H_{35}CO_2H$

Sumber : Ralph H. Petrucci, *Kimia Dasar*, 1996: 299

Tabel 2.3 Asam lemak tak jenuh

Nama Umum	Nama IUPAC	Rumus Kimia
Asam Oleat	Asam 9-oktadekanoat	$C_{17}H_{33}CO_2H$
Asam Linoleat	Asam 9,12-oktadekanoat	$C_{17}H_{31}CO_2H$
Asam Linolenat	Asam 9,12,15-oktadekatrienoat	$C_{17}H_{29}CO_2H$
Asam Oleostearat	Asam 9,11,13-oktadekatrienoat	$C_{17}H_{29}CO_2H$

Sumber : Ralph H. Petrucci, *Kimia Dasar*, 1996: 299

2.3 Minyak Biji Karet (*Hevea brasiliensis*)

Biji karet (*Hevea brasiliensis*) termasuk dalam marga *Hevea* yang memiliki sebaran cukup luas di Indonesia. Karet merupakan tanaman perkebunan tahunan berbatang lurus yang pertama kali ditemukan di Brazil dan berhasil



dibudidayakan pada tahun 1601, sedangkan pembudidayaan tanaman karet di Indonesia dimulai pada tahun 1876.

Penanaman pohon karet yang sesuai adalah pada ketinggian antara 1-600 meter di atas permukaan laut dengan curah hujan berkisar antara 2000-2500 mm/tahun. Pohon karet dapat dipanen getahnya pada usia sekitar 5 tahun dan memiliki usia produktif 25 sampai dengan 30 tahun. Pohon karet memiliki batang yang tegak berkayu yang tingginya sekitar 15 sampai dengan 25 meter, permukaan batang halus, batang berwarna coklat dengan bercak putih, diameter batang besar, dan memiliki percabangan monopodial. Daun pohon karet terdiri dari tangkai utama sepanjang 3 sampai dengan 20 cm, dan tangkai anak daun sepanjang 3 sampai dengan 10 cm, setiap daun terdiri dari tiga anak daun yang berbentuk elips memanjang dengan ujung runcing, daun berwarna hijau dan menjadi merah atau kuning saat menjelang daun rontok. Pohon karet memiliki buah berdiameter antara 3 sampai dengan 5 cm yang terbentuk dari hasil penyerbukan bunga karet dan memiliki pembagian ruang yang jelas (3 sampai dengan 6 ruang). Setelah berumur sekitar enam bulan, buah karet akan masak dan pecah sehingga biji karet terlepas dari batoknya. Biji karet memiliki diameter sekitar 1.98cm yang berbentuk bulat lonjong, keras, dan berwarna coklat dengan bercak-bercak putih. Berat biji karet sekitar 0.78 sampai dengan 3.29 gram (Van Steenis, dkk, 2006)



Gambar 2.3 Pohon Karet (*Hevea brasiliensis*)

Sumber:<http://lifestyle.kompasiana.com/urban/2011/01/19/kisahpengumpul-getah-karet-berkejaran-dengan-waktu-335898.html>

Biji karet terdiri dari 40-50% kulit keras, berwarna cokelat, 50-60% kernel yang berwarna putih kekuningan. Kernel biji karet terdiri dari 40-50% minyak, 2.71% abu, 3.71% air, 22.17% protein, dan 24.21% karbohidrat (Luthfi, 2008). Di bawah ini merupakan gambar 2.3 mengenai bentuk pohon dan biji karet (*Hevea brasiliensis*) :



Gambar 2.4 Biji dan Batang Tanaman Karet (*Hevea brasiliensis*)

Sumber : <https://ibnujafar86.wordpress.com/2010/01/06/belajarlah-dari-seonggok-biji/676521karetmw6/>

Berikut ini merupakan data klasifikasi botani tentang tanaman karet (*Hevea brasiliensis*) :

- Divisi : *Spermatophyta*
- Subdivisi : *Angiospermae*
- Kelas : *Dicotyledonae*
- Ordo : *Euphorbiales*
- Famili : *Euphorbiaceae*
- Genus : *Hevea*
- Spesies : *Hevea brasiliensis*

Minyak biji karet (*Hevea brasiliensis*) tergolong kedalam asam lemak tak jenuh yang berantai karbon panjang, dengan kandungan utama berupa asam linoleat ($C_{17}H_{31}COOH$) sebesar 35%-38%, asam linolenat ($C_{17}H_{35}COOH$) sebesar 21% - 24%, dan asam oleat ($C_{17}H_{33}COOH$) sebesar 17% - 21%. Selebihnya berupa asam palmitat, asam archedat, dan asam stearat (Luthfi, 2008:6).

Beberapa keunggulan biji karet (*Hevea brasiliensis*) sebagai bahan baku biodiesel, antara lain:

1. Tanaman karet tumbuh dan tersebar luas di Indonesia secara alami, regenerasi tanaman karet mudah dan berbuah sepanjang tahun.
2. Produktivitas biji karet lebih tinggi jika dibandingkan jenis lain (jarak pagar 5 ton/ha; sawit 6 ton/ha; karet 10 ton/ha)
3. Sebagian parameter biji karet telah memenuhi standar kualitas biodiesel Indonesia.
4. Kualitas emisi lebih baik daripada solar

Berikut ini adalah tabel 2.4 yang menunjukkan presentase minyak yang dikandung dalam suatu biji-bijian yang dapat dilihat pada persentase minyak per berat total biji, dimana minyak jarak memiliki persentase terbesar dibandingkan biji-bijian lainnya:

Tabel 2.4 Kandungan minyak dalam biji-bijian

Jenis Biji	% Minyak per Berat Total Biji
Karet	40 – 50
Jarak	54
Inti Sawit	47 – 52
Wijen	33 – 57
Kacang Tanah	46 - 52

Sumber : Kataren, 1986; 12

Berikut ini adalah tabel 2.5 yang menunjukkan perbandingan karakteristik minyak biji karet (*Hevea brasiliensis*) dengan solar :

Tabel 2.5 Perbandingan karakteristik minyak biji karet dengan solar

Parameter	Minyak Biji Karet	Solar
Densitas 15°C (g/m ³)	0,892	0,85
Viskositas 30°C (cst)	7,956	3,60
Bilangan setana	56	48
Flash point (°C)	65	80
Nilai kalor (kJ/kg)	34.589	44.000
Karbon (C) per molekul		8 - 10

Sumber :Kumar, 2012

Berikut ini adalah tabel 2.6 yang menunjukkan komposisi asam lemak yang dikandung minyak biji karet (*Hevea brasiliensis*), dimana asam oleat memiliki kadar persentase terbesar dibandingkan kandungan asam lemak lainnya:

Tabel 2.6 Komposisi asam lemak yang dikandung minyak biji karet

Asam Lemak	Kadar (%)
Asam Palmitat	13,11
Asam Stearat	12,66
Asam Arachidic	0,54
Asam Oleat	39,45
Asam Linoleat	33,12
Lain-lain	1,12

Sumber : Setyawardhani, 2009

Berikut ini adalah tabel 2.7 yang menunjukkan sifat fisik-kimia dari minyak biji karet (*Hevea brasiliensis*):

Tabel 2.7 Sifat fisika-kimia dari minyak biji karet (*Hevea brasiliensis*):

No.	Parameter	Keterangan
1	Warna (<i>Color</i>)	Coklat
2	Kejernihan (<i>Clarity</i>)	Jernih
3	Aroma (<i>Odor</i>)	Berbau
4	Indeks bias (<i>Refractive index</i>)	1,46
5	Keasaman (pH)	6
6	Kekentalan (<i>Viscosity</i>)	10,32 poise
7	<i>Specific gravity</i>	0,92
8	Titik lebur (<i>Melting point</i>)	45 - 48°C
9	Nilai peroksida (<i>Peroxide value</i>)	14,4
10	Kandungan uap (<i>Moisture content</i>)	8,6%
11	Nilai saponifikasi (<i>Saponification value</i>)	193,61
12	Nilai Iodin (<i>Iodine value</i>)	134,51
13	Nilai ester (<i>Esther value</i>)	191,93
14	Nilai asam (<i>Acid value</i>)	1,68
15	<i>Unsaponifiable matter</i>	0,7%

2.4 Pembakaran Droplet Minyak Biji Karet (*Hevea brasiliensis*)

Pembakaran merupakan reaksi kimia oksidasi yang sangat cepat antara oksigen dan bahan bakar disertai dengan timbulnya cahaya dan menghasilkan kalor (Turns, 1996: 12).

Dalam setiap proses pembakaran ada dua peristiwa yang pasti terjadi, antara lain:

1. Komposisi campuran berubah terhadap waktu dan perubahan ini disebabkan oleh proses pada tingkat molekuler
2. Ikatan-ikatan antar molekul yang lemah terlepas, digantikan dengan ikatan yang lebih kuat. Kelebihan energi ikat dilepas ke dalam sistem yang biasanya menyebabkan kenaikan temperatur.

Berdasarkan kondisi campuran bahan bakar dengan udara (oksigen), pembakaran diklasifikasikan menjadi dua jenis, yakni :

1. Pembakaran tipe *premixed* adalah pembakaran dimana bahan bakar dan udara sebagai pengoksidasi sudah bercampur terlebih dahulu sebelum terjadi pembakaran. Tingkat keberhasilan pembakaran *premixed* bergantung dipengaruhi oleh faktor homogenitas campuran udara dan bahan bakar, dimana pada campuran antara bahan bakar dan udara yang tidak homogeny akan dihasilkan pembakaran yang tidak sempurna dan tekanan yang dihasilkan tidak maksimal.
2. Pembakaran tipe difusi adalah pembakaran dimana bahan bakar dan udara sebagai pengoksidasi tidak bercampur secara mekanik tetapi dibiarkan bercampur secara alami melalui proses difusi sehingga kemudian terjadi pembakaran.

Syarat-syarat yang harus dipenuhi agar terjadi proses pembakaran yang sempurna antara lain sebagai berikut :

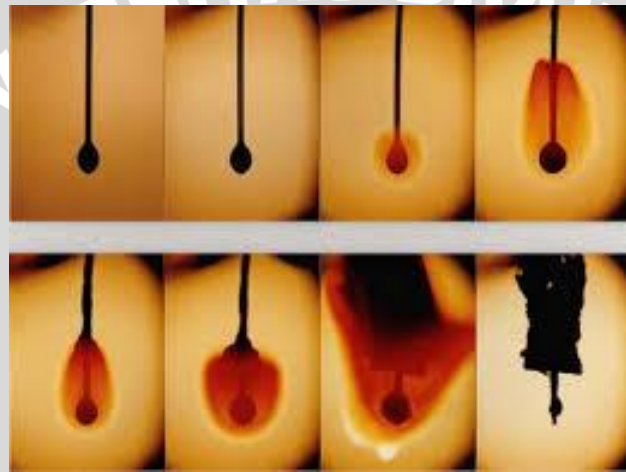
1. Penguapan yang efisien dari bahan bakar
2. Cukup udara
3. Campuran yang homogen antara bahan bakar dan udara
4. Temperatur pembakaran harus cukup tinggi

Proses pembakaran yang terjadi pada pembakaran minyak biji karet (*Hevea brasiliensis*) adalah jenis pembakaran difusi dimana reaktan (bahan bakar dan udara) tidak bercampur secara mekanik, melainkan bercampur secara alami berdasarkan kebutuhan pada waktu pembakaran tersebut berlangsung. Pada pembakaran *droplet* minyak biji karet terjadi tiga fase, yakni :

1. Fase penyalaan dan pemanasan, dimana pada fase ini *droplet* dipanaskan oleh api. Selama fase ini ada dua peristiwa yang hanya menyebabkan perubahan kecil dari *droplet*, pertama adalah pemuaiian panas *droplet* dan yang kedua adalah sebagian besar panas yang ditransfer ke *droplet* dipakai untuk memanaskan *droplet* tetapi tidak terjadi penguapan.

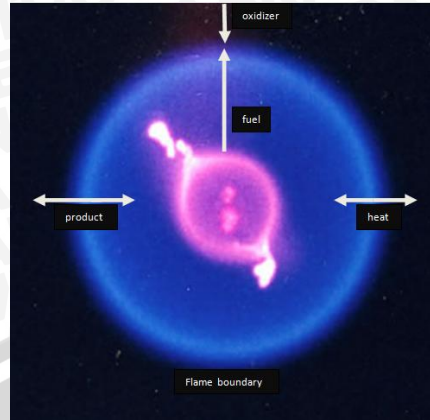
2. Selama fase kedua, *droplet* telah dianggap mencapai temperature penguapan. Pada keadaan ini seluruh panas yang ditransfer ke *droplet* dipakai untuk menguapkan *droplet*. Fase pembakaran ini menghabiskan 90% dari umur evolusi *droplet*.
3. Fase ketiga dikenal dengan fase habis terbakar terjadi setelah *droplet* habis menguap, selama periode ini uap yang tersisa hampir dilahap habis oleh proses pembakaran.

Proses pembakaran *droplet* dapat dilihat pada gambar 2.5 di bawah ini :



Gambar 2.5 proses pembakaran *droplet* pada bahan bakar cair
Sumber : <http://www.nmri.go.jp/>

Laju evaporasi dan pembakaran *droplet* secara umum ditentukan oleh laju perpindahan panas dari permukaan nyala (*flame front*) ke permukaan *droplet* bahan bakar. Dalam tinjauan mengenai nyala api difusi, proses kimia diasumsikan berjalan sangat cepat sehingga laju pembakaran *droplet* hanya ditentukan oleh transfer massa dan panas. Berikut ini merupakan gambar 2.6 mengenai skema pembakaran *droplet* :



Gambar 2.6 Skema pembakaran *droplet*

Sumber: http://www.jacobsschool.ucsd.edu/news/news_releases/release.sfe?id=1156

Pada proses pembakaran, akan terjadi perambatan api dari nyala api menuju permukaan *droplet*. Temperatur gas hasil pembakaran yang lebih tinggi akan dipindahkan secara konveksi menuju permukaan *droplet* yang kemudian memanaskan droplet hingga fase gas. Peristiwa ini disebut dengan penguapan (*evaporation*). Besarnya energi yang dibutuhkan untuk penguapan droplet dapat diketahui dengan menggunakan persamaan di bawah ini :

$$Q = \Delta h_v + C_{liq}(T_s - T_0) \quad (\text{Kenneth, 1986: 373}) \quad (2-1)$$

Keterangan :

Q = energi total penguapan (kJ/kg)

Δh_f = kalor laten (kJ/kg)

C_{liq} = kalor jenis bahan bakar (kJ/kg.°C)

T_s = temperatur permukaan *droplet* (°C)

T_0 = temperatur awal *droplet* (°C)

Di dalam proses pembakaran minyak biji karet (*Hevea brasiliensis*), energi panas dari luar digunakan untuk memutuskan ikatan antar molekul hidrokarbon yang terkandung dalam *droplet* minyak biji karet tersebut sehingga mudah teroksidasi oleh udara (oksigen) dari luar. Temperatur yang tinggi menyebabkan transfer kalor dari nyala api menuju permukaan *droplet* berlangsung semakin

cepat sehingga laju penguapan (*evaporation*) dari *droplet* akan semakin meningkat.

Berikut ini beberapa hal yang menjadi dasar pertimbangan yang digunakan dalam pembahasan mengenai pembakaran sebuah *droplet*, antara lain :

1. Koefisien evaporasi

Koefisien evaporasi didefinisikan berdasarkan hukum “ d^2 ” yang merupakan hukum evaporasi *droplet*. Secara eksperimental dituliskan sebagai berikut :

$$d^2 = d_0^2 - \beta_v \cdot t \quad (\text{Kenneth, 1996: 372}) \quad (2-2)$$

maka :

$$\beta_v = \frac{d_0^2 - d^2}{t} \quad (\text{Kenneth, 1996: 372}) \quad (2-3)$$

Keterangan :

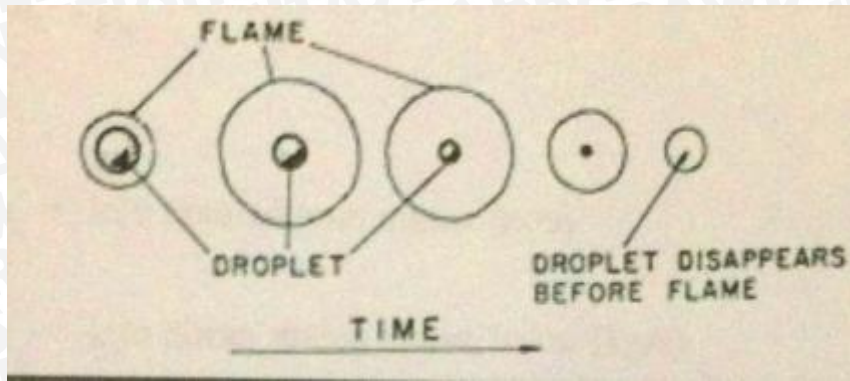
d = diameter *droplet* dalam waktu t (mm)

d_0 = diameter awal *droplet* (mm)

β_v = koefisien evaporasi $\frac{\text{mm}^2}{\text{s}}$

t = waktu (s)

Persamaan di atas menunjukkan bahwa diameter *droplet* akan semakin mengecil seiring dengan berjalannya waktu karena menguapnya sebagian massa *droplet* karena adanya perpindahan panas yang mengubah fase *droplet* dari cair menjadi uap yang terbakar, seperti ditunjukkan pada gambar 2.7 tentang perubahan bentuk *droplet* di bawah ini :



Gambar 2.7 Perubahan bentuk *droplet*

Sumber : Kenneth K. Kuo, *Principles of Combustion*, 1986: 390

2. Laju evaporasi bahan bakar

Laju evaporasi bahan bakar merupakan pengembangan dari hukum “ d^2 ” dan persamaan kontinuitas yang dituliskan dalam persamaan matematis di bawah ini :

$$v_{FE} = \frac{2D_s \ln(1+B)}{d_0} \quad (\text{Kenneth, 1986; 376}) \quad (2-4)$$

Keterangan :

v_{FE} = laju evaporasi bahan bakar (m/s)

D = difusivitas massa (m^2/s)

B = *transfer number*

d_0 = diameter *droplet* (m)

3. Laju pembakaran massa

Pada pembakaran *droplet* bahan bakar, ukuran *droplet* mengecil seiring dengan pertambahan waktu dan ini ditunjukkan dengan persamaan kekekalan massa yang meninggalkan *droplet*. Laju pembakaran massa *droplet* dirumuskan sebagai berikut :

$$v_{FM} = \frac{m_F}{\pi d_0 \rho_L} \quad (\text{Kenneth, 1986: 376}) \quad (2-5)$$

Keterangan :

v_{FM} = laju pembakaran massa (m/s)

m_F = laju aliran massa bahan bakar (kg/s)

ρ_L = massa jenis bahan bakar (kg/m³)

d_0 = diameter awal *droplet* (m)

Dari persamaan-persamaan di atas dapat disimpulkan bahwa waktu yang dibutuhkan untuk menguapkan droplet bahan bakar yang semakin singkat, laju evaporasi, serta laju pembakaran semakin besar jika :

- Difusivitas massa tinggi,
- Diameter awal droplet kecil, dan
- Transfer massa bahan bakar besar

2.5 Sifat Fisik Biodiesel

Sifat-sifat fisik biodiesel yang harus diketahui untuk mengukur tingkat kelayakan bahan bakar solar antara lain massa jenis, viskositas, titik nyala api, nilai kalor, dan indeks setana.

2.5.1 Densitas (Kerapatan Massa)

Densitas dapat diartikan sebagai perbandingan jumlah massa yang dimiliki suatu zat dalam suatu volume tertentu. Densitas menunjukkan kerapatan massa suatu zat dalam volume yang sama. Satuan densitas dalam Sistem Internasional (SI) yaitu kilogram per meter kubik (kg/m³). Densitas dapat diukur dengan menggunakan alat yang bernama *hydrometer*. Pengetahuan mengenai kerapatan massa ini berperan dalam perhitungan kuantitatif dan pengkajian kualitas penyalan. Densitas berkaitan dengan nilai kalor dan daya yang akan dihasilkan oleh mesin diesel per satuan volume bahan bakar.

2.5.2 Viskositas (Kekentalan)

Viskositas (kekentalan) fluida adalah besaran yang menggambarkan kesukaran fluida untuk mengalir. Secara matematis, viskositas didefinisikan sebagai berikut :

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (\text{Holmann, 1985; 347}) \quad (2-6)$$

Keterangan : V : viskositas kinematik fluida (m^2/s)
 μ : viskositas dinamik fluida ($kg/m.s$)
 ρ : densitas fluida (kg/m^3)

Semakin kental fluida maka fluida tersebut memiliki viskositas yang semakin tinggi. Viskositas berpengaruh dalam kerja injektor pada mesin diesel, jika viskositas bahan bakar tinggi maka pompa penginjeksi bahan bakar di dalam mesin diesel tak mampu menghasilkan pengkabutan (*atomization*) yang baik. Viskositas menunjukkan sifat pelumasan atau lubrikasi pada bahan bakar. Viskositas yang relatif tinggi memiliki sifat lubrikasi yang lebih baik. Pada bahan bakar harus memiliki viskositas yang rendah agar dapat mengalir dengan mudah dan mudah teratomisasi.

2.5.3 Titik Nyala Api (*Flash Point*)

Titik nyala adalah temperatur terendah dimana bahan bakar dalam campurannya dengan udara dapat menyala. Titik nyala yang terlampau tinggi dapat menyebabkan keterlambatan penyalaan, sementara apabila titik nyala terlampau rendah akan menyebabkan ledakan-ledakan (detonasi) yang terjadi sebelum bahan bakar masuk ruang bakar.

2.5.4 Nilai Kalor (*Heating Value*)

Nilai kalor (*flash point*) adalah suatu sifat yang menunjukkan jumlah energi panas yang terkandung dalam suatu massa atau volume bahan bakar melalui proses pembakaran sempurna. Nilai kalor didapat dari selisih antara energi yang dilepaskan untuk memutus ikatan kimia reaktan dan energi yang dilepas oleh pembentukan ikatan kimia pada produk. Alat yang digunakan untuk mengukur nilai kalor yaitu *bomb calorimeter*. Berikut ini beberapa istilah penting yang berkaitan dengan nilai kalor, antara lain :

1. Nilai kalor tertinggi (*Higher Heating Value/HHV*)

HHV adalah jumlah kalor yang dihasilkan oleh reaksi pembakaran jika semua air di dalam produk terkondensasi menjadi cair. Besarnya HHV dapat dihitung dengan persamaan yang dikembangkan oleh DULONG – PETIT, yaitu :

$$HHV = 14544C + 62028(H-O/8) + 4050S \text{ Btu/lb bahan bakar} \quad (2-7)$$

$$\text{HHV} = 8080C + 34460(\text{H-O}/8) + 2250S \text{ kkal/kg bahan bakar} \quad (2-8)$$

$$\text{HHV} = 33950C + 144200(\text{H-O}/8) + 9400S \text{ kJ/kg bahan bakar} \quad (2-9)$$

(Wardana, 2008 : 32)

Keterangan :
 C = kandungan karbon dalam bahan bakar
 H = kandungan hidrogen dalam bahan bakar
 O = kandungan oksigen dalam bahan bakar
 S = kandungan belerang (sulfur) dalam bahan bakar

2. Nilai kalor terendah (*Lower Heating Value/LHV*)

LHV adalah jumlah kalor pada kondisi dimana air di dalam produk berbentuk uap (gas). Besarnya LHV dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\text{LHV} = \text{HHV} - x\text{LH} \quad (\text{Wardana, 2008 : 32}) \quad (2-10)$$

Keterangan :
 x = massa H₂O yang terbentuk dalam proses pembakaran/
 satuan massa bahan bakar
 LH = panas laten penguapan H₂O
 LH = 1080 Btu/lb H₂O
 LH = 600 kkal/kg H₂O
 LH = 2400 kJ/kg H₂O

2.5.5 Indeks Setana (*Cetane Index*)

Cetane index adalah suatu parameter mutu penyalan bahan bakar mesin diesel. Mutu penyalan dapat diartikan sebagai waktu yang diperlukan bahan bakar untuk dapat menyala di dalam ruang pembakaran dan diukur setelah penyalan terjadi. Indeks setana adalah nilai yang dapat ditentukan dengan cara perhitungan berdasarkan temperature destilasi pada *recovery* 50% volume dan densitas minyak pada suhu 15°C. Besarnya indeks setana dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{CCI} = 454,74 - 1641,416D + 774,74D^2 - 0,554B + 97,803(\log B)^2 \quad (2-11)$$

(ASTM D976)

Keterangan :

CCI = *Calculated Cetane Index* (perhitungan indeks setana)

D = Densitas pada 15°C (kg/m³), berdasarkan metode uji D1298 atau

D4052

B = Temperatur destilasi pada *recovery* 50% volume (°C), berdasarkan metode uji D 86

2.6 Energi Disosiasi

Energi disosiasi diartikan sebagai jumlah energi yang diperlukan untuk memutus satu mol ikatan kimia suatu zat dalam fase gas. Satuan energi disosiasi dalam SI (Standar Internasional) adalah kilojoule per mol ikatan (kJ/mol). Dengan demikian kekuatan suatu ikatan bergantung pada sifat ikatan antara atom-atom, yakni ikatan ganda dua lebih kuat daripada ikatan tunggal dan ikatan ganda tiga lebih kuat daripada ikatan ganda dua. Terdapat hubungan antara energi disosiasi ikatan dengan jarak antara inti dari atom-atom berikatan, dimana semakin kuat suatu ikatan maka akan semakin pendek jarak ikatannya. Berikut ini adalah tabel 2.8 mengenai tipe ikatan kimia dan besarnya energi disosiasi ikatan tersebut :

Tabel 2.8 Tipe ikatan dan energi disosiasi

Ikatan	Tipe Ikatan	Asam Lemak	Energi Disosiasi kJ/mol
CH ₂ - H	Aliphatic		435,448
CH - H	Aliphatic	Stearic	401,952
CH = CHCH - H	Allylic	Oleic	355,895
CH + CHCH - H	Doubly	Linoleic	318,272
CH = CH	Allylic	Linolenic	

Sumber : Wardana I.N.G, Bahan Bakar dan Teknologi Pembakaran, 2008; 41

Berikut ini adalah tabel 2.9 mengenai jenis ikatan, jarak ikatan, dan besarnya energi disosiasi ikatan tersebut :

Tabel 2.9 Energi ikatan dan jarak ikatan beberapa unsur dan senyawa

Ikatan	Energi Ikatan	Jarak Ikatan	
	kJ/mol	Å	pm
H - H	435	0,74	74
H - C	414	1,10	110
H - N	389	1,00	100
H - O	464	0,97	97
H - F	565	1,01	101
H - Cl	431	1,36	136
H - Br	364	1,51	151
H - I	297	1,70	170
C - C	347	1,54	154
C = C	611	1,34	134
C \equiv C	837	1,20	120
C - N	305	1,47	147
C = N	615	1,28	128
C \equiv N	891	1,16	116
C - O	360	1,43	143
C = O	736	1,23	123
C - Cl	326	1,77	177
N - N	163	1,45	145
N = N	418	1,23	123
N \equiv N	946	1,09	109
F - F	155	1,28	128
Cl - Cl	243	1,99	199
Br - Br	192	2,28	228
I - I	151	2,66	266

Sumber : Pertucci, Kimia Dasar; 1996 : 293

2.7 Teori Kinetik Gas

Jika dipandang dari segi atomic, reaksi pembakaran merupakan proses tumbukan antara atom atom. Kecepatan (energi kinetik) minimum dimana reaksi dapat berlangsung merupakan energi aktivasi dari atom atau molekul tersebut. Berikut ini merupakan persamaan yang berkaitan dengan teori kinetik gas :

$$\frac{3}{2}kT = \frac{1}{2}mv^2 \quad (\text{Halliday, 1988: 253}) \quad (2-12)$$

Keterangan :

T = temperatur pembakaran (K)

v = kecepatan reaksi (m/s)

k = konstanta Boltzmann = $1,380622 \times 10^{-23}$ J/K

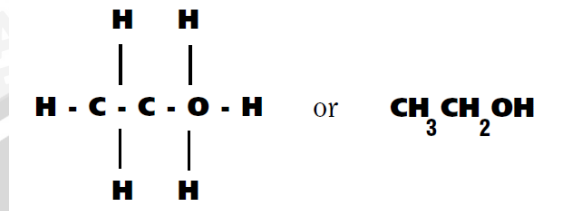
m = massa zat yang bereaksi (kg)

Dari persamaan di atas dapat disimpulkan bahwa kecepatan reaksi berbanding lurus dengan temperatur pembakaran. Sehingga dengan meningkatnya kecepatan reaksi atau kecepatan molekul-molekul yang saling bertumbukan akan menyebabkan semakin tinggi pula temperatur pembakaran.

2.8 Etanol

Etanol atau alkohol adalah salah satu dari energi alternatif yang terbuat dari hasil fermentasi jagung atau biomassa sejenisnya yang mengandung zat tepung dan gula. Etanol berwujud cair (*liquid*) yang juga disebut *ethyl alcohol* dapat digunakan untuk bahan pencampur bahan bakar. Di Amerika, etanol diproduksi sebesar 2 milyar galon per tahun dari hasil fermentasi jagung. Awal penggunaan dalam skala besar sebagai bahan bakar dimulai pada awal tahun 1900 ketika suplai minyak di Eropa mulai tersendat. Di Amerika, produk mobil Henry Ford Model T dan jenis automobile era tahun 1920 didesain untuk menggunakan bahan bakar alkohol. Jerman dan Amerika mengandalkan etanol untuk daya dari kendaraan perang selama perang dunia kedua. Pembatasan penggunaan etanol terjadi pada krisis minyak pada awal tahun 1970.

Alkohol memiliki sifat tidak berwarna (bening), mudah menguap (*volatile*), dan mudah terbakar (*flammable*). Alkohol adalah senyawa organik yang memiliki satu atau lebih hidroksil (OH) yang terikat dengan atom karbon. Alkohol ditunjukkan sebagai : C-O-H atau C-OH. Rumus kimia dari alkohol ditunjukkan sebagai berikut :



Dalam bentuk alkohol murni, etanol berwujud cairan yang tidak berwarna yang memiliki titik didih pada 78°C (172°F) dan titik lebur pada -112°C (-170°F). Ketika dibakar, etanol menghasilkan api berwarna biru muda tanpa residu, hal ini yang membuat etanol sebagai bahan bakar ideal.

Di dalam penggunaan etanol pada pencampuran dengan bahan bakar, etanol memiliki beberapa keuntungan, seperti :

1. Etanol dapat menghasilkan pembakaran yang lebih sempurna
2. Etanol dapat menurunkan emisi gas karbondioksida dari hasil pembakaran bahan bakar
3. Menghindari peristiwa *knocking*
4. Menghasilkan akselerasi yang lebih baik
5. Membantu menjaga *engine* agar tetap bersih
6. Memiliki kemampuan untuk menyerap air dan dapat menghindari peristiwa *freezing* pada musim dingin (salju)

2.9 Karakteristik Pembakaran

Pada penelitian ini, ada beberapa karakteristik pembakaran yang diamati, adapun karakteristik-karakteristik pembakaran tersebut antara lain :

1. *Burning Rate*

Burning rate adalah kecepatan pembakaran untuk membakar sebuah droplet dengan diameter tertentu, *burning rate* biasanya dinyatakan dalam koefisien evaporasi (β_v). *Burning rate* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$d^2 = d_0^2 - \beta_v t \quad (\text{Kuo, 1986: 372}) \quad (2-13)$$

$$\beta_v = \frac{d_0^2 - d^2}{t} \quad (\text{Kuo, 1986: 372}) \quad (2-14)$$

Keterangan : d = diameter *droplet* dalam waktu t (mm)

d_0 = diameter awal *droplet* (mm)

β_v = koefisien evaporasi

t = waktu (s)

Persamaan di atas menunjukkan bahwa diameter *droplet* akan semakin mengecil seiring dengan berjalannya waktu karena menguapnya sebagian massa *droplet* akibat perpindahan panas yang merubah fase *droplet* dari fase cair menjadi fase uap atau gas

2. Ignition Delay Time

Ignition delay time adalah waktu yang diperlukan untuk memanaskan *droplet* sampai *droplet* mulai terbakar. *Ignition delay time* dapat diketahui dari grafik hubungan temperature pembakaran dengan waktu pembakaran.

3. Temperatur maksimum pembakaran

Temperatur maksimum pembakaran adalah temperatur tertinggi yang dicapai dalam proses pembakaran sebuah *droplet*.

4. Visualisasi nyala api pembakaran

Visualisasi nyala api meliputi tiga karakter, yaitu tinggi api, lebar api, dan warna nyala api. Tinggi dan lebar api mewakili seberapa cepat *droplet* mengalami penguapan, jika penguapan yang dialami *droplet* lebih cepat maka akan dihasilkan api yang tinggi dan tidak terlalu lebar. Untuk warna nyala api mewakili energi yang dihasilkan pada proses pembakaran, dimana jika nyala api terang maka disimpulkan bahwa pembakaran tersebut menghasilkan energi yang lebih besar dibandingkan dengan nyala api yang redup.

2.10 Hipotesis

Berdasarkan tinjauan pustaka maka dapat diambil hipotesis bahwa dengan adanya penambahan etanol akan menambah kandungan oksigen pada bahan bakar minyak biji karet murni sehingga akan mendapatkan pembakaran yang lebih baik dan dapat mempengaruhi karakteristik pembakaran yang terjadi.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental, yaitu dengan melakukan pengamatan secara langsung untuk mencari data pada objek yang diteliti. Dalam penelitian ini, objek penelitian yang diamati adalah pengaruh penggunaan etanol pada minyak biji karet murni terhadap karakteristik pembakaran *droplet*.

3.2 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Motor Bakar Teknik Mesin Universitas Brawijaya, Malang, Jawa Timur.

3.3 Variabel Penelitian

Pada penelitian ini terdapat tiga variabel yang digunakan, variabel-variabel tersebut antara lain :

1. Variabel Bebas

Di dalam penelitian ini yang merupakan variabel bebas adalah penggunaan persentase etanol sebesar 5%,10%,15% dan 20% pada minyak biji karet murni.

2. Variabel Terikat

Di dalam penelitian ini yang merupakan variabel terikat adalah temperatur, laju pembakaran *droplet*, dan visualisasi nyala api.

3. Variabel Terkontrol

Di dalam penelitian ini yang merupakan variabel terkontrol adalah ukuran atau volume *droplet* sebesar 4 μ l, dan temperatur ruang sebesar 27°C.

3.4 Bahan dan Peralatan yang Digunakan

Bahan-bahan yang digunakan di dalam penelitian ini adalah minyak biji karet (*Hevea brasiliensis*) yang telah mengalami proses esterifikasi sebanyak 1 liter

Berikut ini adalah beberapa peralatan yang digunakan di dalam penelitian ini, antara lain :

1. Kotak pembakaran

Kotak pembakaran ini terbuat dari akrilik yang memiliki tebal 10 mm dengan panjang 200 mm, lebar 200 mm, dan tinggi 200 mm. Kotak ini berfungsi sebagai ruang pembakaran droplet minyak biji karet (*Hevea brasiliensis*).

2. *Microsyringe*

Alat ini digunakan untuk mengatur volume *droplet* minyak biji karet.



Gambar 3.1 *microsyringe*

3. Pemanas (*heater*)

Pemanas (*heater*) berfungsi untuk memanaskan *droplet* hingga terbakar di dalam ruang bakar.

Spesifikasi : diameter 0,7 mm, panjang 10 cm, tahanan 3 Ω

4. *Thermocouple*

Alat ini digunakan untuk mengukur besar temperatur ruang bakar, temperatur awal *droplet*, dan temperatur saat *droplet* habis terbakar.

Spesifikasi : *Thermocouple* type K, kemampuan pengukuran : 95°C s/d 1260°C

5. *Handycam*

Handycam digunakan untuk mengamati visualisasi nyala api yang dihasilkan dari proses pembakaran droplet minyak biji karet (*Hevea brasiliensis*)

6. *Data logger*

Data logger merupakan peralatan yang digunakan untuk mencatat besar temperature yang dibaca oleh termokopel yang terpasang di kotak pembakaran. Data yang dihasilkan atau dicatat data logger kemudian dipindahkan ke komputer untuk kemudian diolah.



Gambar 3.2 *Data Logger*

7. *laptop*

Di dalam penelitian ini, *laptop* digunakan untuk mengolah data yang dihasilkan selama penelitian berlangsung.

8. *Stopwatch*

Stopwatch digunakan untuk mencatat rentang waktu pembakaran di dalam proses pembakaran droplet minyak biji karet (*Hevea brasiliensis*)

9. *Beaker Glass*

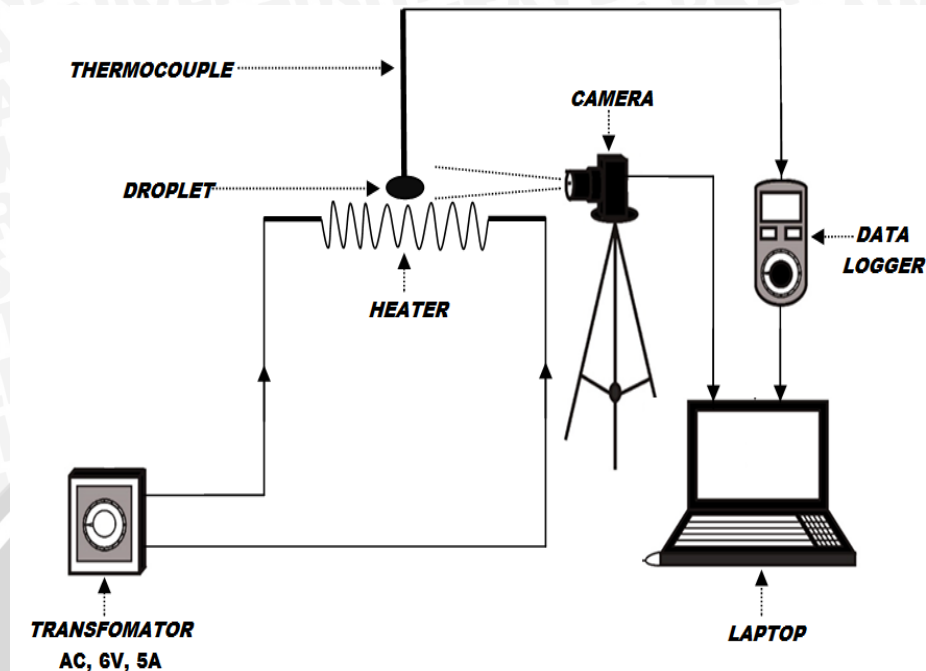
Alat ini digunakan untuk mencampur etanol dengan minyak biji karet murni.

10. *Transfomator (trafo)*

Alat ini digunakan untuk menyalakan elemen pemanas (*heater*)

Spesifikasi : arus 5A, tegangan *input* 220 volt, Tegangan *output* 6 volt

3.5 Instalasi Penelitian



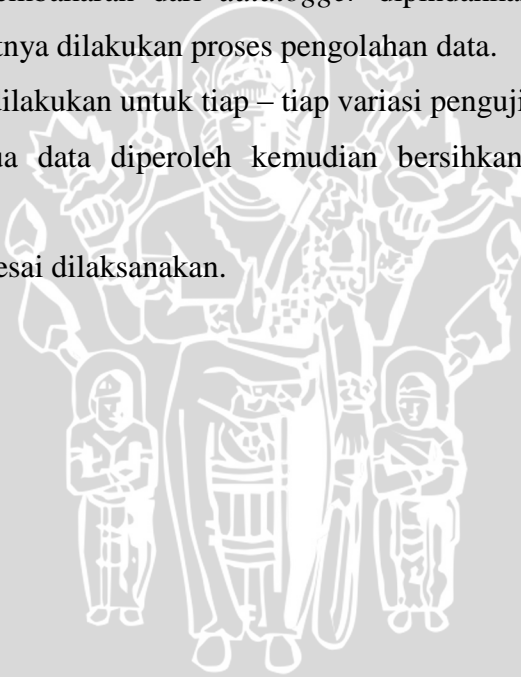
Gambar 3.3 skema instalasi penelitian

3.6 Prosedur Penelitian

Beberapa prosedur yang dilaksanakan di dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

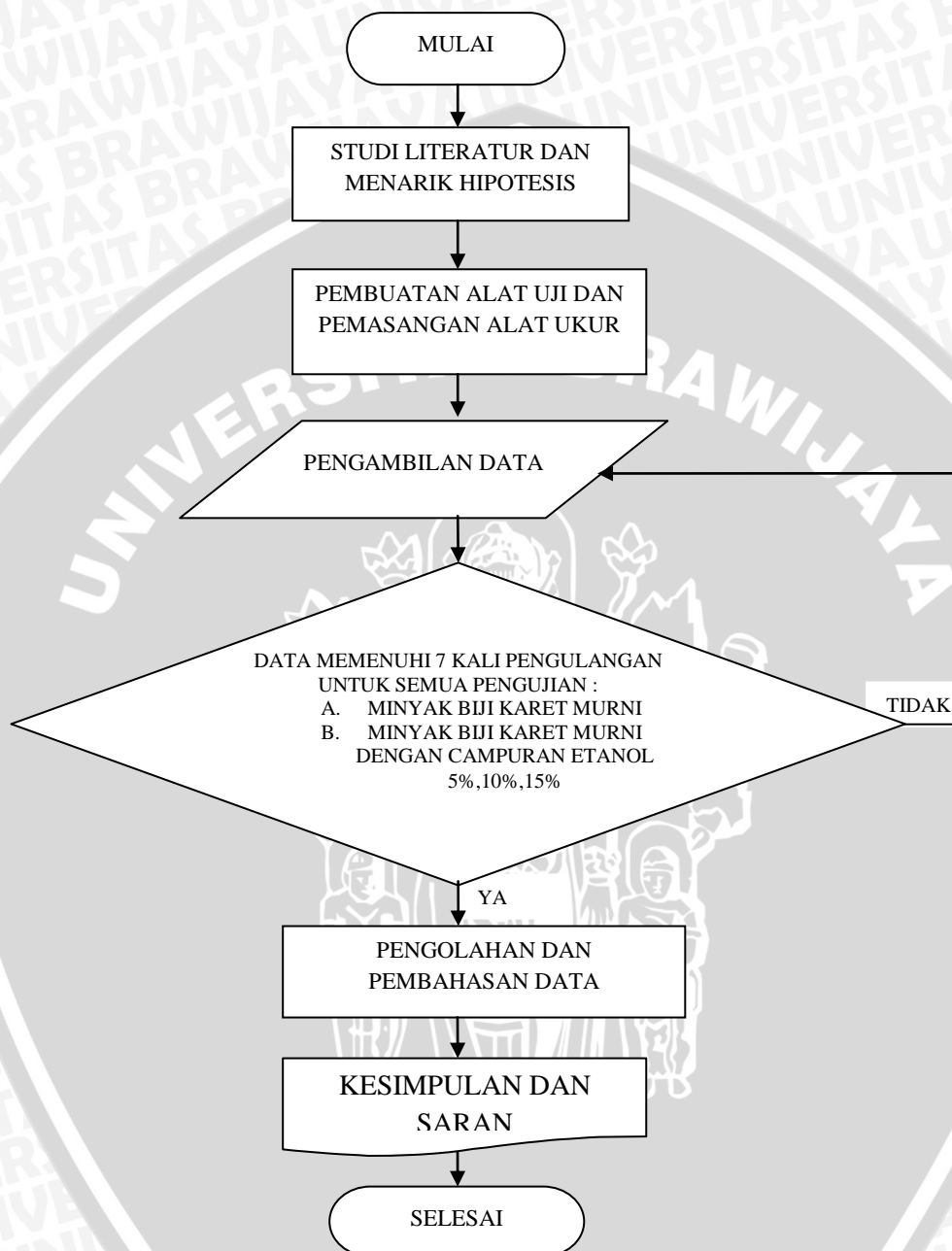
- ❖ Prosedur pembuatan droplet minyak biji karet (*Hevea brasiliensis*)
 1. Siapkan minyak biji karet murni (*Hevea brasiliensis*) yang telah dan letakkan pada *beaker glass*.
 2. Siapkan etanol dengan persentase 5%,10%,15% kemudian campurkan kedalam *beaker glass* yang telah berisi minyak biji karet murni
 3. Siapkan kotak akrilik sebagai ruang pembakaran *droplet* yang telah dilengkapi dengan pemanas (*heater*), *thermocouple*, dan beberapa peralatan penunjang.
 4. Masukkan minyak biji karet ke dalam alat suntik *droplet* dan kemudian atur alat suntik *droplet* agar dapat mengeluarkan *droplet* dengan volume 4 μ l yang akan diteteskan pada ujung *thermocouple*.
- ❖ Prosedur pengambilan data
 1. *Setting* peralatan penelitian sesuai dengan prosedur penelitian yang dilakukan.

2. Pastikan alat-alat ukur seperti termocouple dan *data logger* telah terpasang dengan benar dan siap untuk membaca data.
3. Bahan bakar berupa *droplet* dari campuran bahan bakar minyak biji karet (*Hevea brasiliensis*) dengan etanol sebanyak 4 μ l diletakkan tepat pada ujung *termocouple*.
4. Pastikan *handycam* dalam keadaan *standby*
5. *Heater* mulai dipanaskan dan menekan tombol rekam pada *handycam* untuk merekam *video*.
6. Melihat visualisasi terjadinya pembakaran dan merekamnya.
7. Setelah *droplet* terbakar seluruhnya simpan data hasil pembakaran dari *datalogger*.
8. Data hasil pembakaran dari *datalogger* dipindahkan kedalam *laptop* untuk selanjutnya dilakukan proses pengolahan data.
9. Prosedur ini dilakukan untuk tiap – tiap variasi pengujian.
10. Setelah semua data diperoleh kemudian bersihkan semua peralatan penelitian.
11. Penelitian selesai dilaksanakan.



3.7 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar dibawah :



Gambar 3.4 Diagram Alir Penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengolahan Data

Hasil pengambilan nyala api minyak biji karet dalam bentuk video (.MOV) kemudian diubah ke dalam bentuk gambar diam (.jpg) dengan menggunakan *software Video to JPG Converter*. Video tersebut dipotong dengan menghasilkan 100 gambar diam. Pada proses selanjutnya nyala api yang sudah terbentuk format jpg kemudian di edit menggunakan *software autocad* untuk mendapatkan ukuran tinggi dan lebar nyala api.

4.1.1 Contoh Perhitungan

1. Perhitungan diameter rata-rata *droplet* minyak biji karet (*Hevea brasiliensis*)

Diameter dari *droplet* yang digunakan adalah diameter rata-rata yang diukur secara visual dengan menggunakan *software AutoCad* dengan mengambil 5 buah sampel *droplet* dengan volume sebesar 4µl. Perhitungan diameter rata-rata *droplet* minyak biji karet (*Hevea brasiliensis*) sebagai berikut :

$$d = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n}{n} \tag{4 - 1}$$

$$d = \frac{2.16 + 2.05 + 1.84 + 1.64 + 1.6}{5}$$

$$d = \frac{9.29}{5} = 1.86 \text{ mm}$$

2. Perhitungan *burning rate*

Burning rate diartikan sebagai kecepatan pembakaran untuk membakar sebuah *droplet* dengan diameter tertentu. *Burning rate* biasanya dinyatakan dalam koefisien evaporasi (β_v). *Burning rate* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan di bawah ini :

$$d^2 = d_0^2 - \beta_v t \tag{4-2} \quad \text{(Kuo, 1986: 372)}$$

$$\beta_v = \frac{d_0^2 - d^2}{t} \tag{4-3} \quad \text{(Kuo, 1986: 372)}$$

Keterangan : d = diameter droplet dalam waktu t (mm)



- d_0 = diameter awal *droplet* (mm)
 β_v = koefisien evaporasi/*burning rate* (mm²/s)
 t = waktu (s)

Berikut ini merupakan contoh perhitungan *burning rate* pada sampel minyak biji karet tanpa adanya penambahan etanol (100% minyak, 0% etanol)

$$\beta_v = \frac{d_0^2 - d^2}{t}$$

$$\beta_v = \frac{1.86^2 - 0^2}{2.39} = 1.235 \text{ mm}^2/\text{s}$$

4.2 Data Hasil Penelitian

Tabel 4.1 Hasil Pengolahan Data

Penambahan Etanol (%)	Temperatur Maksimum (°C)	Ignition Delay Time (s)	Waktu Pembakaran (s)	Burning Rate (mm ² /s)	Tinggi Api (mm)	Lebar Api (mm)
0	620,92	7,2	2,39	1,235	47,07	7,16
5	614,28	8,126	2,234	1,254	45,82	6,97
10	585,2	8,606	1,886	1,571	43,36	6,44
15	583,02	11,712	1,79	2,014	39,97	6,4
20	568,32	13,004	1,592	2,386	38,94	5,51

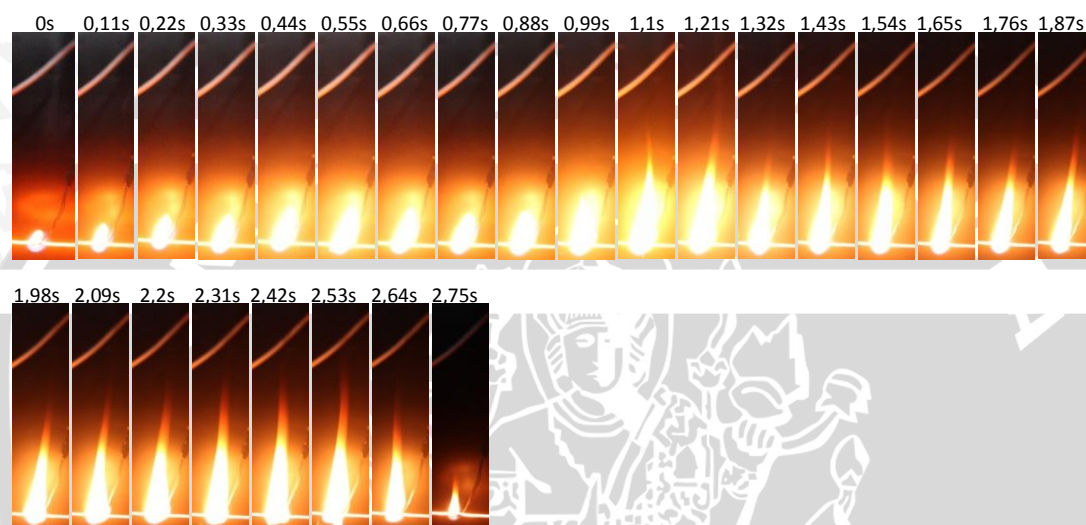
Tabel 4.2 Nilai karakteristik solar

Temperatur Maksimum (°C)	Ignition Delay Time (s)	Waktu Nyala Api (s)	Burning Rate (mm ² /s)	Tinggi Api (mm)	Lebar Api (mm)
469.75	9.935	1.298	2.39	43.7	10.7

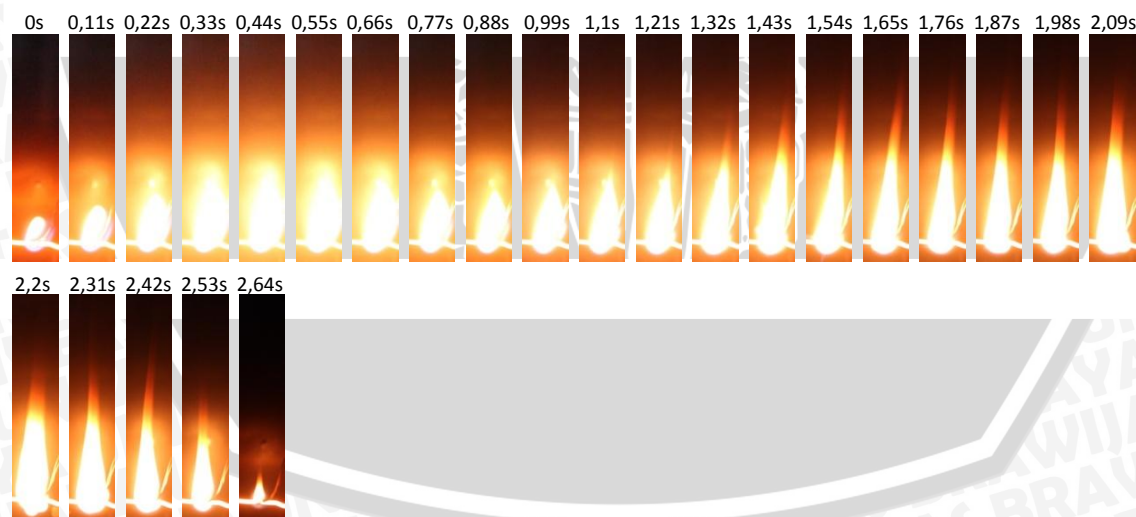
4.3 Analisis dan Pembahasan Hasil Penelitian

4.3.1 Visualisasi Api *Droplet* Minyak Biji Karet Murni dengan Beberapa Penambahan Jumlah Etanol

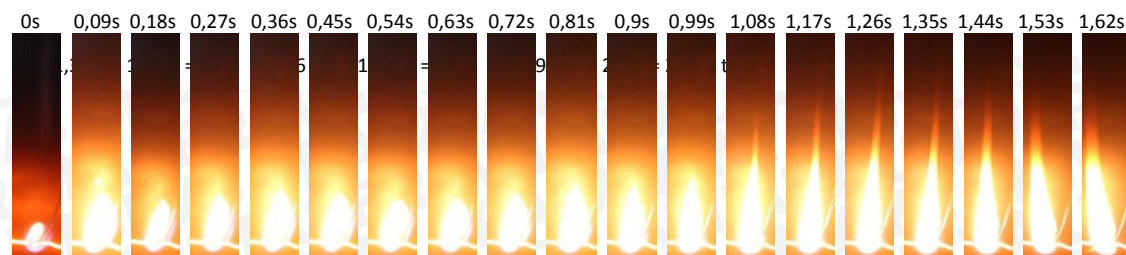
Visualisasi gambar 4.1 sampai dengan 4.5 menunjukkan perubahan bentuk nyala api yang terjadi selama proses pembakaran minyak biji karet tanpa penambahan etanol dan minyak biji karet dengan penambahan etanol sebesar 5%, 10%, 15%, dan 20% :

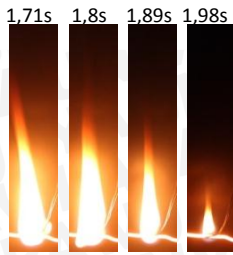


Gambar 4.1 minyak biji karet tanpa etanol

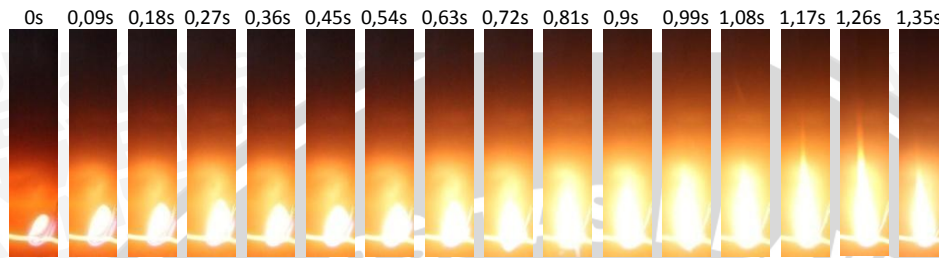


Gambar 4.2 Minyak Biji Karet dengan Penambahan Etanol 5%

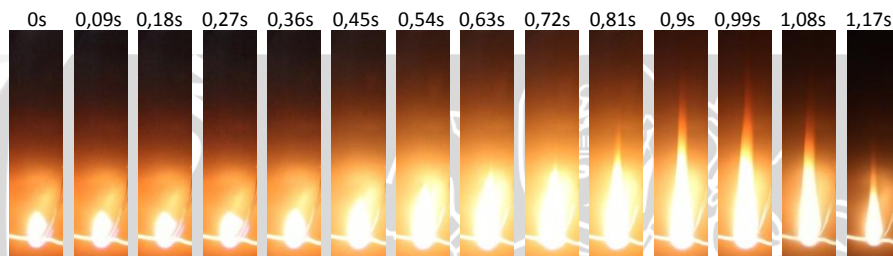




Gambar 4.3 Minyak Biji Karet dengan Penambahan Etanol 10%



Gambar 4.4 Minyak Biji Karet dengan Penambahan Etanol 15%



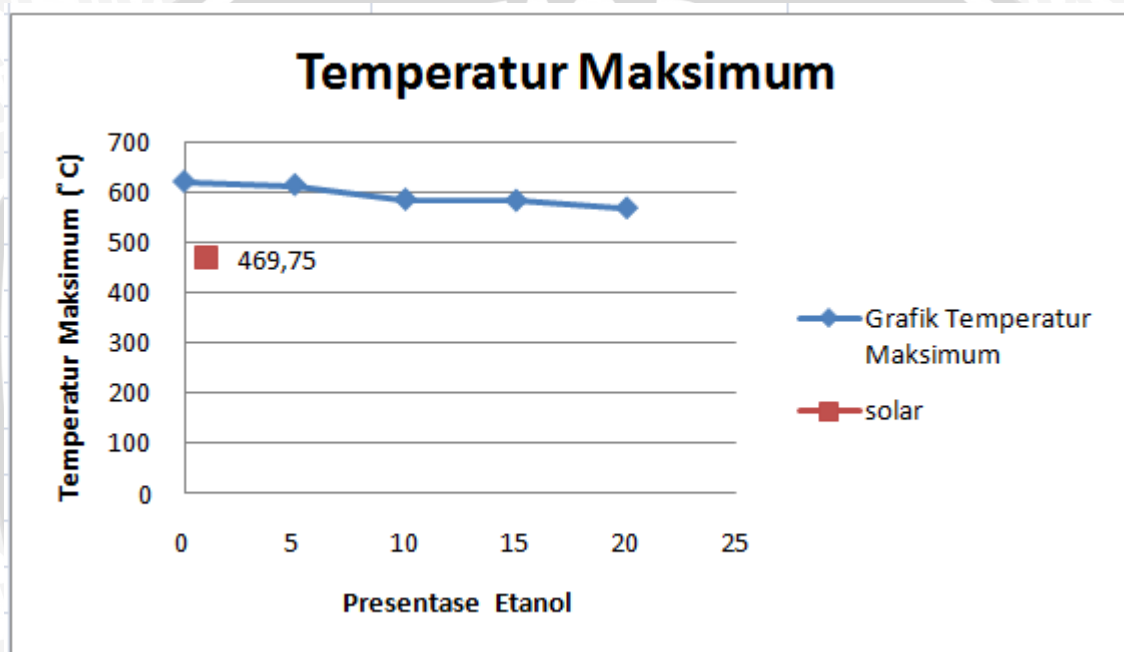
Gambar 4.5 Minyak Biji Karet dengan Penambahan Etanol 20%

Dari visualisasi pembakaran *droplet* minyak biji karet dapat dilihat bahwa semakin besar jumlah penambahan etanol maka jumlah *frame* yang dihasilkan semakin sedikit. Di sini dapat dilihat bahwa pada minyak biji karet murni dan penambahan etanol sebesar 5% dan 10% memiliki jumlah *frame* yang lebih banyak dikarenakan nyala api yang lebih stabil, nyala api membesar kemudian mengecil, dan nyala api yang dihasilkan cenderung redup dan tidak lancip. Sedangkan pada penambahan etanol sebesar 15% dan 20% memiliki jumlah *frame* yang lebih sedikit, nyala api lebih lancip, dan nyala api cenderung terang. Hal ini disebabkan semakin banyaknya jumlah etanol maka semakin banyak jumlah kadar air dan oksigen di dalam bahan bakar dimana sebelum *droplet* terbakar kadar air yang dikandung didalam *droplet* menguap terlebih dahulu sehingga kualitas bahan bakar yang terbakar semakin kecil menyebabkan proses pembakaran semakin cepat.

Pada visualisasi nyala api minyak biji karet murni tanpa etanol memiliki jumlah *frame* yang lebih banyak. Hal ini dikarenakan minyak biji karet merupakan trigliserida dengan asam lemak bebas dan berantai karbon panjang sehingga pembakaran yang terjadi semakin lama. Jumlah *frame* paling sedikit yaitu pada nyala api minyak biji karet

dengan penambahan etanol sebesar 20%. Karena semakin banyaknya penambahan etanol maka kadar air yang terkandung didalam bahan bakar semakin bertambah sehingga penguapan bahan bakarnya tinggi yang menyebabkan pembakaran yang terjadi semakin cepat. Di samping itu hasil visualisasi pembakaran *droplet* minyak biji karet berhubungan dengan semakin meningkatnya *burning rate* dimana dengan semakin meningkatnya *burning rate* maka waktu pembakaran yang terjadi semakin cepat sehingga jumlah *frame* hasil visualisasi semakin sedikit.

4.3.2 Hubungan antara Temperatur Maksimum dengan Penambahan Etanol pada Minyak Biji Karet .



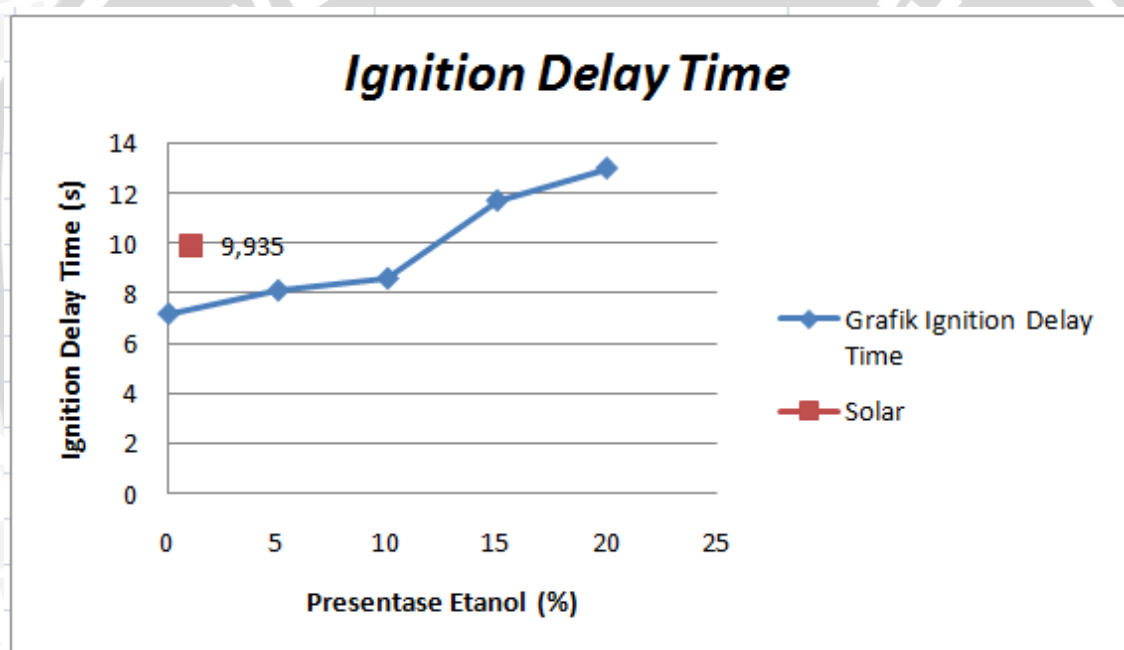
Gambar 4.6 hubungan temperatur maksimum dengan jumlah penambahan presentase etanol

Pada grafik hubungan temperatur maksimum dengan penambahan jumlah etanol minyak biji karet dapat dilihat bahwa grafik mengalami kecenderungan menurun. Hal tersebut dikarenakan perbedaan nilai kalor etanol lebih kecil dibandingkan minyak biji karet. Dimana etanol memiliki nilai kalor sebesar 21.017KJ/Kg sedangkan nilai kalor pada minyak biji karet sebesar 34.589KJ/Kg. Kemudian dengan semakin banyaknya jumlah penambahan etanol terhadap bahan bakar minyak biji karet maka jumlah kandungan oksigen dan kadar air didalam bahan bakar semakin bertambah.

Pada minyak biji karet tanpa penambahan etanol didapatkan temperatur penyalaan yang paling tinggi yaitu sebesar 620°C. Hal ini disebabkan karena minyak biji karet murni merupakan tergolong kedalam asam lemak tak jenuh yang berantai

karbon panjang. Semakin banyaknya kandungan karbon didalam minyak biji karet maka semakin tinggi temperatur penyalaan yang dihasilkan. Temperatur penyalaan terendah yaitu 568°C pada minyak biji karet dengan penambahan etanol 20%. Hal ini disebabkan semakin banyaknya jumlah kadar air dari etanol didalam bahan bakar semakin besar. Semakin banyaknya kadar air maka panas hasil pembakaran diserap oleh kadar air yang menguap secara konveksi sehingga temperatur penyalaan menurun. Selain itu faktor lain yang menyebabkan temperatur penyalaan menurun, hal ini disebabkan karena nilai kalor pada etanol yang lebih rendah dibandingkan minyak biji karet yang menyebabkan temperatur penyalaan semakin menurun.

4.3.3 Hubungan antara Ignition Delay time dengan Penambahan Etanol pada Minyak Biji Karet .



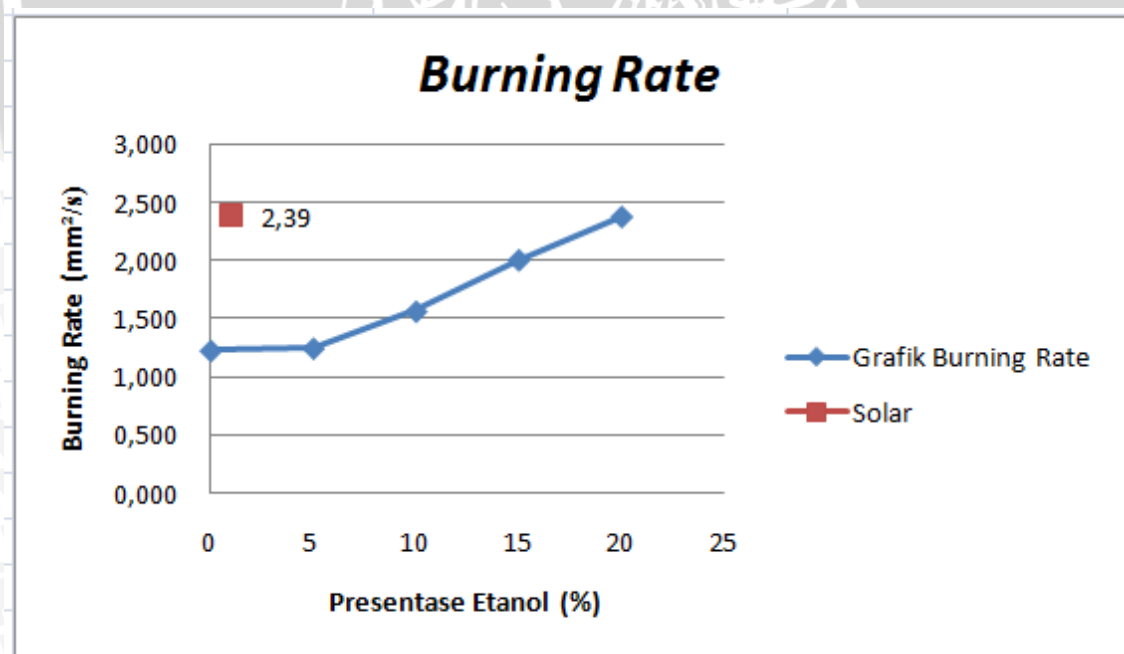
Gambar 4.7 hubungan *ignition delay time* dengan jumlah penambahan presentase etanol

Pada gambar 4.7 dapat dilihat bahwa penambahan jumlah etanol yang semakin besar cenderung meningkatkan *ignition delay* pembakaran minyak biji karet murni. Hal ini disebabkan karena adanya kandungan air dari etanol yang menguap kemudian menyelubungi *droplet* minyak biji karet. *Droplet* yang diselubungi oleh uap air ini memperlambat penyalaan, karena energi dari elemen pemanas diserap oleh uap air terlebih dahulu sebelum digunakan untuk memanaskan *droplet*.

Pada pembakaran minyak biji karet tanpa penambahan etanol memiliki *ignition delay* yang paling cepat yaitu 7,2 *second*. Hal ini disebabkan karena tanpa penambahan

etanol maka energi dari elemen pemanas yang diserap oleh droplet semakin banyak. Semakin banyaknya energi panas yang diserap droplet maka semakin mudah untuk memutus ikatan antar molekul hidrokarbon yang terkandung didalam droplet minyak biji karet sehingga mudah teroksidasi oleh udara dari luar. Sedangkan minyak biji karet dengan penambahan etanol sebesar 20% memiliki *ignition delay time* yang paling lama yaitu 13 *second*. Hal ini disebabkan karena panas yang diserap oleh *droplet* sedikit. Sedikitnya panas yang diserap oleh *droplet* dikarenakan kandungan air dari bahan bakar yang menguap sehingga temperatur *droplet* meningkat secara perlahan. Karena temperatur *droplet* meningkat secara perlahan, maka waktu yang diperlukan untuk menguapkan droplet menjadi lebih lama, sehingga *ignition delay timenya* semakin lama. Semakin meningkatnya *ignition delay time* ini berhubungan dengan semakin menurunnya temperatur penyalaan pada gambar 4.6 dimana semakin rendahnya temperatur penyalaan maka energi yang dibutuhkan untuk membakar sebuah *droplet* semakin rendah sehingga *ignition delay time*-nya meningkat

4.3.4 Hubungan antara *Burning Rate* dengan Penambahan Etanol pada Minyak Biji Karet



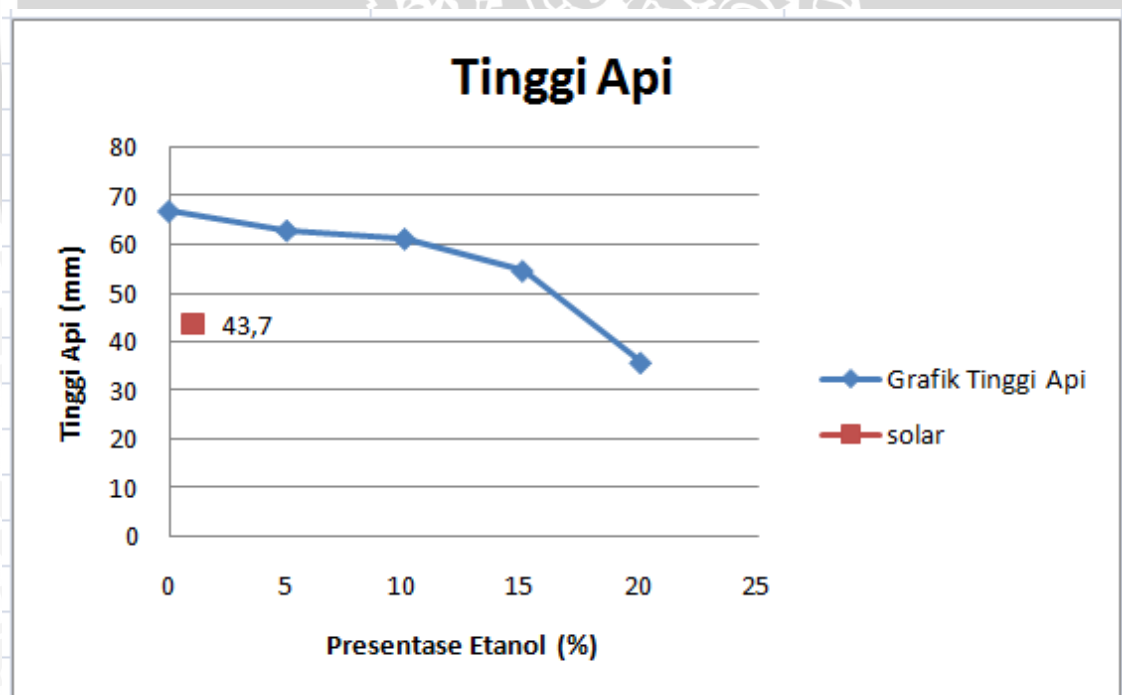
Gambar 4.8 hubungan *burning rate* dengan jumlah penambahan presentase etanol

Dari gambar 4.8 dapat dilihat bahwa hubungan antara *burning rate* dengan jumlah penambahan etanol mengalami kenaikan. Hal ini disebabkan dengan semakin banyaknya jumlah etanol maka kandungan oksigen pada minyak biji karet semakin

bertambah. Menurut persamaan *burning rate* $\beta_v = \frac{d_0^2 - d^2}{t}$ dimana *burning rate* berbanding terbalik dengan waktu pembakaran. Hal ini sesuai dengan dasar teori jadi semakin tinggi *burning rate* maka waktu pembakaran akan semakin cepat.

Pada grafik menunjukkan bahwa *burning rate* terendah diperoleh pada minyak biji karet murni tanpa penambahan etanol yaitu 1,235 mm²/s. *Burning rate* tertinggi diperoleh pada minyak biji karet dengan penambahan etanol sebesar 20% yaitu 2,386mm²/s. Hal ini disebabkan karena dengan penambahan jumlah etanol pada minyak biji karet maka jumlah kandungan oksigen akan semakin bertambah yang menyebabkan minyak biji karet mudah teroksidasi. Semakin mudah minyak biji karet teroksidasi maka semakin cepat proses pelepasan ikatan – ikatan molekul yang lemah digantikan oleh ikatan – ikatan molekul yang kuat sehingga pembakaran yang terjadi semakin cepat.

4.3.5 Hubungan antara Tinggi Api dengan Penambahan Etanol pada Minyak Biji Karet .

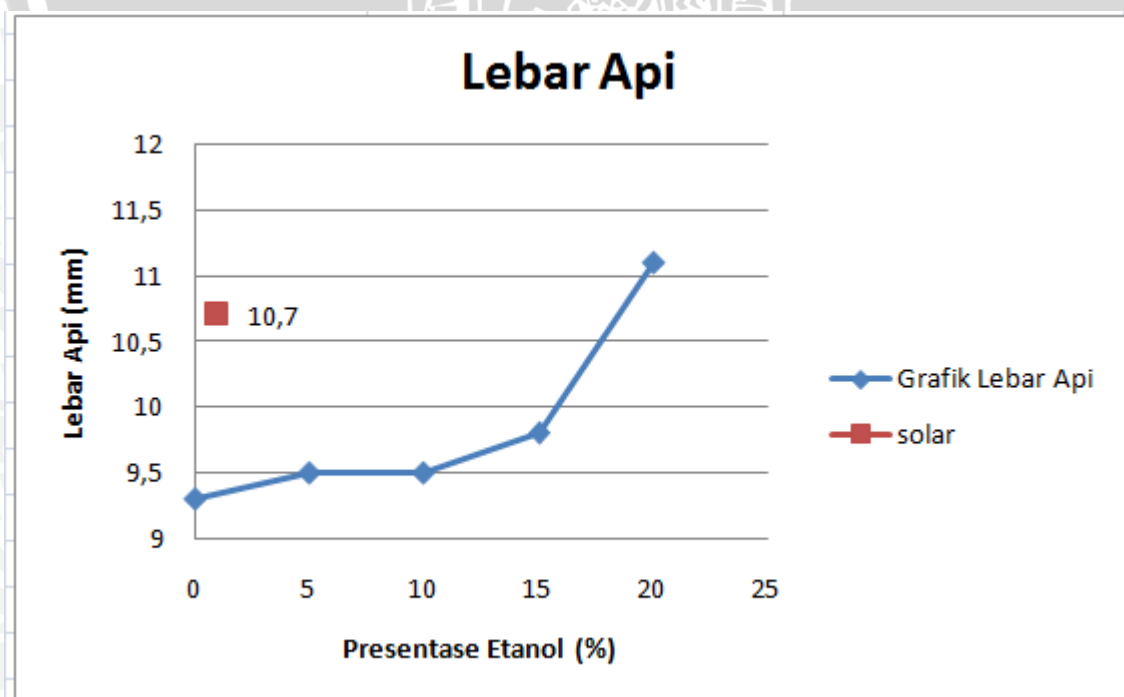


Gambar 4.9 hubungan tinggi api dengan jumlah penambahan presentase etanol

Pada gambar 4.9 hubungan tinggi api dengan penambahan etanol pada minyak biji karet memiliki kecenderungan menurun. Hal ini disebabkan semakin banyaknya campuran etanol pada minyak biji karet maka kandungan oksigen dan hidrogen pada bahan bakar semakin bertambah sehingga mempengaruhi ukuran tinggi api.

Pada grafik terlihat bahwa nyala api tertinggi dimiliki oleh minyak biji karet tanpa penambahan etanol, sedangkan nyala api terendah diperoleh pada minyak biji karet dengan penambahan etanol sebesar 20%. Untuk dapat terbakar, *droplet* harus mengubah fasenya dari fase cair menjadi gas. Pada pembakaran minyak biji karet dengan seiring bertambahnya jumlah etanol ukuran maka tinggi api yang dihasilkan semakin rendah. Hal ini disebabkan karena kandungan air didalam etanol yang tercampur didalam bahan bakar semakin bertambah. Kandungan air didalam bahan bakar akan menguap terlebih dahulu ketika droplet dipanaskan yang menyebabkan kualitas ukuran droplet yang terbakar semakin sedikit. Semakin sedikitnya kualitas ukuran droplet yang terbakar maka tinggi api yang dihasilkan semakin rendah. Disamping itu tinggi api berhubungan dengan temperatur penyalaan droplet pada gambar 4.1 dimana *droplet* minyak biji karet sebelum terbakar harus mengubah fasenya dari cair menjadi gas terlebih dahulu, gas yang terbentuk bergerak ke atas karena memiliki berat jenis yang lebih ringan daripada udara sekitar. Pada gambar 4.1 temperatur penyalaan yang didapat semakin rendah menyebabkan jumlah bahan bakar cair yang menguap menjadi gas sebelum terbakar semakin sedikit sehingga tinggi nyala api yang dihasilkan semakin kecil.

4.3.6 Hubungan antara Lebar Api dengan Penambahan Etanol pada Minyak Biji Karet .



Gambar 4.10 hubungan lebar api dengan jumlah penambahan presentase etanol

Grafik hubungan lebar api dan jumlah penambahan etanol pada minyak biji karet memiliki kemiripan dengan grafik hubungan tinggi api dan penambahan etanol yaitu semakin banyaknya jumlah penambahan etanol pada minyak biji karet maka lebar api yang dihasilkan semakin meningkat.

Pada grafik terlihat bahwa lebar api tertinggi diperoleh pada minyak biji karet dengan penambahan etanol sebesar 20%, sedangkan lebar api terendah didapatkan pada minyak biji karet tanpa penambahan etanol. Hal ini dikarenakan *microexplosion* lebih banyak terjadi pada penambahan 20% etanol. *Microexplosion* merupakan letupan yang mengakibatkan perubahan ukuran nyala api dari kecil menjadi besar yang berlangsung sangat cepat. Letupan tersebut menyebabkan *droplet* menjadi pecah sehingga menjadi butiran – butiran kecil. Hal ini terjadi karena perbedaan titik didih dari unsur penyusun bahan bakar tersebut. Minyak biji karet memiliki viskositas yang lebih tinggi daripada etanol, hal ini menyebabkan etanol akan menguap dan terbakar lebih dulu daripada minyak biji karet murni. Pada pembakaran minyak biji karet murni, semakin besar jumlah penambahan etanol, maka jumlah bahan bakar cair yang menguap menjadi gas sebelum terbakar semakin banyak, karena gas tersebut terjebak oleh uap air yang menyelimuti droplet pada saat proses penguapan sehingga dapat membuat ukuran nyala api semakin besar. Dan mencapai titik puncaknya pada penambahan etanol sebesar 20%

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari pengamatan dan analisis terhadap grafik hasil percobaan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Penambahan jumlah etanol yang semakin besar mempengaruhi karakteristik pembakaran *droplet* minyak biji karet murni.
2. Semakin bertambahnya jumlah etanol terhadap minyak biji karet meningkatkan (*ignition delay time*). Tinggi nyala api cenderung menurun. Sedangkan lebar nyala api yang dihasilkan semakin meningkat. Kemudian *Burning rate* yang dihasilkan pada proses pembakaran minyak biji karet cenderung naik seiring dengan bertambahnya jumlah etanol. Dan temperatur pembakaran yang dihasilkan cenderung menurun.

5.2 Saran

1. Perlunya penelitian lebih lanjut dengan penambahan etanol yang lebih besar agar nilai karakteristik pembakarannya mendekati atau lebih baik dari solar.
2. Perlunya penelitian lebih lanjut tentang pembakaran minyak biji karet esterifikasi dan transesterifikasi sehingga akan didapatkan pembakaran yang lebih optimal
3. Alat ukur yang digunakan sebaiknya mengguankan alat ukur yang lebih sensitif dan dikalibrasi sebelum penelitian agar didapatkan hasil penelitian yang lebih akurat





DAFTAR PUSTAKA

- A, Chairil, et al; 2007: *Biodiesel from CPO and Application as Blending Components*; 3rd Asian Petroleum Technology Symposium Program. Jakarta. http://www.pecj.or.jp/japanese/division/division09/asia_symp_3rd/pdf_3rd/25_LEMIGAS_MrChairilAnwar.pdf (diakses tanggal 1 Agustus 2014)
- Choi, M.Y., and Dyer, F.L; 2001: *Microgravity Combustion : Fire in Free Fall* (Howard Ross, ed.) Academic Press
- Demirbas, A; 2007: *Biodiesel Fuel from Vegetable Oil via Catalytic and non-Catalytic Supercritical Alcohol Transesterifications and other Methods; A Survey. Energy Conversion and Management 44 2093-2109*
- Halliday,. and Resnick; 1991: *Fisika Jilid I*: PT. Erlangga, Jakarta
- Holmann, J.P; 1984: *Metode Pengukuran Teknik* : PT. Erlangga.Jakarta
- Kataren, S; 1986: *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*; UI-Press, Jakarta
- Keneth K. Kuo; 1986: *Principles of Combustion*
- Mittlebach, Martin; 2004: *Biofuel from waste and non-edible feedstock*; Department of Renewable Resources University of Graz, Austria
- Prihandana, Rama, dkk; 2006: *Menghasilkan Biodiesel Murah*; Agromedia Pustaka, Jakarta
- Ralph H, Petrucci; 1996; *Kimia Dasar*; Erlangga, Jakarta
- Soerawidjaja, Tatang H; 2006: *Fondasi-Fondasi Ilmiah dan Keteknikan dari Teknologi Pembuatan Biodiesel; Handout Seminar Nasional "Biodiesel sebagai Energi Alternatif Masa Depan"*. press UGM, Yogyakarta
- Wardana, I.N.G; 2008; *Bahan Bakar dan Teknologi Pembakaran*; PT. Danar Wijaya – Brawijaya University Press, Malang

Zandy, Agustinus; 2007: *Intensifikasi Proses Produksi Biodiesel*; ITB & PT.
Rekayasa Industri

http://journeytoforever.org/biofuel_library/transesterification%20paper.pdf

(diakses tanggal 1 Agustus 2014)

<https://bengkeltip.wordpress.com/2011/12/22/mengenal-tanaman-karet/> (diakses
pada tanggal 2 Agustus 2014)

http://en.wikipedia.org/wiki/Hevea_brasiliensis (diakses pada tanggal 2 Agustus
2014)

<http://www.nmri.go.jp/> (diakses pada 2 Agustus 2014)

<http://www.capitalanalytical.com> (diakses pada tanggal 5 Agustus 2014)

<https://www.omega.com/pptst/OM-DAQPRO-5300.html> (diakses pada tanggal 5
Agustus 2014)

