

**PERBANDINGAN KARAKTERISTIK PEMBAKARAN *DROPLET*
ANTARA MINYAK JARAK DENGAN PENAMBAHAN KARBON
AKTIF DAN BIOADITIF MINYAK KAYU PUTIH**

SKRIPSI

TEKNIK MESIN KONSENTRASI KONVERSI ENERGI

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**ALIF LUQMANUL HAKIM
NIM. 145060201111047**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2018**



LEMBAR PENGESAHAN

PERBANDINGAN KARAKTERISTIK PEMBAKARAN *DROPLET* ANTARA MINYAK JARAK DENGAN PENAMBAHAN KARBON AKTIF DAN BIOADITIF MINYAK KAYU PUTIH

SKRIPSI TEKNIK MESIN KONSENTRASI KONVERSI ENERGI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



ALIF LUQMANUL HAKIM
NIM. 145060201111047

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 28 November 2018

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Prof. Ir. I.N.G. Wardana, M.Eng., Ph.D
NIP. 19590703 198303 1 002

Purnami, ST., MT.
NIP. 19770707 200812 1 005

Mengetahui,
Ketua Program Studi S1

Dr. Eng. Mega Nur Sasongko, ST., MT.
NIP. 19740930 200012 1 001

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

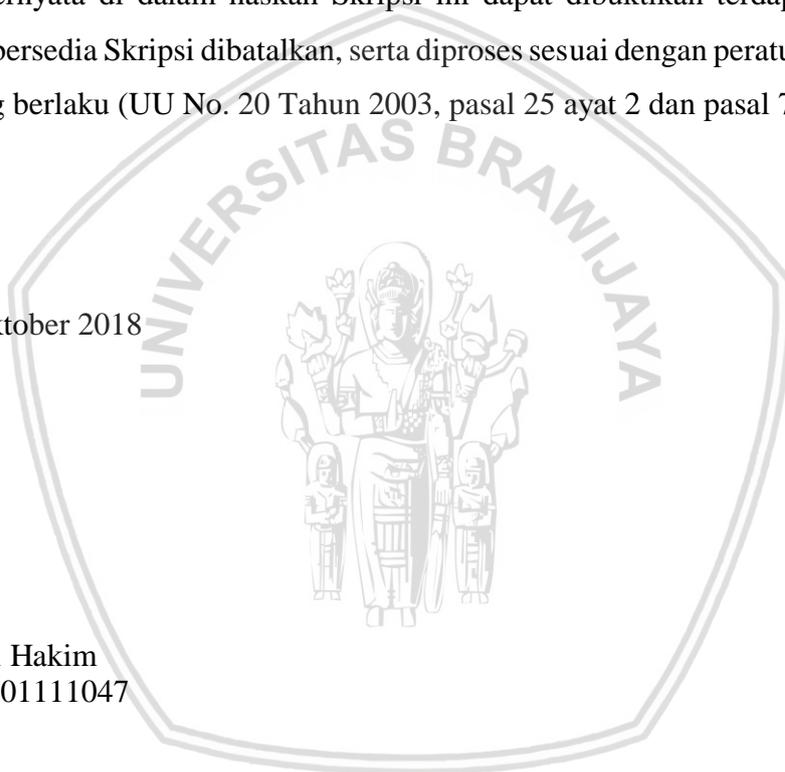
Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang sepengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelurusan berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas didalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak pernah terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 31 Oktober 2018

Mahasiswa,

Alif Luqmanul Hakim
NIM. 145060201111047



JUDUL SKRIPSI:

Perbandingan Karakteristik Pembakaran Droplet antara Minyak Jarak dengan Penambahan Karbon Aktif dan Bioaditif Minyak Kayu Putih

Nama Mahasiswa : Alif Luqmanul Hakim
NIM : 145060201111047
Program Studi : Teknik Mesin
Minat : Konversi Energi

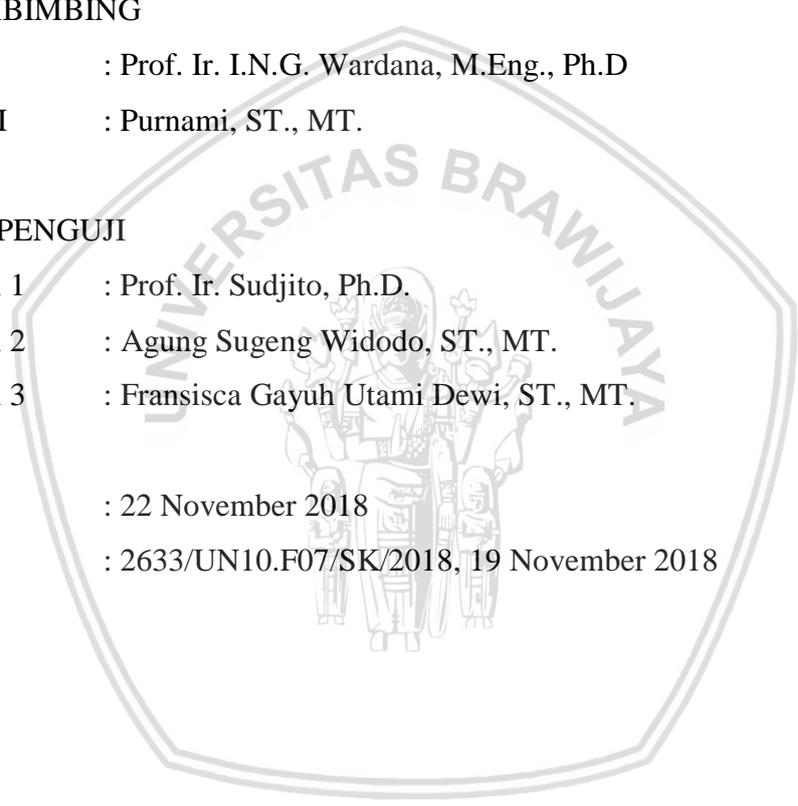
KOMISI PEMBIMBING

Pembimbing I : Prof. Ir. I.N.G. Wardana, M.Eng., Ph.D
Pembimbing II : Purnami, ST., MT.

TIM DOSEN PENGUJI

Dosen Penguji 1 : Prof. Ir. Sudjito, Ph.D.
Dosen Penguji 2 : Agung Sugeng Widodo, ST., MT.
Dosen Penguji 3 : Fransisca Gayuh Utami Dewi, ST., MT.

Tanggal Ujian : 22 November 2018
SK Penguji : 2633/UN10.F07/SK/2018, 19 November 2018



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur Penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas rahmat dan hidayah-Nya Penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi ini dengan baik. Laporan skripsi ini berjudul **“Perbandingan karakteristik pembakaran droplet antara minyak jarak dengan penambahan karbon aktif dan bioaditif minyak kayu putih”**.

Laporan ini disusun sebagai bentuk dokumentasi dan hasil akhir dari proses perkuliahan yang telah dilaksanakan. Laporan ini juga diajukan sebagai syarat kelulusan untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik dalam kurikulum program studi Teknik Mesin Universitas Brawijaya.

Dalam melaksanakan proses penelitian dan penyusunan laporan ini, penulis menyadari bahwa tidak akan dapat menyelesaikan semuanya dengan baik tanpa bantuan dari banyak pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada banyak pihak di antaranya:

1. Bapak Prof. Ir. I.N.G. Wardana, M.Eng., Ph.D selaku dosen pembimbing I yang telah memberi bimbingan serta ilmu yang sangat banyak dalam penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Purnami, ST., MT. selaku dosen pembimbing II yang telah memberi saran dan motivasi dalam penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Ir. Djarot B. Darmadi, MT., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya
4. Bapak Teguh Dwi Widodo, ST., M.Eng, Ph.D selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya
5. Bapak Dr. Eng Mega Nur Sasongko, ST., MT selaku Ketua Program Studi S1 Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya
6. Ibu Dr. Eng. Widya Wijayanti, ST., MT selaku Ketua Kelompok Jabatan Fungsional Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya
7. Bapak Prof. Ir. I.N.G. Wardana, M.Eng., Ph.D. selaku dosen pembimbing akademik yang banyak membantu dan memberi saran selama proses perkuliahan
8. Seluruh dosen jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya yang telah memberi ilmu dan membimbing saya selama perkuliahan

9. Kepada Ayah dan mama orang tua penulis, serta adik saya Hafidh dan Salwa yang tidak henti-hentinya memberikan semangat maupun doa kepada penulis selama baik selama kuliah maupun dalam penyusunan skripsi ini.
10. Kepada teman dekat walaupun jaraknya jauh tetapi selalu memberikan semangat dan saran baik dalam kehidupan maupun dalam perkuliahan.
11. Laboratorium Fluida dan Motor Bakar Teknik Mesin UB yang telah memberikan tempat untuk melakukan penelitian.
12. Kepada teman saya Djambronk dan Gede yang menjadi teman kelompok skripsi penulis
13. Kepada teman-teman Djambronk class Fadlur, Bagus, Made, Alfian, Gede, El dan Djambronk
14. Teman-teman laboratorium Riset Mahasiswa Mesin Universitas Brawijaya terutama divisi Aerokreasi
15. Teman satu angkatan Mesin 2014 yang selalu memberikan semangat dan bantuan selama perkuliahan ini.

Penulis menyadari laporan ini masih jauh dari sempurna dan masih terdapat banyak kekurangan. Oleh sebab itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang dapat membantu perkembangan pembahasan terkait topik laporan ini maupun bagi penulis secara pribadi. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak dan bagi perkembangan keilmuan Teknik Mesin Universitas Brawijaya.

Malang, Oktober 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
RINGKASAN	ix
SUMMARY	x
BAB I	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II	5
2.1 Penelitian Sebelumnya.....	5
2.2 Minyak Nabati	5
2.3 Minyak Jarak.....	6
2.4 Minyak Atsiri	7
2.5 Minyak Kayu Putih.....	7
2.6 Katalis	8
2.6.1 Karbon Aktif.....	8
2.6.2 Karbon Aktif dari Batok Kelapa.....	10
2.7 Pembakaran.....	11
2.7.1 Pembakaran <i>Droplet</i>	12
2.7.2 Karakteristik Pembakaran.....	13
2.8 <i>Microexplosion</i>	14
2.9 Konsep Berpikir.....	14
2.9.1 Karbon Aktif.....	14
2.9.2 Minyak Kayu Putih sebagai Bioaditif	17
2.10 Hipotesis	18
BAB III	19
3.1 Metode Penelitian	19
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian.....	19
3.3 Variabel Penelitian.....	19
3.4 Alat dan Bahan Penelitian.....	20



3.4.1	Alat Penelitian	20
3.4.2	Bahan Penelitian	23
3.5	Skema Instalasi Penelitian	25
3.6	Prosedur Pengambilan Data.....	26
3.7	Diagram Alir Penelitian.....	28
BAB IV	31
4.1	Hasil Penelitian.....	31
4.2	Hasil Pengujian.....	31
4.3	Pembahasan	33
4.3.1	Pengaruh Penambahan Karbon Aktif dan Minyak Kayu Putih pada Pembakaran <i>Droplet</i> Minyak Jarak terhadap <i>Ignition Delay</i>	34
4.3.2	Pengaruh Penambahan Karbon Aktif dan Minyak Kayu Putih pada Pembakaran <i>Droplet</i> Minyak Jarak terhadap <i>Burning Rate</i>	35
4.3.3	Pengaruh Penambahan Karbon Aktif dan Minyak Kayu Putih pada Pembakaran <i>Droplet</i> Minyak Jarak Terhadap Temperatur Api.....	37
4.3.4	Pengaruh Penambahan Karbon Aktif dan Minyak Kayu Putih pada Pembakaran <i>Droplet</i> Minyak Jarak Terhadap Visualisasi Tinggi Api.....	39
4.3.5	Pengaruh Penambahan Karbon Aktif dan Minyak Kayu Putih pada Pembakaran <i>Droplet</i> Minyak Jarak Terhadap Visualisasi Lebar Api.....	40
BAB V	43
5.1	Kesimpulan.....	43
5.2	Saran	43
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

No. gambar	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Susunan ikatan molekul tryglyceride.....	6
Gambar 2.2	Struktur kimia karbon.....	9
Gambar 2.3	Struktur graphene.....	9
Gambar 2.4	Ilustrasi pemberian energi dan menghasilkan panas dan cahaya.....	11
Gambar 2.5	Segitiga api.....	12
Gambar 2.6	Bentuk api droplet.....	12
Gambar 2.7	Microexplosion.....	14
Gambar 2.8	Ilustrasi perpindahan ikatan rangkap karbon aktif.....	14
Gambar 2.9	Medan magnet yang timbul pada karbon aktif.....	15
Gambar 2.10	Terganggunya elektron karbon oleh medan magnet.....	16
Gambar 2.11	Ilustrasi karbon yang tertarik ke karbon aktif.....	16
Gambar 2.12	Sineol.....	17
Gambar 2.13	Ilustrasi pengaruh medan magnet terhadap ikatan hidrokarbon.....	17
Gambar 3. 1	Thermocouple.....	20
Gambar 3. 2	Heater.....	20
Gambar 3.3	Data Logger.....	21
Gambar 3. 4	Laptop.....	21
Gambar 3. 5	Kamera.....	22
Gambar 3. 6	alat pembuat droplet.....	22
Gambar 3. 7	Droplet.....	23
Gambar 3. 8	Timbangan analitik.....	23
Gambar 3. 9	Katalis Karbon Aktif (Batok Kelapa).....	24
Gambar 3. 10	minyak kayu putih.....	24
Gambar 3. 11	Minyak jarak.....	25
Gambar 3. 12	skema instalasi alat.....	25
Gambar 4. 1	Droplet.....	31
Gambar 4. 2	Pengaruh penambahan karbon aktif dan minyak kayu putih pada pembakaran droplet minyak jarak terhadap ignition delay.....	34
Gambar 4. 3	Pengaruh penambahan karbon aktif pada pembakaran droplet minyak jarak terhadap burning rate.....	35
Gambar 4. 4	Pengaruh penambahan karbon aktif dan minyak kayu putih pada pembakaran droplet minyak jarak terhadap burning rate.....	35
Gambar 4. 5	Pengaruh penambahan minyak kayu putih pada pembakaran droplet minyak jarak terhadap burning rate.....	36
Gambar 4. 6	Pengaruh penambahan karbon aktif dan minyak kayu putih pada pembakaran droplet minyak jarak terhadap temperatur api.....	37
Gambar 4. 7	Pengaruh penambahan karbon aktif pada pembakaran droplet minyak jarak terhadap temperatur api.....	37
Gambar 4. 8	Pengaruh penambahan karbon aktif dan minyak kayu putih pada pembakaran droplet minyak jarak terhadap temperatur api.....	38
Gambar 4. 9	Pengaruh penambahan minyak kayu putih pada pembakaran droplet minyak jarak terhadap temperatur api.....	38
Gambar 4. 10	Pengaruh penambahan karbon aktif dan minyak kayu putih pada pembakaran droplet minyak jarak terhadap tinggi api.....	39
Gambar 4. 11	Pengaruh penambahan karbon aktif dan minyak kayu putih pada pembakaran droplet minyak jarak terhadap lebar api.....	40



Gambar 4. 12 (a) ilustrasi resonansi elektron (b) terganggunya elektron karbon minyak jarak
41
Gambar 4. 13 Ilustrasi pengaruh elektromagnet terhadap ikatan minyak jarak 41
Gambar 4. 14 Microexplosion 42



DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Kandungan Asam Lemak dalam Minyak Jarak.....	4
Tabel 2.2	Kompisisi Kandungan Kimia Tumbuhan Kayu Putih (<i>Melaleuca leucacendra</i>).....	5
Tabel 2.3	Komposisi yang Terkandung Pada Batok Kelapa.....	8
Tabel 2.4	Perbandingan Perubahan Komponen dan Kandungan Bahan Tempurung Kelapa dan Arang Tempurung Kelapa	9
Tabel 4.1	Data <i>Ignition Delay</i>	30
Tabel 4.2	Data Tinggi Api	30
Tabel 4.3	Data Lebar Api	30
Tabel 4.4	Data Temperatur.....	31



DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul
lampiran 1.	Jarak Murni
Lampiran 2.	Jarak Karbon Aktif 100ppm
Lampiran 3.	Jarak Karbon Aktif 300ppm
Lampiran 4.	Jarak Karbon Aktif 500ppm
Lampiran 5.	Jarak Karbon Aktif + Minyak Kayu Putih 100ppm
Lampiran 6.	Jarak Karbon Aktif + Minyak Kayu Putih 300ppm
Lampiran 7.	Jarak Karbon Aktif + Minyak Kayu Putih 500ppm
Lampiran 8.	Jarak Minyak Kayu Putih 100ppm
Lampiran 9.	Jarak Minyak Kayu Putih 300ppm
Lampiran 10.	Jarak Minyak Kayu Putih 500ppm

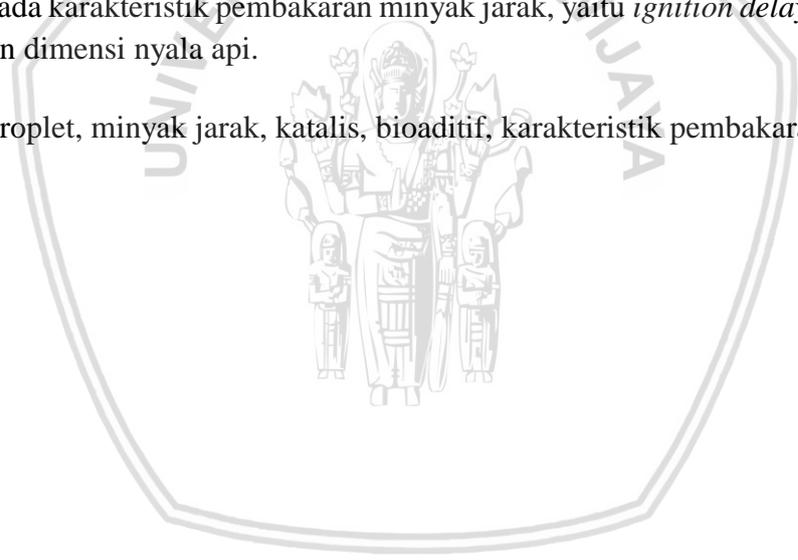


RINGKASAN

Alif Luqmanul Hakim, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Oktober 2018, *Perbandingan Karakteristik Pembakaran Droplet Antara Minyak Jarak dengan Penambahan Karbon Aktif dan Bioaditif Minyak Kayu Putih*, Dosen Pembimbing: I.N.G. Wardana dan Purnami.

Peningkatan populasi kendaraan bermotor berdampak pada penggunaan bahan bakar minyak semakin banyak. Peningkatan konsumsi bahan bakar tidak dibarengi dengan produksinya yang terus turun, sehingga diperlukan energi alternatif yang dapat diproduksi dengan cepat. salah satu solusinya adalah menggunakan bahan bakar nabati dari minyak jarak. Tetapi penggunaan minyak jarak memiliki kekurangan dimana viskositas dan titik nyala yang tinggi yang berpengaruh pada pembakaran. Untuk itu ditambahkan katalis dan bioaditif untuk memperbaiki kekurangan pada minyak jarak. Metode yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan pembakaran *droplet*. Pada penelitian ini ditambahkan karbon aktif sebagai katalis dan minyak kayu putih sebagai bioaditif. Penambahan karbon aktif dan minyak kayu putih masing-masing sebesar 100 PPM, 300 PPM, dan 500 PPM. Hasil penambahan tersebut berpengaruh pada karakteristik pembakaran minyak jarak, yaitu *ignition delay*, *burning rate*, temperatur, dan dimensi nyala api.

Kata kunci: droplet, minyak jarak, katalis, bioaditif, karakteristik pembakaran.

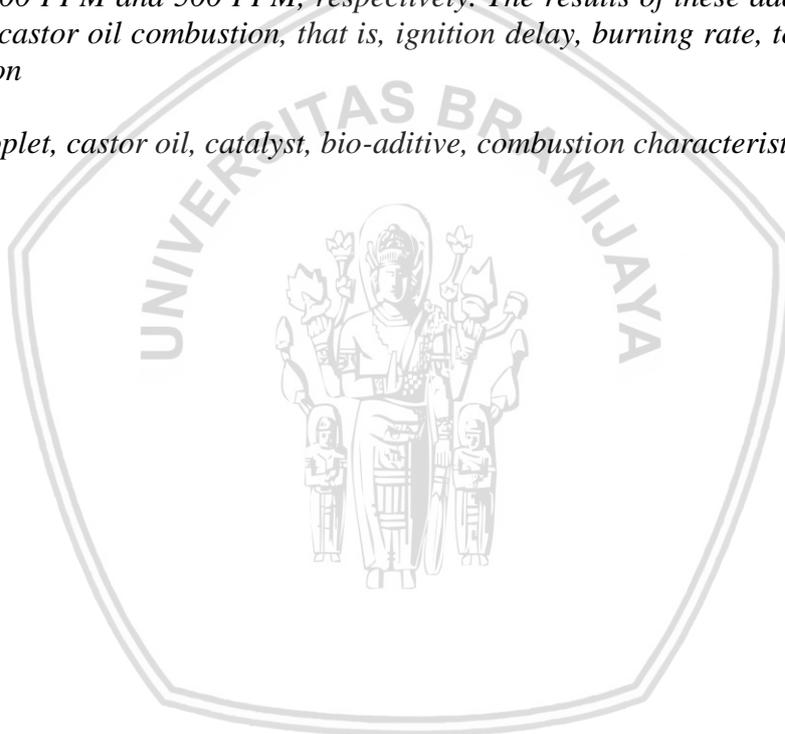


SUMMARY

Alif Luqmanul Hakim, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Brawijaya, October 2018, Comparison of Droplet Combustion Characteristics between Castor Oil with Activated Carbon and Bio-additive Eucalyptus Oil Addition, Academic Supervisor : I.N.G. Wardana dan Purnami.

Increased vehicle population has an impact of more fuel usage. Increasing fuel consumption is not accompanied by decreased production, so that, needed alternative energy that possible to produced quickly. One of the solution is using biofuel from castor oil. But using castor oil have disadvantages in which high viscosity and flash point that affect combustion. Therefore catalyst and bio-additive are added to correct deficiencies castor oil. The method used in this research using droplet combustion. In this research activated carbon and eucalyptus oil are added as catalyst and bio-additive. The addition of activated carbon and eucalyptus oil is 100 PPM, 300 PPM and 500 PPM, respectively. The results of these addition affect the characteristic castor oil combustion, that is, ignition delay, burning rate, temperature and flame dimension

Keywords: droplet, castor oil, catalyst, bio-additive, combustion characteristic





*Teriring Ucapan Terima Kasih kepada :
Ayah dan Mama tercinta*



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring meningkatnya populasi manusia dan produktivitas kerja, mobilitas manusia juga ikut meningkat sehingga populasi kendaraan bermotor ikut bertambah untuk memenuhi kebutuhannya. Peningkatan penggunaan kendaraan bermotor juga akan memengaruhi peningkatan kebutuhan akan bahan bakar fosil dalam kehidupan sehari-hari. Bahan bakar fosil didapat dari pengendapan ikatan hidrat yang dipadatkan di dalam perut bumi yang terjadi selama ratusan juta tahun. Pada tahun 2016 produksi minyak di Indonesia sebesar 881.000 barel per hari Sementara konsumsi bahan bakar minyak sebesar 1.651.000 barel per hari (BP Statistical Review of World Energi 2017). Konsumsi bahan bakar minyak akan terus meningkat setiap tahunnya karena tren penggunaan kendaraan bermotor belum menunjukkan penurunan. Konsumsi bahan bakar minyak tidak dibarengi dengan produksi minyak yang cenderung turun tiap tahunnya dilihat dari proses pembentukan bahan bakar minyak yang berasal dari fosil yang memerlukan waktu jutaan tahun. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah mencari sumber energi bahan bakar pengganti yang mudah dicari di alam dan proses produksi yang cepat.

Dari faktor tersebut kita bisa beralih ke energi alternatif yang dapat menggantikan peran bahan bakar fosil menjadi energi bahan bakar dari minyak nabati (BBN). Minyak nabati didapat dari minyak yang diekstrak dari bagian tumbuhan. Bahan bakar nabati ini semakin banyak dikembangkan di banyak negara. Bahan bakar nabati berasal dari tanaman kelapa sawit, minyak jagung, biji bunga matahari, randu, kemiri sunan, dan jarak pagar. Dengan penambahan alternatif bahan bakar dari minyak nabati, ketergantungan dari minyak hasil perut bumi sedikit berkurang.

Salah satu minyak nabati yang dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif adalah minyak jarak. Jarak pagar dapat hidup dari daerah pada kondisi yang sangat kering hingga basah. Untuk dapat tumbuh dan produksi dengan baik, tanaman jarak tetap membutuhkan batas-batas ekosistem. Banyak orang menganggap jarak pagar dapat tumbuh dimana saja tanpa perawatan. Padahal untuk dapat hasil yang bagus tanaman dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan perawatan. Minyak yang dihasilkan dari biji jarak termasuk dalam minyak lemak, memiliki wujud cairan bening kekuningan dan tidak keruh jika disimpan dalam waktu yang cukup lama.

Penggunaan minyak nabati bukan tanpa kendala, minyak nabati diketahui mempunyai viskositas yang cukup tinggi dan titik nyala yang tinggi sehingga berpengaruh pada pembakaran. Viskositas yang tinggi dapat mengganggu pompa injektor pada proses injeksi bahan bakar dimana injektor tidak dapat melakukan pengabutan bahan bakar. Maka dari itu minyak nabati tidak bisa langsung dipakai untuk pembakaran mesin, perlu adanya penambahan katalis terlebih dahulu berupa karbon aktif pada minyak jarak yang memungkinkan untuk mempercepat reaksi pembakaran.

Untuk meningkatkan efisiensi pembakaran dapat dilakukan penambahan bioaditif melalui peningkatan reaktivitas bahan bakar atau dengan menyediakan oksigen secara internal. Zat aditif nabati yang dewasa ini banyak diteliti untuk penambahan pada bahan bakar adalah minyak atsiri. Minyak atsiri berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai zat tambahan bahan bakar dilihat dari struktur senyawa penyusunnya dan ketersediaan oksigen yang cukup besar (Kadarohman, 2015). Minyak atsiri memiliki karakteristik menyerupai bahan bakar minyak seperti berat jenis rendah, mudah menguap, dan tersusun dari senyawa-senyawa hidrokarbon. Minyak atsiri yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak kayu putih.

Berdasarkan latar belakang, maka dilakukan penelitian karakteristik pembakaran *droplet* jarak dengan penambahan karbon aktif dan minyak kayu putih.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana pengaruh penambahan karbon aktif dari batok kelapa dan bioaditif minyak kayu putih terhadap karakteristik pembakaran *droplet* pada minyak jarak?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan pada penelitian ini:

1. Tetesan *droplet* yang dibakar dianggap telah bercampur sempurna
2. Pengujian ini dilakukan pada tekanan 1 atm dan suhu 27°C
3. Tidak mendeskripsikan proses pembuatan karbon aktif, minyak kayu putih dan minyak jarak

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik pembakaran yang terjadi pada minyak jarak setelah ditambah karbon aktif dari batok kelapa dan bioaditif minyak kayu putih terhadap proses pembakaran *droplet*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapat dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui yang terjadi apabila produk minyak jarak ditambah dengan karbon aktif di minyak kayu putih terhadap karakteristik pembakarannya.
2. Sebagai referensi penelitian berikutnya tentang penambahan karbon aktif pada minyak jarak pada pembakaran *droplet*.
3. Memberikan informasi tentang pengaruh penambahan karbon aktif pada minyak jarak.





BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Beberapa penelitian tentang penambahan katalis pada pembakaran minyak nabati telah dilakukan. Hendry (2017) melakukan pembakaran *droplet* pada minyak jarak dengan penambahan katalis berupa rhodium. Hasilnya adalah dengan penambahan katalis dapat mempersingkat waktu *ignition delay* dan meningkatkan temperature laju pembakaran. Hal ini karena keberadaan katalis dapat merubah struktur geometri trigliserida menjadi ikatan yang lemah yang menyebabkan viskositas menurun sehingga mudah terbakar. Katalis rhodium juga menyerap panas lebih cepat dan meningkatkan laju perpindahan panas menuju *front flame* sehingga proses pembakaran terjadi lebih cepat.

Penelitian yang dilakukan Aldy (2017) adalah pengaruh penambahan karbon aktif dari sekam padi dan batok pada pembakaran *droplet* minyak jarak pagar. Hasil dari penelitian tersebut bahwa penambahan karbon aktif membuat dimensi nyala api mengecil. Tetapi pada persentase 0,03% mengalami kenaikan karena adanya *microexplosion* di awal pembakaran. Penambahan karbon aktif juga meningkatkan *burning rate* dan menurunkan *ignition delay*. Tetapi pada tambahan 0,03% karbon aktif dari batok kelapa terjadi kenaikan *ignition delay* karena terdapat silika yang bersifat isolator pada suhu rendah. Sehingga dapat menghambat transfer panas yang dipakai sebagai energi aktivasi pada reaksi pembakaran. Jika dilihat dari reaksi karbon aktif dari batok kelapa dapat mempercepat pembakaran karena silika memiliki sifat semi konduktor yang dapat menjadi isolator maupun menjadi konduktor.

Penambahan bioaditif minyak kayu putih menurut Kadarohman (2009), penambahan 3% minyak kayu putih pada bahan bakar menyebabkan penurunan konsumsi bahan bakar sebanyak 1,82%. Penambahan ini menurunkan konsumsi bahan bakar menjadi 253 ml/jam dari sebelumnya 258 ml/jam.

2.2 Minyak Nabati

Minyak nabati adalah ester dari tri alkohol, yakni gliserol atau *glycerine*. Minyak nabati umumnya memiliki komposisi utama berupa senyawa gliserida dan asam lemak dengan rantai C-nya yang panjang. Asam lemak itu sendiri merupakan asam karboksilat yang diperoleh dari hidrolisis suatu lemak atau minyak dan umumnya mempunyai rantai karbon Panjang

2.4 Minyak atsiri

Minyak atsiri atau biasa disebut *essential oil* adalah minyak yang didapat dari hasil ekstraksi tumbuhan seperti pada bagian akar, batang, daun, kulit, atau biji. Minyak atsiri juga dapat disebut minyak aromatik karena bersifat khas mengeluarkan aroma sesuai dengan bau tumbuhan penghasilnya dan mudah menguap pada suhu ruang. Sifat lain minyak atsiri adalah mempunyai rasa yang getir, mudah larut dalam pelarut organik seperti alkohol, petroleum, benzene, dan tidak larut dalam air.

Minyak atsiri dapat dimanfaatkan sebagai bahan bioaditif. Zat bioaditif merupakan zat yang ditambahkan ke suatu bahan dalam jumlah sedikit untuk meningkatkan proses pembakaran tanpa merubah spesifikasi bahan yang berasal dari tumbuhan. Penambahan bioaditif minyak atsiri dapat meningkatkan proses pembakaran karena strukturnya berbentuk siklis memengaruhi ikatan molekul penyusun bahan bakar dan kandungan oksigen berperan sebagai penyedia oksigen secara internal (Kadarohman, 2009).

2.5 Minyak kayu putih

Minyak kayu putih merupakan salah satu jenis minyak atsiri yang dapat digunakan sebagai bioaditif. Minyak kayu putih didapat dari hasil ekstraksi daun dan ranting tumbuhan kayu putih dengan komposisi pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2

Komposisi Kandungan Kimia Tumbuhan Kayu Putih (*Melaleuca leucacendra*)

Nama Komponen Kimia	Kadar (%)
α -pinene	37,05
1,8-cineole	55,80
β -pinene	0,15
Camphene	0,43
1-metil-4-isopropil Benzene	0,29
1-methyl-4-(1-methylethylidene) cyclohexene	0,25
3-oxatricyclo	0,49
3-cyclohexene-1-methanol	2,06
α -terpinil asetat	2,85
Trans-2-dodecana	0,63

Sumber: Imelda (2014)

Pada kandungan minyak kayu putih terdapat senyawa sineol sebanyak 55-65% yang merupakan kandungan dominan pada minyak tersebut. Senyawa sineol ini lah yang nantinya akan menghasilkan sensasi hangat pada bagian kulit ketika dioleskan. Senyawa hidrokarbon dalam minyak atsiri minyak kayu putih dapat berperan penting dalam menyempunakan pembakaran. Hidrokarbon aromatik (olefin) yaitu seri hidrokarbon dengan satu ikatan rangkap, memiliki sifat anti *knock* yang baik karena termasuk senyawa siklik yang memiliki enam atom karbon yang saling mengikat satu atom hidrogen.

2.6 Katalis

Katalis merupakan sebuah zat yang dapat mempercepat reaksi kimia tanpa mengalami perubahan dan ikut terpakai pada reaksi tersebut pada suhu tertentu. Katalis berperan dalam suatu reaksi tetapi bukan sebagai pereaksi atau produk yang dihasilkan. Dengan menambahkan katalis memungkinkan mempercepat laju reaksi dengan menurunkan energi aktivasi. Katalis bekerja dengan cara merubah struktur rantai hidrokarbon, sehingga ikatan tersebut pecah dan bermuatan. Katalis dapat mempercepat laju reaksi karena dapat berinteraksi paling sedikit dengan satu molekul reaktan untuk menghasilkan senyawa antara yang lebih aktif. Interaksi ini dapat meningkatkan ketepatan orientasi tumbukan, meningkatkan konsentrasi lokalisasi reaktan, sehingga meningkatkan jumlah tumbukan dan membuka alur reaksi dengan menurunnya nilai energi aktivasi (Gates, 1992).

Dilihat dari penggolongannya, katalis dibagi menjadi dua golongan yaitu katalis homogen dan heterogen. Katalis homogen adalah dimana katalis berada dalam fase yang sama dengan pereaksi pada reaksi yang terjadi. Sedangkan heterogen, katalis tidak dalam fase yang sama dengan pereaksi dimana katalis heterogen menyediakan permukaan untuk berlangsungnya reaksi.

2.6.1 Karbon Aktif

Karbon aktif adalah senyawa karbon dengan struktur amorph atau mikrokristalin yang dengan perlakuan khusus dapat memiliki luas permukaan $300-2000\text{m}^2/\text{gram}$ dengan kandungan karbon berkisar 85-95% (Suhartana, 2006). Keunggulan karbon aktif adalah kapasitas dan daya serapnya yang besar karena memiliki struktur berpori dan adanya gugus fungsional kimiawi di permukaan arang aktif seperti $\text{C}=\text{O}$, C_2- , dan $\text{C}_2\text{H}-$.

Untuk meningkatkan daya serap karbon, maka bahan tersebut diubah menjadi karbon aktif melalui proses aktivasi. Proses aktivasi berguna untuk menghilangkan hidrokarbon yang melapisi permukaan arang sehingga dapat meningkatkan porositas karbon. Aktivasi juga bertujuan memperbesar pori-pori dengan memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul yang berada pada permukaan arang sehingga mengalami perubahan sifat fisik dan kimia, dimana luas permukaannya bertambah dan mempengaruhi daya absorpsi. Pembuatan karbon aktif dapat dilakukan melalui dua cara:

1. Proses kimia

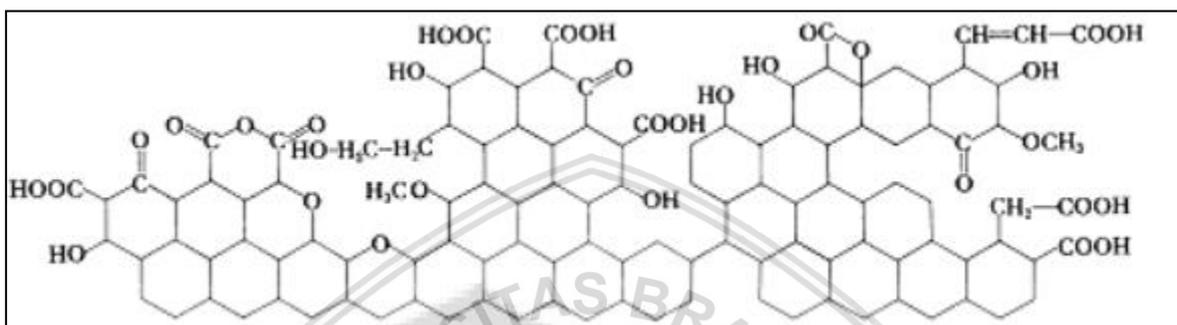
Karbon dicampur dengan larutan kimia sebagai *activating agent* yang biasanya berasal dari golongan alkali dan alkali tanah serta zat asam seperti KOH , ZnCl_2 , Na_2CO_3 , dan

H_2SO_4 . *Activating agent* mengoksidasi dan merusak permukaan karbon sehingga terbentuk pori.

2. Proses fisika

Karbon dipanaskan pada suhu $800\text{-}1000^\circ\text{C}$ dan dialirkan gas pengoksidasi yaitu uap air, oksigen, dan CO_2 .

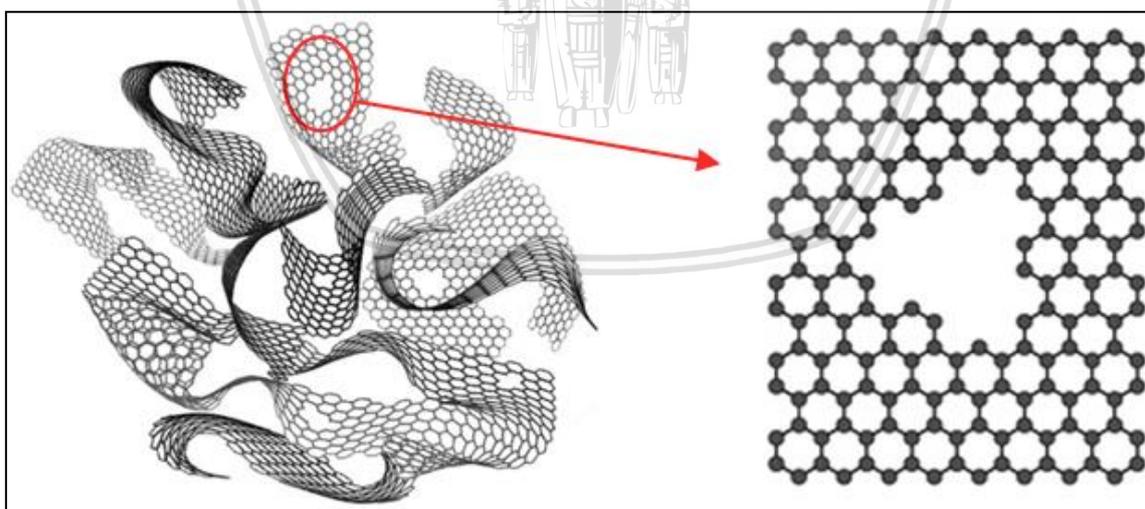
Karbon aktif memiliki struktur ikatan kimia heksagonal berbentuk cincin terdiri dari enam buah karbon seperti pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Struktur kimia karbon

Sumber: Sudibandriyo (2013)

Karbon aktif merupakan grafit yang terdiri dari lapisan-lapisan *graphene* dilihat pada Gambar 2.3. *Graphene* adalah sebuah alotrop karbon aktif yang berbentuk heksagonal dengan jarak antar lapisan 3 \AA . *Graphene* bersifat mampu memperbaiki struktur seandainya bila terjadi kontak dengan molekul yang mengandung karbon (Konstantine N, 2012).



Gambar 2.3 Struktur *graphene*

Sumber: Konstantine N (2012)

Karbon aktif pada penelitian ini digunakan sebagai katalis dari pembakaran *droplet* minyak jarak, kegunaannya adalah untuk mempercepat reaksi pembakaran. Maka dari itu katalis karbon aktif ini berfungsi untuk menurunkan energi aktivasi dengan cara membuat molekul bermuatan.

2.6.2 Karbon aktif dari batok kelapa

Tabel 2.3

Komposisi yang Terkandung Pada Batok Kelapa

Batok Kelapa	Komposisi kimia	Kandungan	Komposisi unsur	Kandungan
	selulosa	34%	Karbon	74,3%
	Hemiselulosa	21%	Oksigen	21,9%
	Lignin	27%	Silika	0,2%
			Kalium	1,4%
			Sulfur	1,5%
			Fosfat	1,7%

Kandungan yang terdapat pada batok kelapa ditunjukkan pada Tabel 2.3. Pembuatan arang batok kelapa dimulai dari proses pemanasan secara pirolisis di dalam tungku pemanas selama kurang lebih 6 jam dengan suhu sekitar 70-150°C. Proses tersebut bisa disebut sebagai proses karbonisasi untuk membentuk kandungan karbon dan menghilangkan kandungan tar pada arang. Setelah proses pirolisis yang ditandai dengan habisnya kandungan tar pada arang, arang batok kelapa kemudian didinginkan, kemudian dilakukan dua kali penggilingan untuk membentuk serbuk arang batok kelapa dengan ukuran mikrometer. Penggilingan pertama menghasilkan serbuk kasar, penggilingan kedua menghasilkan serbuk halus.

Selain untuk membentuk kandungan karbon dan menghilangkan kandungan tar, proses karbonisasi juga untuk menghilangkan kandungan selain karbon seperti hidrogen (H) dan oksigen (O). Sementara proses aktivasi bertujuan membentuk pori-pori melalui perpindahan atom karbon (C) melalui proses fisika atau kimia. Aktivasi secara fisika dilakukan dengan menggunakan oksidator lemah seperti uap air, gas CO₂, N₂, dan O₂. Sedangkan aktivasi secara kimia menggunakan larutan kimia sebagai agen aktivasi seperti H₃PO₄, ZnCl₂, K₂CO₃, NaOH dan KOH.

Perubahan batok kelapa menjadi arang dapat menghasilkan kandungan karbon yang lebih tinggi dengan kenaikan kandungan abu yang sedikit, menghilangkan kandungan air, dan pengurangan kandungan volatile. Dibanding dengan arang dari bahan baku lainnya seperti tongkol jagung dan sekam padi, arang dari batok kelapa memiliki kandungan karbon yang lebih tinggi sehingga lebih baik untuk menjadi bahan baku pembuatan karbon aktif. Arang tempurung kelapa memiliki potensi sebagai sumber pembuatan karbon aktif dikarenakan kandungan unsur karbon yang tinggi hingga dapat mencapai 82.92% wt.

Perubahan komponen dan kandungan tempurung kelapa menjadi arang tempurung kelapa ditunjukkan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4

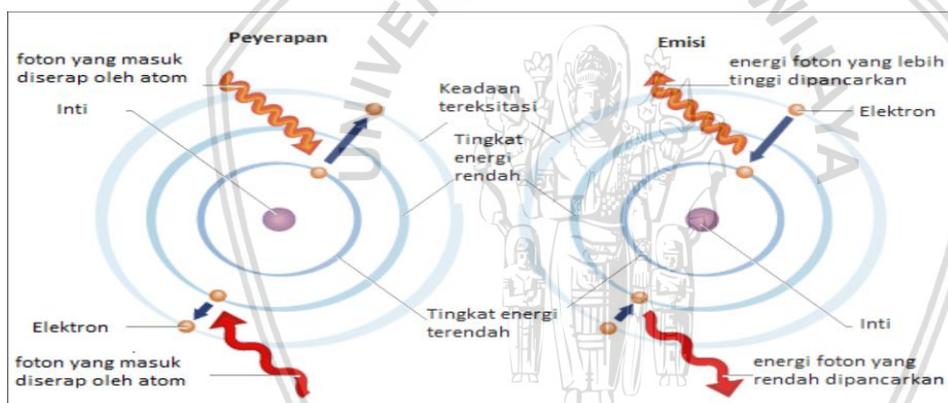
Perbandingan Perubahan Komponen dan Kandungan Bahan Tempurung Kelapa dan Arang Tempurung Kelapa

Bahan	Komponen	Kandungan
Tempurung Kelapa	<i>Moisture</i>	10.46
	<i>Volatile</i>	67.67
	<i>Karbon</i>	18.29
	<i>Abu</i>	3.58
Arang tempurung kelapa	<i>Volatile</i>	10.60
	Karbon	76.32
	Abu	13.08

Sumber: jurnal kajian pembentukan karbon aktif berbahan arang tempurung kelapa (2013)

2.7 Pembakaran

Pembakaran adalah proses lepasnya ikatan hidrokarbon dari bahan bakar menjadi atom-atom yang bermuatan aktif karena diberi energi aktivasi dari luar, lalu atom-atom yang bermuatan tersebut bereaksi dengan oksidator (udara) membentuk molekul hasil pembakaran dan menghasilkan energi dan cahaya.



Gambar 2.4 Ilustrasi pemberian energi dan menghasilkan panas dan cahaya

Sumber: Novi (2014)

Proses pembakaran dapat disebut reaksi eksotermis karena membutuhkan energi untuk menghasilkan kalor ke lingkungan. Pembakaran juga memiliki syarat agar terjadi, yaitu harus memiliki bahan bakar, udara (oksigen), dan panas atau energi aktivasi, dari ketiga syarat tersebut menghasilkan panas dan cahaya yang ditunjukkan pada Gambar 2.5.

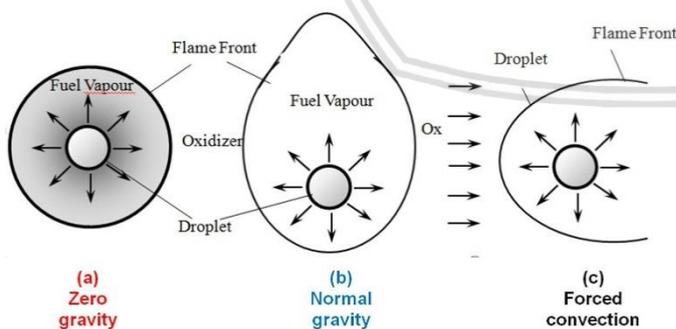


Gambar 2. 5 Segitiga api
Sumber: Amir (2015)

2.7.1 Pembakaran *Droplet*

Pembakaran dengan proses pertama pembuatan butiran bahan bakar cair dari fase cairan menjadi fase gas disebut atomisasi. Proses atomisasi dilakukan dengan mendorong cairan melalui *nozzle* yang menyebabkan cairan menjadi titik-titik kecil cairan bahan bakar yang kemudian disebut *droplet*. Pembakaran *droplet* digunakan dalam mesin pembakaran dalam dimana bahan bakar disemprotkan menjadikannya butir kecil bahan bakar cair agar pembakaran menjadi lebih efektif.

Pada pembakaran *droplet*, bahan bakar dimasukkan ke dalam ruang bakar dan bercampur dengan udara secara alami. Saat *droplet* dipanaskan di ruang bakar menyebabkan bahan bakar menguap dan berdifusi dengan oksidator (udara) menuju *flame front* yang kemudian api terbentuk dari permukaan *droplet* sehingga dapat terbakar pada akhirnya.



Gambar 2. 6 Bentuk api *droplet*

Sumber: <http://vcal-iitk.vlabs.ac.in/theory8.html>

Bentuk dari nyala api pembakaran *droplet* dapat berupa bulat atau tidak bulat. Bentuk ini dipengaruhi oleh gravitasi dan kecepatan relatif *droplet* dengan udara di sekitarnya. Pada nyala api pembakaran *droplet* berbentuk bulat disebabkan karena ketiadaan gravitasi sehingga menyebabkan tidak adanya gaya apung gas api dan tidak adanya gaya relatif

droplet dengan udara di sekitarnya. Saat gravitasi bekerja pada *droplet* menyebabkan bentuk *droplet* menjadi tidak bulat dan terjadi adanya konveksi pada udara sekitar.

2.7.2 Karakteristik Pembakaran

Karakteristik pembakaran adalah hal yang penting untuk diamati, karena karakteristik pembakaran dengan beda bahan yang dibakar mempunyai karakteristik pembakaran yang berbeda pula. Karakteristik pembakaran yang diamati adalah:

1. *Ignition delay*

Ignition delay adalah selang waktu dimana bahan bakar dimasukkan ke ruang bakar lalu dipanaskan sampai mulai pertama kali terjadi pembakaran. Pada pembakaran *droplet*, *ignition delay* adalah jeda mulai dari *heater* dinyalakan sampai bahan bakar terbakar. *Ignition delay* diamati karena dengan ini kita bisa mengetahui seberapa lama bahan bakar menyala, karena semakin tinggi nilai *ignition delay* maka bahan bakar semakin lama terbakar.

2. *Burning rate*

Burning rate adalah kecepatan suatu bahan bakar untuk terbakar hingga bahan bakar tersebut habis terbakar. Semakin tinggi nilai *burning rate* maka kecepatan pembakaran semakin cepat. Faktor yang memengaruhi kecepatan pembakaran adalah panjang rantai karbon yang dimiliki suatu bahan bakar.

3. dimensi api

Dimensi api berperan dalam penentuan secara kasat mata apakah pembakaran yang terjadi nantinya merupakan pembakaran dengan reaksi yang cepat atau lambat. Apabila reaksi bahan bakar untuk terbakar semakin cepat, maka dimensi api akan semakin kecil dan begitu juga sebaliknya, jika reaksi pembakaran lambat, maka api cenderung semakin panjang dan lebar. Hal tersebut dikarenakan semakin lama reaksi pembakaran maka semakin lama pula waktu yang di perlukan oleh bahan bakar untuk dapat beraksi dan terbakar.

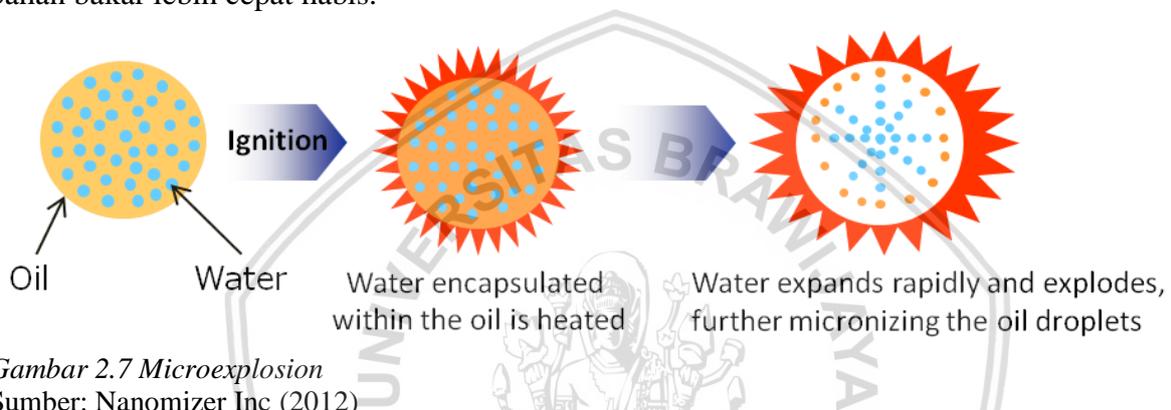
4. Temperatur pembakaran

Temperatur pembakaran adalah temperatur tertinggi yang diukur saat terjadi pembakaran *droplet*. Nilai temperatur pembakaran dipengaruhi oleh nilai kalor yang terkandung pada bahan bakar. Semakin tinggi nilai kalor maka temperatur pembakaran yang terjadi semakin besar. Nilai kalor adalah jumlah energi panas yang dilepaskan selama pembakaran terjadi.

2.8 *Microexplosion*

Microexplosion adalah fenomena yang terjadi dari proses pembakaran yang terdiri dari dua atau lebih campuran bahan bakar yang memiliki perbedaan titik didih. *Microexplosion* dimulai dari menguapnya unsur yang memiliki titik didih lebih rendah sehingga terjadi penguapan lebih awal di dalam *droplet* dibanding dengan unsur lainnya.

Ketika terus dipanaskan, *droplet* mengalami penurunan densitas yang mengakibatkan turunnya tegangan permukaan. Pada saat *droplet* tidak dapat menahan tekanan gas di dalamnya, *droplet* kemudian pecah dan menimbulkan *Microexplosion*. Terjadinya *Microexplosion* mampu meningkatkan meningkatkan kecepatan pembakaran sehingga bahan bakar lebih cepat habis.

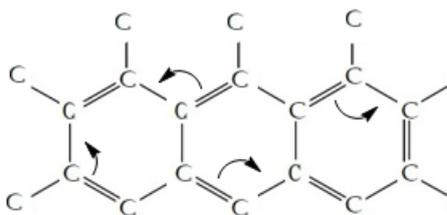


Gambar 2.7 *Microexplosion*
Sumber: Nanomizer Inc (2012)

2.9 Konsep Berpikir

2.9.1 Karbon Aktif

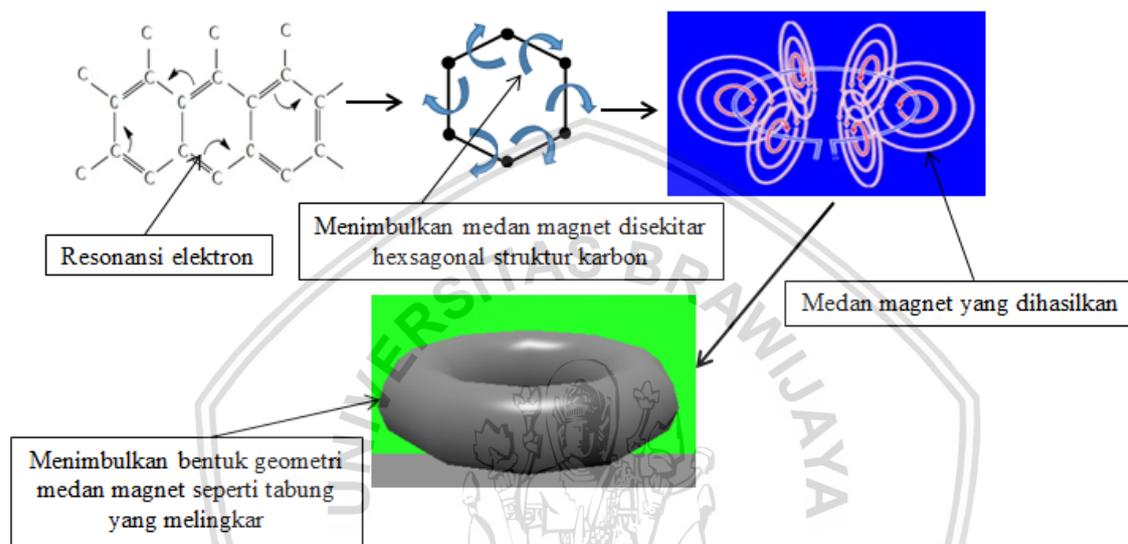
Pada penelitian ini, Karbon aktif digunakan sebagai zat tambahan untuk dapat mempercepat proses pembakaran. Karbon aktif tersusun dari 6 ikatan atom karbon berbentuk heksagonal yang memiliki tiga ikatan rangkap dan tiga ikatan tunggal tersusun berselang-seling. Ikatan rangkap pada struktur karbon aktif tersebut bersifat tidak terlokalisasi yang artinya dapat berpindah dari satu posisi ke posisi lain secara terus menerus dari ikatan rangkap menuju ikatan tunggal dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 ilustrasi perpindahan ikatan rangkap karbon aktif

Fenomena berpindahnya ikatan rangkap tersebut membentuk suatu resonansi lompatan elektron. Lompatan elektron yang terjadi menyebabkan terjadinya arus listrik karena adanya

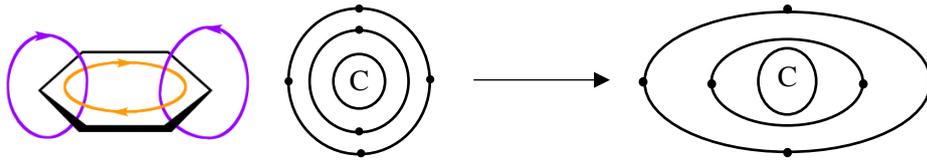
muatan elektron yang bergerak. Arus listrik yang timbul selanjutnya menghasilkan medan magnet yang ditunjukkan pada Gambar 2.9. Kemudian medan magnet tersebut dapat mengganggu ikatan hidrokarbon yang terdapat pada minyak sehingga dapat menarik atom karbon pada hidrokarbon minyak untuk memperbaiki struktur yang cacat pada permukaan karbon aktif. Cacat tersebut berupa pori-pori yang terdapat pada permukaan *graphene*. Dimensi pada *graphene* sebelum diaktivasi biasanya berkisar 0,7nm dan setelah diaktivasi menjadi karbon aktif dapat mencapai 2nm.



Gambar 2.9 Medan magnet yang timbul pada karbon aktif

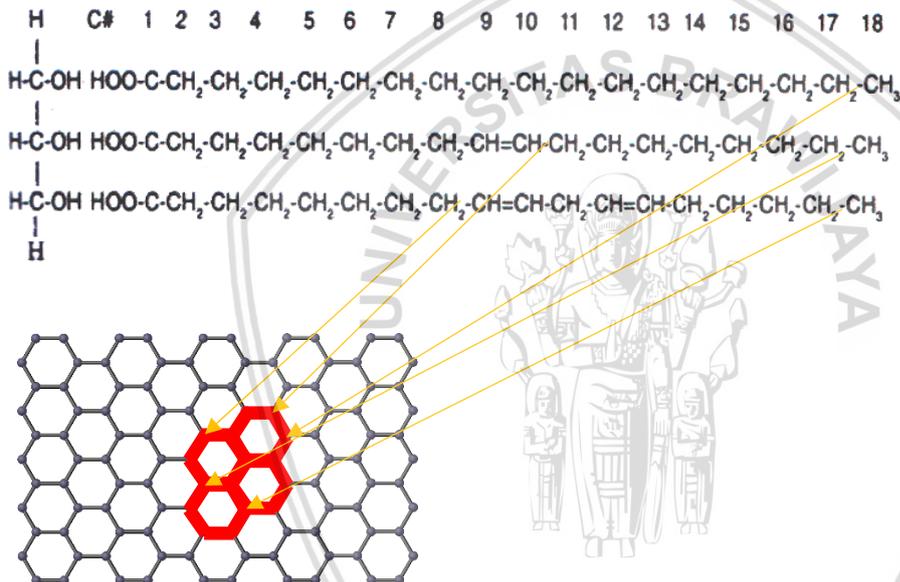
Sedangkan pada minyak jarak memiliki asam lemak yang tersusun dari molekul-molekul hidrokarbon, maka *graphene* akan menarik atom karbon pada minyak jarak untuk memperbaiki lubang yang cacat pada *graphene* tersebut.

Permukaan karbon aktif yang berpori dapat memperbaiki strukturnya dengan menarik atom karbon pada senyawa hidrokarbon trigliserida asam lemak minyak jarak. Karbon aktif menarik karbon karena adanya gaya elektromagnet yang timbul dari resonansi elektron pada struktur karbon aktif. Medan magnet yang timbul dari resonansi karbon aktif akan mengganggu elektron karbon pada trigliserida, kemudian menyebabkan karbon menjadi bermuatan yang bersifat temporer, terkadang bermuatan positif dan negatif. Muatan karbon yang bersifat temporer disebabkan oleh orbit elektron yang sebelum terganggu oleh medan magnet yang timbul dari karbon aktif berbentuk lingkaran menjadi elips setelah mengalami gangguan sehingga elektron mengorbit pada jarak yang tidak tetap terhadap karbon. Kemudian atom karbon ditarik oleh karbon aktif karena adanya beda muatan yang terjadi antara keduanya.



Gambar 2.10 Terganggunya elektron karbon oleh medan magnet

Permukaan karbon aktif yang berpori dapat memperbaiki spre *graphene* ketika mengalami kerusakan dengan menarik atom karbon yang didapat dari senyawa lain dengan medan magnet yang timbul dari resonansi elektron pada struktur karbon aktif sehingga ikatan rantai atom yang terdapat pada hidrokarbon terurai. *Graphene* mendapat karbon dari ikatan trigliserida menyebabkan atom H menjadi radikal menyebabkan sangat reaktif dan mudah bereaksi karena perbedaan muatan yang dimiliki.



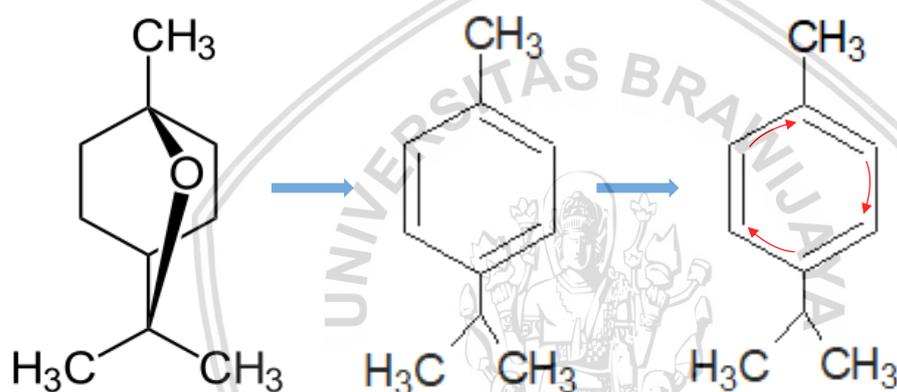
Gambar 2.11 Ilustrasi karbon yang tertarik ke karbon aktif

Sifat magnetik yang terbentuk dari karbon aktif mengakibatkan elektron pada trigliserida keluar dari orbitnya menyebabkan ikatan pada trigliserida menjadi lemah. Elektron pada molekul minyak nabati ditarik oleh atom karbon pada karbon aktif karena atom karbon memiliki nilai aktivasi lebih tinggi dari hydrogen pada minyak nabati. Kemudian atom karbon ditarik oleh oksigen karena oksigen memiliki nilai aktivasi lebih tinggi dari karbon. Dari peristiwa tersebut menyebabkan energi aktivasi pada minyak nabati menjadi menurun karena adanya ikatan yang terurai. Kemudian, ketika diberi energi aktivasi dari luar yang menyebabkan seluruh ikatan minyak nabati terurai, terjadi oksidasi antara atom yang bermuatan dengan oksidator (udara).

2.9.2 Minyak Kayu Putih Sebagai Bioaditif

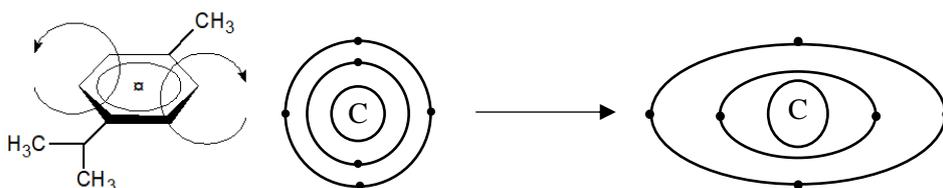
Penambahan bioaditif pada minyak bahan bakar tidak merubah karakteristik bahan bakar, seperti, titik didih, titik nyala, dan kekentalan tetapi memengaruhi pada proses pembakaran. Zat tambahan yang terkandung dalam bioaditif memiliki kandungan oksigen yang dapat memperkaya oksigen pada proses pembakaran.

Minyak atsiri dapat larut dalam bahan bakar dan komponen penyusunnya memiliki atom oksigen. Terdapat hal yang cukup penting yang terdapat pada struktur senyawa minyak atsiri, yaitu terdapat struktur senyawa yang berbentuk siklik dan rantai terbuka. Struktur siklik tersebut berbentuk heksagonal tertutup yang memiliki ikatan rangkap dan tunggal, dimana ikatan rangkap dan tunggal tersebut tidak terlokalisasi. Artinya, ikatan rangkap cenderung berpindah ke ikatan tunggal.



Gambar 2.12 sineol

Sineol termasuk senyawa hidrokarbon yang memiliki cincin siklik tetapi belum stabil. Sineol cenderung melepas elektron untuk membuatnya memiliki cincin siklik yang membuat struktur menjadi stabil. Pada cincin siklik terjadi dislokasi pada ikatan rangkap menuju ikatan tunggal. Dislokasi yang terjadi akibat pergerakan elektron, elektron yang bergerak menimbulkan arus listrik. Arus listrik selanjutnya dapat menghasilkan medan magnet yang dapat mengganggu ikatan pada hidrokarbon. Medan magnet ini mengganggu orbit elektron menjadi lonjong, semakin lonjong maka jarak elektron semakin jauh dan energinya semakin mengecil sehingga ikatan melemah dan menjauh satu sama lain. Hal ini mengakibatkan ikatan antar molekul hidrokarbon mudah putus.



Gambar 2.13 Ilustrasi pengaruh medan magnet terhadap ikatan hidrokarbon

Atom- atom yang lepas akibat terganggu oleh medan magnet akan menjadi radikal bebas. Atom bebas tersebut sangat mudah bereaksi karena ketidakstabilan muatannya. Jika atom radikal bebas menghantam molekul lain akan menyebabkan jarak ikatan molekul merenggang sehingga ikatannya mudah untuk diputus. Semakin banyak radikal bebas yang terbentuk, akan lebih mudah untuk memutus ikatan molekul hidrokarbon.

Atom H^+ dari molekul hidrokarbon yang menjadi radikal bebas akan berikatan dengan O^- yang terdapat pada terpineol yang menjadi oksidator internal. Dengan adanya gaya tarik menarik ditambah adanya oksigen yang banyak saat proses pembakaran mengakibatkan campuran minyak jarak dan kayu putih semakin reaktif dan kecepatan pembakaran meningkat.

2.10 Hipotesis

Hipotesis yang dapat diambil berdasarkan uraian di atas adalah dengan penambahan katalis karbon aktif pada minyak jarak berpengaruh positif pada proses pembakaran. Katalis karbon aktif dapat menurunkan *ignition delay* karena pengaruh karbon aktif mengurai ikatan karbon pada asam lemak yang terdapat pada minyak jarak sehingga energi aktivasi pada minyak turun. Penambahan bioaditif minyak kayu putih meningkatkan temperatur pembakaran karena terdapat kandungan oksigen di dalamnya.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental nyata (*true experimental research*). Metode ini digunakan untuk menguji suatu perlakuan atau desain baru dengan membandingkan satu atau lebih kelompok pengujian dengan perlakuan dan tanpa perlakuan.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Fluida Teknik Mesin Universitas Brawijaya pada bulan Mei 2018.

3.3 Variabel Penelitian

Penelitian kali ini menggunakan tiga macam variabel, yaitu:

1. Variabel bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang besarnya telah ditentukan dan tidak dipengaruhi variabel lain. Dalam penelitian kali ini, variabel bebasnya adalah penambahan karbon aktif dan minyak kayu putih yang dicampurkan pada minyak jarak yaitu sebesar 0 ppm, 100 ppm, 300 ppm, 500 ppm dengan pencampuran didasarkan atas perbandingan massa. Serta jarak antara kamera dengan *droplet* adalah 30 cm dan video diambil dengan kecepatan 60 fps.

2. Variabel terikat

Variabel terikat adalah variabel yang nilainya bergantung dari variabel bebas dan hasilnya dapat diketahui setelah penelitian dilakukan. Dalam penelitian kali ini variabel terikatnya adalah kecepatan reaksi pembakarannya, *ignition delay*, *burning rate*, dan visualisasi nyala api.

3. Variabel terkontrol

Variabel terkontrol adalah variabel yang besarnya telah ditentukan sebelum penelitian berlangsung dan bersifat konstan. Dalam penelitian ini variabel terkontrol adalah:

- a. Suhu ruang uji bakar sebesar : 25°C – 30°C
- b. Daya heater : 30 Watt
- c. Diameter *droplet*: 1,9 mm

3.4 Alat dan Bahan Penelitian

3.4.1 Alat Penelitian

Peralatan-peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. *Thermocouple*

Gambar 3.1 digunakan untuk mengukur atau mendeteksi perubahan temperatur melalui dua jenis logam konduktor berbeda yang digabungkan pada ujungnya.

- Spesifikasi:
- Tipe : K
 - Rentang suhu yang mampu diukur : 0°C – 1370°C
 - Diameter : 0.2 mm

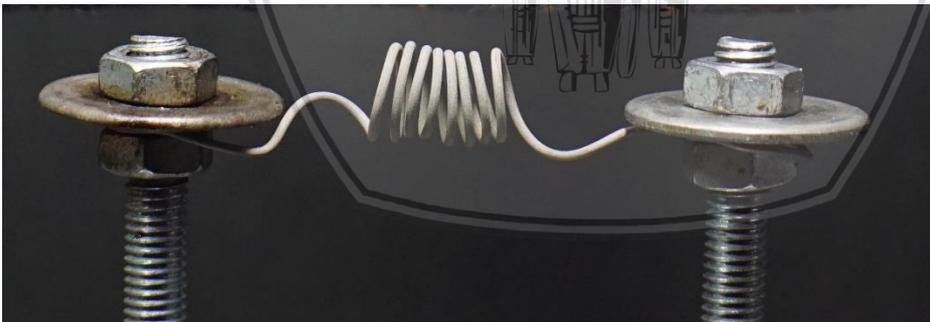


Gambar 3.1 *Thermocouple*
Sumber: Tanki Alloy (2016)

2. Elemen pemanas (*heater*)

Gambar 3.2 berfungsi sebagai pembakar *droplet* sehingga menimbulkan nyala api.

- Spesifikasi :
- Material : Ni
 - Diameter : 0.5 mm



Gambar 3.2 *Heater*
Sumber : Dokumentasi Pribadi

3. *Data Logger*

Data logger dapat dilihat pada Gambar 3.3 digunakan untuk mengubah data analog dari *thermocouple* menjadi data digital agar dapat dibaca melalui laptop.



Gambar 3.3 Data logger

Sumber : Dokumentasi Pribadi

- Spesifikasi :
- Merk : Advantech
 - Tipe : USB-4718
 - Aplikasi : *WaveScan 2.0*

4. Laptop

Gambar 3.4 berfungsi untuk mengolah dan menyimpan data digital yang didapatkan dari *data logger*.

- Spesifikasi :
- Merk : Acer G4740
 - *Operating system* : Windows 10
 - *Processor* : Intel CORE i5 2.27Ghz
 - Kapasitas RAM : 2GB



Gambar 3.4 Laptop

Sumber: Dokumentasi pribadi

5. Kamera

Gambar 3.5 berfungsi untuk merekam proses terjadinya penguapan hingga nyala api di dalam ruang uji bakar *droplet*.

- Spesifikasi :
- Merk : Sony a6000
 - Resolusi perekam video : 1280 x 1080 pixel, 60 fps



Gambar 3.5 Kamera

Sumber: Dokumentasi pribadi

6. Alat pembuat *droplet*

Alat pembuat *droplet* pada Gambar 3.6 digunakan adalah rekayasa *Syringe* dikombinasikan dengan suntikan insulin. Sehingga *syringe* dapat membentuk diameter *droplet* yang sama setiap kali digunakan. Alat pembuat *droplet* dapat dilihat pada gambar 3.6 berikut.



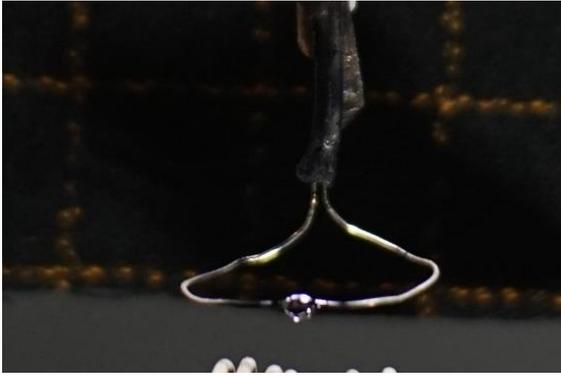
Gambar 3.6 Alat pembuat *droplet*

Alat tersebut terdiri dari :

- Alat pengatur volume *droplet*, spesifikasi :
 - Merk : Novopen
 - Buatan : Denmark

7. *Droplet*

Droplet pada Gambar 3.7 adalah partikel air kecil (seperti hujan rintik-rintik) yang mungkin dihasilkan ketika air diubah menjadi kabut halus oleh aerator atau shower dan berukuran antara tetesan.



Gambar 3.7 Droplet

Sumber : Dokumentasi pribadi

8. Timbangan Analitik

Timbangan analitik pada Gambar 3.8 digunakan untuk mengukur massa minyak jarak dan massa karbon aktif.



Gambar 3.8 Timbangan analitik

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Spesifikasi :	• Merk	: Precisa
	• Ketelitian	: 0,001 gram

3.4.2 Bahan Penelitian

1. Katalis Karbon Aktif (Batok Kelapa)

Katalis heterogen pada Gambar 3.9 digunakan pada penelitian ini untuk mempercepat reaksi pembakaran.



Gambar 3.9 Katalis karbon aktif (batok kelapa)

2. Minyak kayu putih

Minyak kayu putih yang ditunjukkan pada Gambar 3.10 digunakan sebagai katalis homogen untuk mempercepat reaksi pembakaran.



Gambar 3.10 Minyak kayu putih

3. Minyak jarak

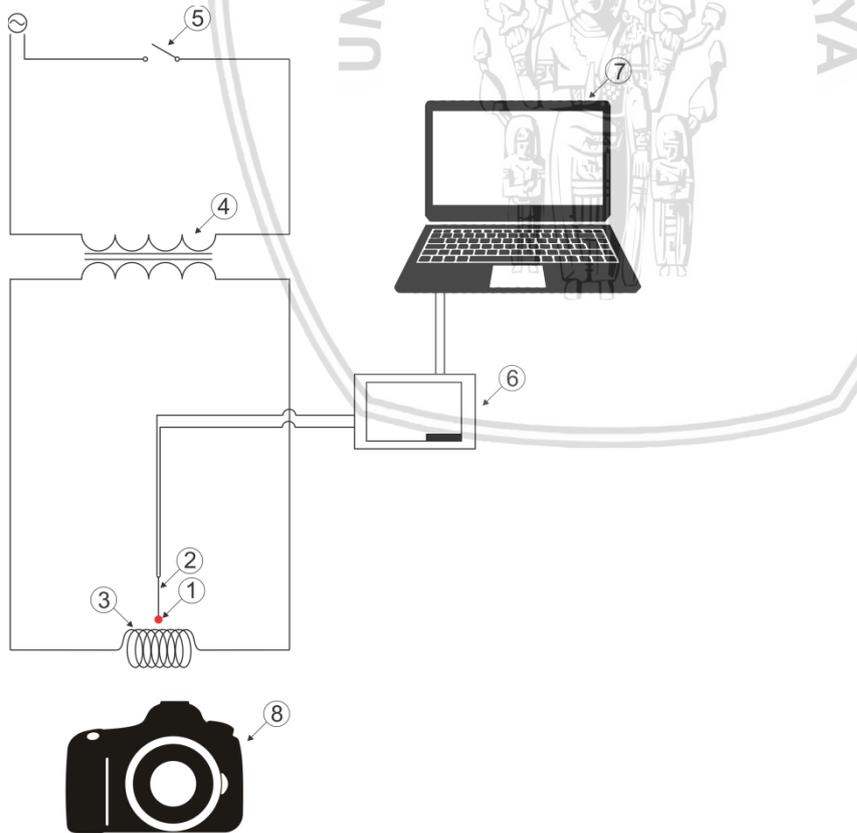
Bahan bakar minyak nabati yang ditunjukkan Gambar 3.11 dipakai untuk penelitian pembakaran *droplet*.



Gambar 3.11 Minyak jarak

3.5 Skema Instalasi Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian kemudian disusun sesuai skema instalasi sesuai gambar 3.12 berikut



Gambar 3.12 Skema instalasi alat

Keterangan:

- | | |
|------------------------|-----------------------|
| 1. <i>Droplet</i> | 5. Saklar |
| 2. <i>Thermocouple</i> | 6. <i>Data logger</i> |
| 3. Elemen pemanas | 7. Laptop |
| 4. Transformator | 8. Kamera |

3.6 Prosedur Pengambilan Data

Prosedur Pengambilan data meliputi hal-hal berikut :

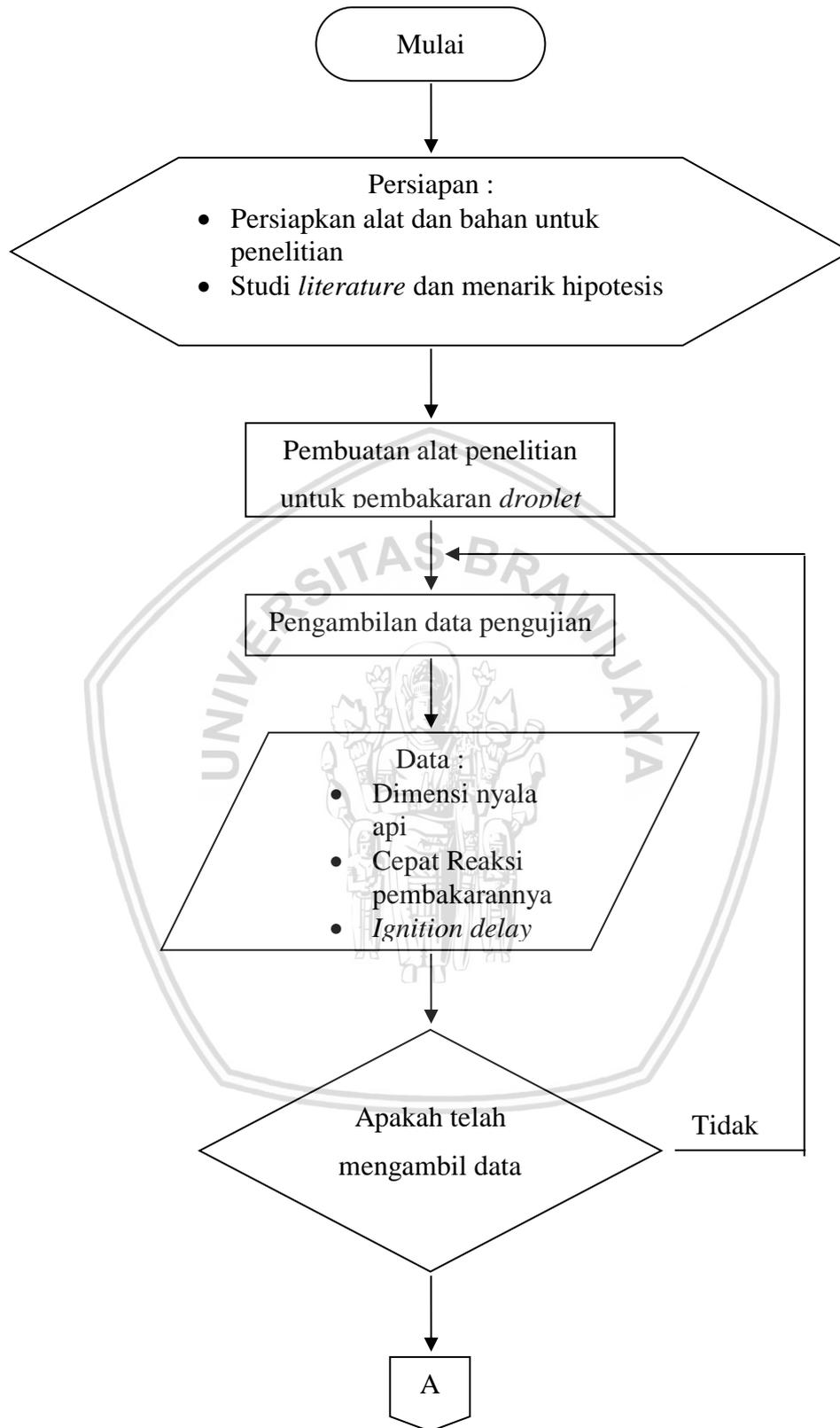
- Proses pembuatan *droplet* campuran minyak jarak pagar dengan karbon aktif.
 - a. Minyak jarak dicampur secara mekanik dengan karbon aktif yang memiliki campuran 0ppm, 100ppm, 300ppm dan 500ppm karbon aktif .
 - b. Masukkan campuran minyak jarak dengan karbon aktif ke dalam tabung suntik alat pembentuk *droplet*.
 - c. Mengatur banyaknya *droplet* yang dikeluarkan dengan cara memutar bagian kepala alat pembentuk *droplet* (warna hitam) sebanyak satu skala pada alat pembuat *droplet*.
 - d. Tekan kepala alat pembentuk *droplet* (warna biru) hingga terbentuk *droplet* pada ujung jarum suntik
 - e. Untuk membuat *droplet* selanjutnya, pastikan bahwa ujung jarum suntik kering.
- Prosedur pengambilan data.
 - a. Atur dan pasang semua peralatan penelitian ruang uji bakar *droplet* sesuai dengan skema penelitian pada gambar 3.9.
 - b. Pasang kamera di depan ruang uji bakar *droplet* untuk melihat *droplet* dengan jarak, zoom, dan fokus hingga gambar ujung *thermocouple* jelas tergambar pada layar kamera.
 - c. Pasang *data logger* pada *thermocouple* dan laptop.
 - d. Nyalakan komputer, kemudian mulai jalankan aplikasi *software data logger* untuk membaca data dari *thermocouple* dan *data logger*.
 - e. Bentuk *droplet* dari alat pembentuk *droplet* dan letakkan *droplet* pada ujung *thermocouple*.
 - f. Ambil gambar *droplet* sebelum dibakar.
 - g. Klik tombol *start* pada program DAQNav 3.2.8.0
 - h. Tekan tombol rekam pada kamera bersamaan dengan menyalakan *heater* pada saklar heater.

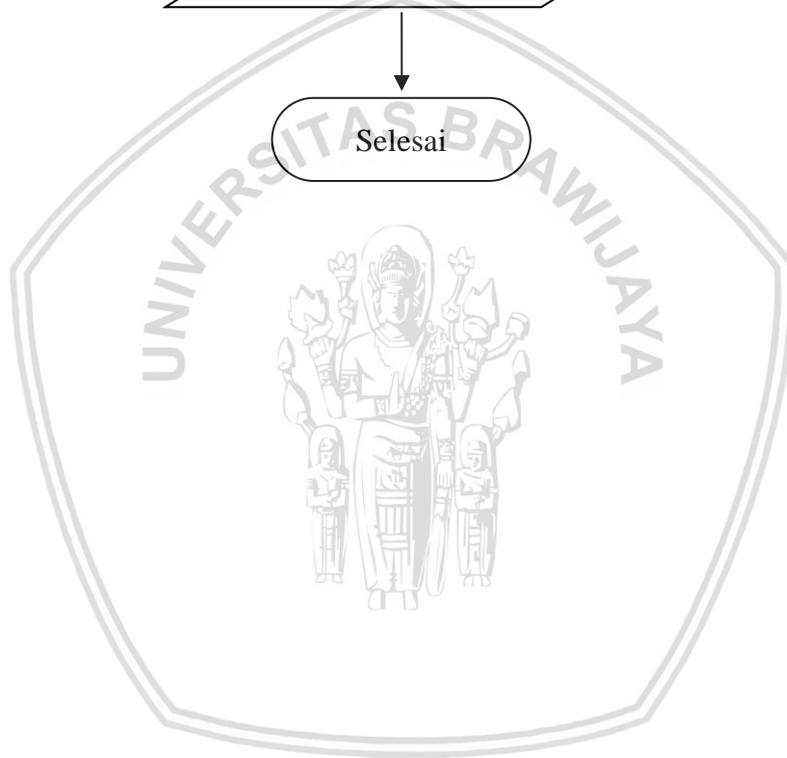
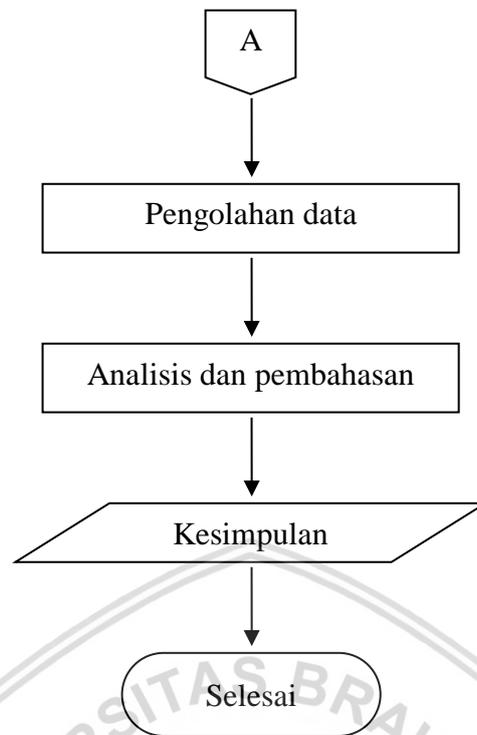
- i. Matikan *heater* sesaat setelah api menyala dan hentikan proses merekam sesaat setelah api mati.
- j. Klik *stop* pada program DAQNav 3.2.8.0 lalu pilih *Save as*.
- k. Data yang terbaca pada aplikasi komputer kemudian disimpan dalam bentuk tabel dan grafik untuk kemudian dilakukan proses pengolahan data.
- l. Gambar yang terekam kamera diolah untuk memperoleh visualisasi gambar api setiap proses penyalaan api hingga api mati.

Ulangi prosedur untuk tiap-tiap variasi pengujian.



3.7 Diagram Alir Penelitian







BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil penelitian

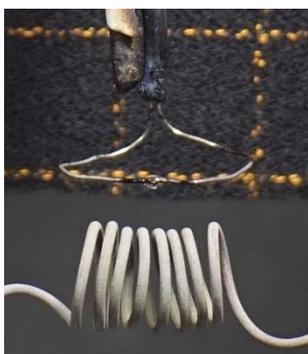
Data yang diambil dari penelitian ini merupakan data karakteristik dari campuran minyak jarak dengan berbagai variasi penambahan minyak kayu putih dan karbon aktif masing-masing sebesar 0 ppm, 100 ppm, 300 ppm, dan 500 ppm. Data didapatkan melalui perekaman nyala api dimensi dan *data logger* untuk menganalisis karakteristik pembakaran, yaitu, *ignition delay*, *burning rate*, temperatur, dan dimensi nyala api.

Dari hasil penelitian pembakaran didapatkan data-data berupa video proses pembakaran *droplet* dari minyak jarak campuran antara minyak kayu putih dan karbon aktif. Selain itu, didapat foto diameter *droplet* dan dimensi nyala api dari hasil konversi video menjadi foto menggunakan aplikasi Adobe Premiere Pro. Data temperatur didapat dari *thermocouple* yang terhubung oleh *data logger* menggunakan aplikasi Advantech DaqNavi.

Dimensi *droplet* meliputi lebar dan tinggi api diukur menggunakan aplikasi ImageJ. Untuk mengukur dimensi sebenarnya menggunakan skala untuk menyamakan ukuran setiap 10 mm pada ImageJ sama dengan 10 mm pada penggaris pada ruang bakar.

4.2 Hasil Pengujian

Diameter awal *droplet* dibuat menggunakan suntikan menghasilkan ukuran *droplet* yang kecil sehingga *droplet* dapat tergantung pada thermocouple seperti pada Gambar 4.1 *droplet* pada thermocouple digantung pada jarak 3 mm di atas heater.



Gambar 4.1 Droplet

Pada Tabel 4.1, 4.2, 4.3, dan 4.4 merupakan data yang didapat dari hasil penelitian

Tabel 4. 1
Data *ignition delay*

Sampel	waktu
Jarak murni	4.933
Jarak karbon 100 PPM	4.617
Jarak karbon 300 PPM	4.217
Jarak karbon 500 PPM	4.117
jarak campur 100 PPM	4.833
jarak campur 300 PPM	4.600
jarak campur 500 PPM	4.450
jarak kayu putih 100 PPM	4.883
jarak kayu putih 300 PPM	4.700
jarak kayu putih 500 PPM	4.750

Table 4.2
Data tinggi api

sampel	Tinggi api (mm)
Jarak murni	33.9
Jarak karbon 100 PPM	24.36
Jarak karbon 300 PPM	22.17
Jarak karbon 500 PPM	17.35
jarak campur 100 PPM	30.78
jarak campur 300 PPM	27.73
jarak campur 500 PPM	26.88
jarak kayu putih 100 PPM	28.97
jarak kayu putih 300 PPM	26.6
jarak kayu putih 500 PPM	26.57

Table 4.3
Data lebar api

sampel	Lebar api (mm)
Jarak murni	10.23
Jarak karbon 100 PPM	8.46
Jarak karbon 300 PPM	7.97
Jarak karbon 500 PPM	7.44
jarak campur 100 PPM	10.02
jarak campur 300 PPM	8.95
jarak campur 500 PPM	9.77
jarak kayu putih 100 PPM	9.3
jarak kayu putih 300 PPM	8.9
jarak kayu putih 500 PPM	7.85

Tabel 4.4
Data temperatur

sampel	Temperatur (°C)
Jarak murni	638,8891
Jarak karbon 100 PPM	643,3024
Jarak karbon 300 PPM	654,5162
Jarak karbon 500 PPM	667,4019
jarak campur 100 PPM	660,147
jarak campur 300 PPM	665,8329
jarak campur 500 PPM	672,8492
jarak kayu putih 100 PPM	657,1177
jarak kayu putih 300 PPM	675,648
jarak kayu putih 500 PPM	691,8367

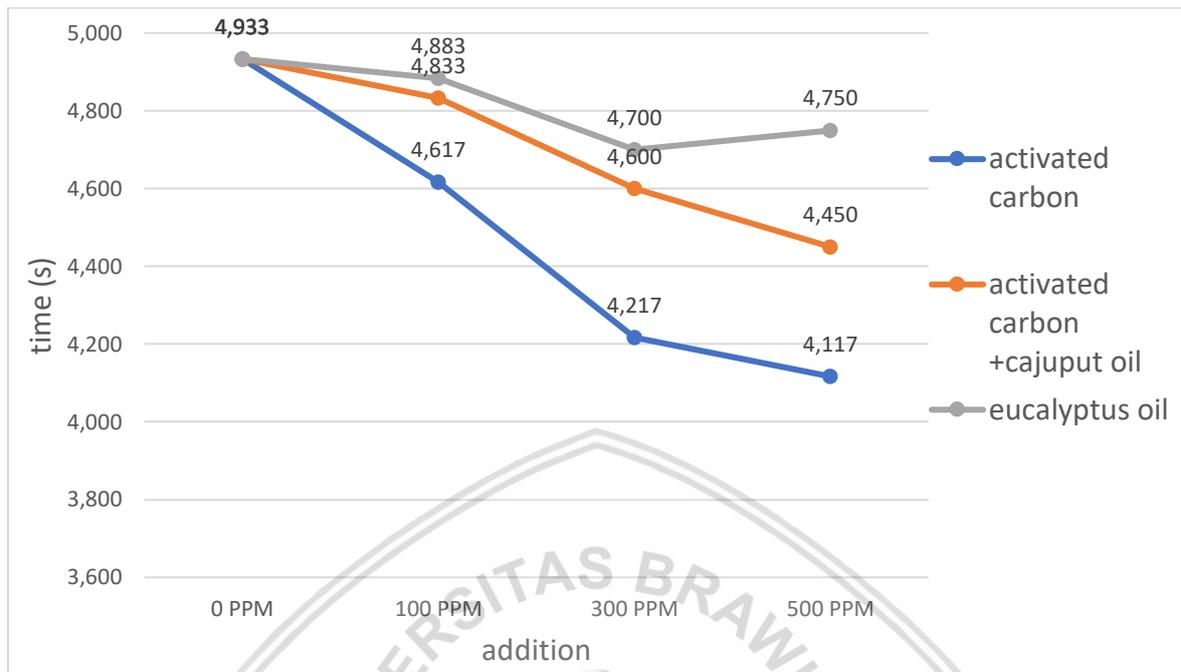
4.3 Pembahasan

Data dari tabel hasil penelitian kemudian diolah menjadi bentuk grafik dengan keterangan sebagai berikut

JM	= minyak jarak murni
JKA100	= minyak jarak dengan campuran karbon aktif 100ppm
JKA300	= minyak jarak dengan campuran karbon aktif 300ppm
JKA500	= minyak jarak dengan campuran karbon aktif 500ppm
JCM100	= minyak jarak dengan campuran karbon aktif dan minyak kayu putih 100 ppm
JCM300	= minyak jarak dengan campuran karbon aktif dan minyak kayu putih 300 ppm
JCM500	= minyak jarak dengan campuran karbon aktif dan minyak kayu putih 500 ppm
JKP100	= minyak jarak dengan campuran minyak kayu putih 100ppm
JKP300	= minyak jarak dengan campuran minyak kayu putih 300ppm
JKP500	= minyak jarak dengan campuran minyak kayu putih 500ppm

4.3.1 Pengaruh Penambahan Karbon Aktif dan Minyak Kayu Putih pada Pembakaran

Droplet Minyak Jarak terhadap Ignition Delay



Gambar 4.2 Pengaruh penambahan karbon aktif dan minyak kayu putih pada pembakaran *droplet* minyak jarak terhadap *ignition delay*

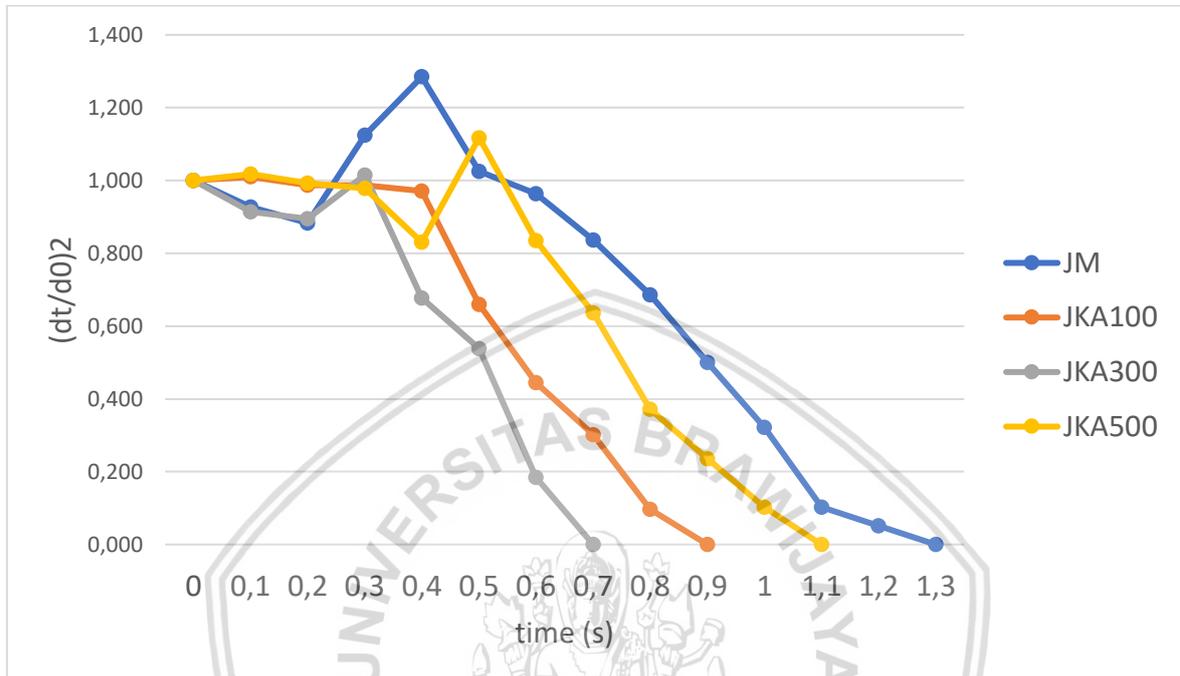
Berdasarkan gambar 4.2 Hasil grafik menunjukkan hasil campuran minyak jarak dengan karbon aktif dan minyak kayu putih pada pembakaran *droplet*. Dilihat dari grafik 4.2 *Ignition delay* yang terjadi pada proses pembakaran minyak jarak murni adalah 4,993s, JKA100 adalah 4,617s, JKA300 adalah 4,217s, JKA500 adalah 4,117s, JCM100 adalah 4,883s, JCM300 adalah 4,6s, JCM500 adalah 4,45s, JKP100 adalah 4,883s, JKP300 adalah 4,7s, JKP500 adalah 4,75s. Dari grafik menunjukkan minyak jarak murni memiliki *ignition delay* paling tinggi, dan pada penambahan 100ppm, 300ppm, dan 500ppm karbon aktif memiliki *ignition delay* yang paling rendah.

Secara umum, penambahan campuran karbon aktif dan minyak kayu putih menyebabkan *ignition delay* pembakaran jarak menurun. Hal ini sesuai dari dasar teori jika penambahan katalis dan bioaditif akan memengaruhi ikatan karbon pada minyak jarak karena dipengaruhi oleh gaya elektromagnet yang terdapat pada karbon aktif dan minyak kayu putih. Gaya elektromagnet tersebut akan memutus ikatan karbon pada minyak jarak sehingga energi aktivasi yang dibutuhkan untuk memulai pembakaran akan menurun.

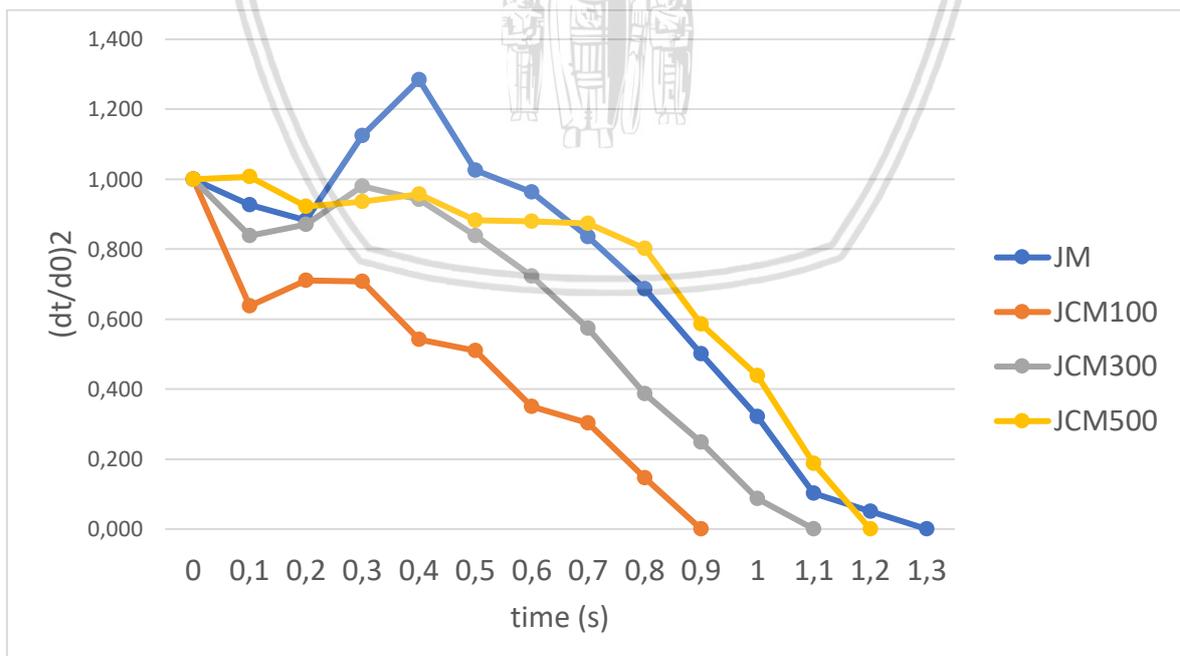
Nilai *ignition delay* yang dihasilkan oleh karbon aktif menunjukkan bahwa karbon aktif lebih efektif dalam menurunkan *ignition delay*. Hal ini terjadi karena karbon aktif lebih memberikan efek dalam menurunkan energi aktivasi pembakaran yang menyebabkan pembakaran terjadi relatif terjadi lebih cepat dikarenakan karbon aktif mempunyai lebih

banyak medan magnet yang mengganggu ikatan atom minyak jarak dibanding dengan minyak kayu putih.

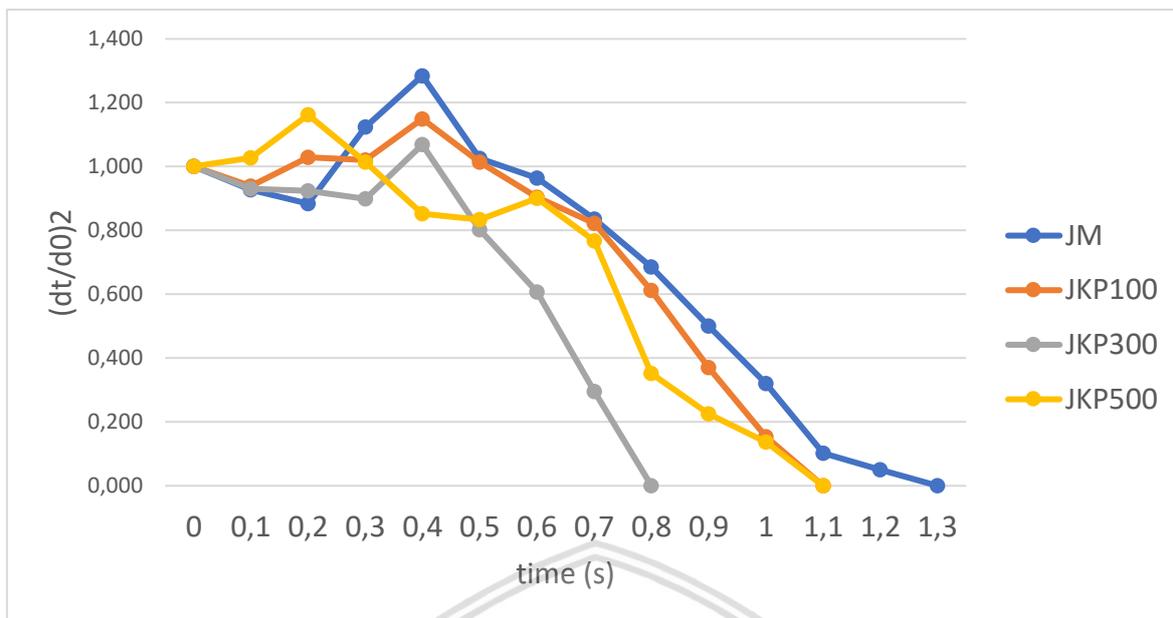
4.3.2 Pengaruh Penambahan Karbon Aktif dan Minyak Kayu Putih pada Pembakaran *Droplet* Minyak Jarak terhadap *Burning Rate*



Gambar 4.3 Pengaruh penambahan karbon aktif pada pembakaran *droplet* minyak jarak terhadap *burning rate*



Gambar 4.4 Pengaruh penambahan karbon aktif dan minyak kayu putih pada pembakaran *droplet* minyak jarak terhadap *burning rate*

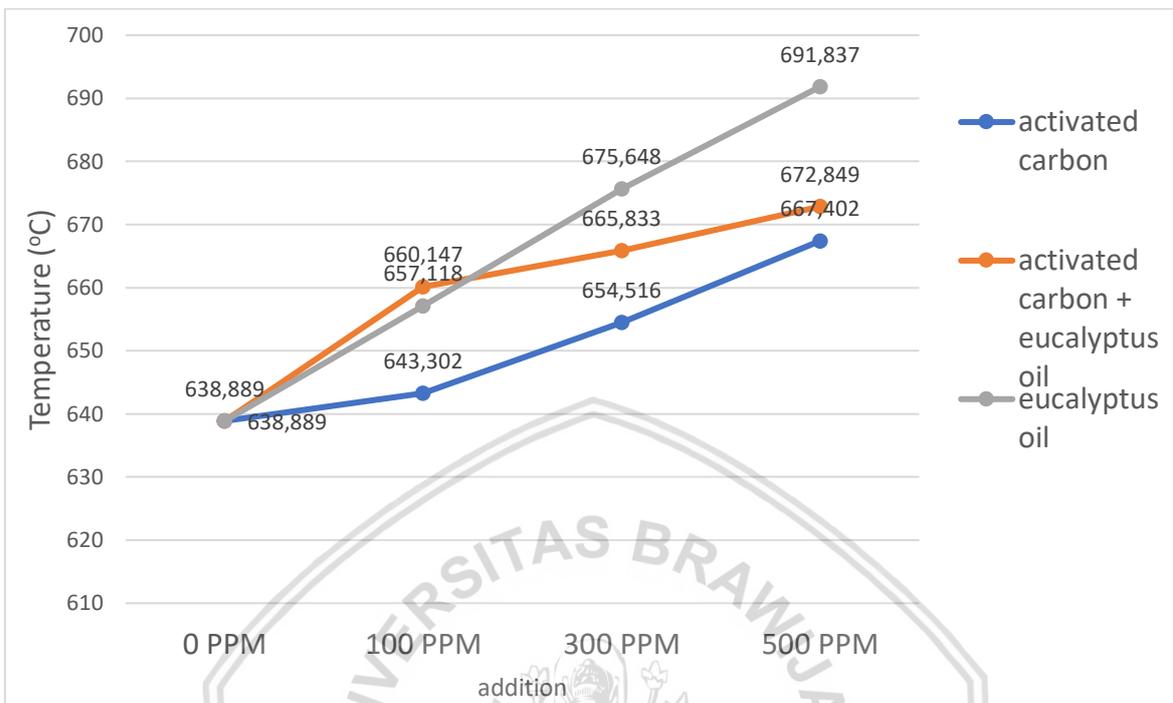


Gambar 4.5 Pengaruh penambahan minyak kayu putih pada pembakaran *droplet* minyak jarak terhadap *burning rate*

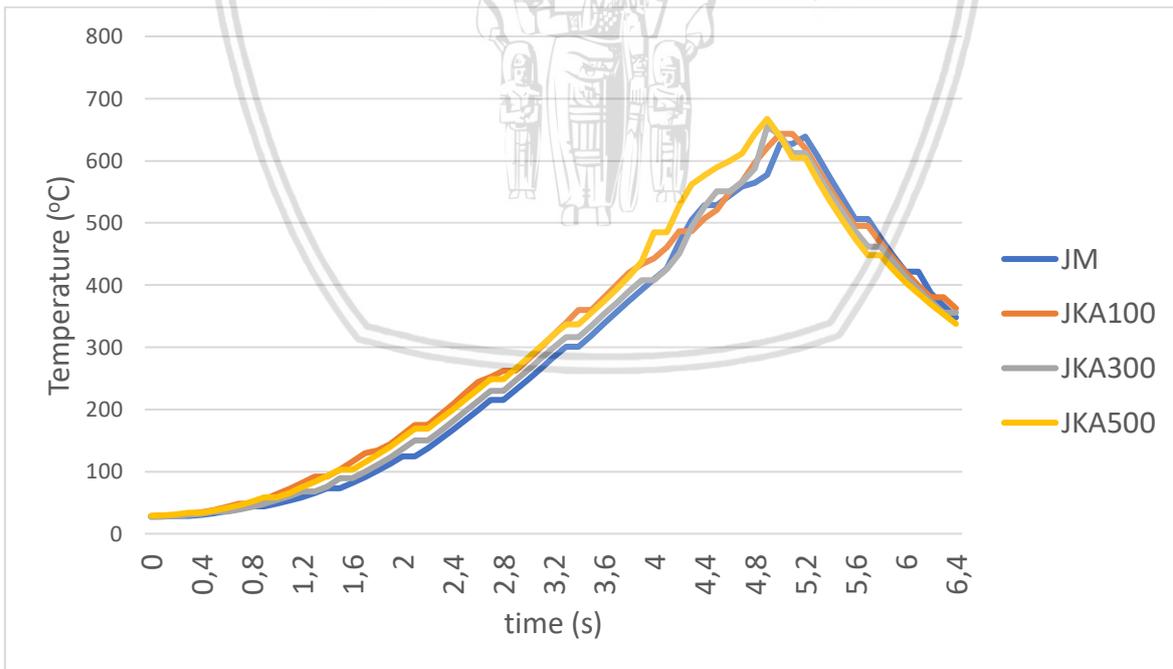
Berdasarkan hasil grafik pada gambar 4.3, 4.4, dan 4.5 menunjukkan pengaruh penambahan karbon aktif dan minyak kayu putih akan mempengaruhi nilai *burning rate* pada pembakaran *droplet* minyak jarak. Dari data di atas, *burning rate* yang dihasilkan dapat disimpulkan penambahan karbon aktif dan minyak kayu putih menyebabkan reaksi pembakaran semakin cepat. Hal tersebut sesuai dengan dasar teori penambahan katalis menurunkan energi aktivasi sehingga proses pembakaran terjadi secara cepat.

Dapat dilihat pada grafik di atas, penambahan karbon aktif menghasilkan nilai *burning rate* paling cepat. Karbon aktif menghasilkan efek pembakaran yang lebih cepat karena mempunyai gaya elektromagnet yang lebih besar dari minyak kayu putih sehingga lebih kuat mengganggu ikatan atom karbon pada minyak jarak.

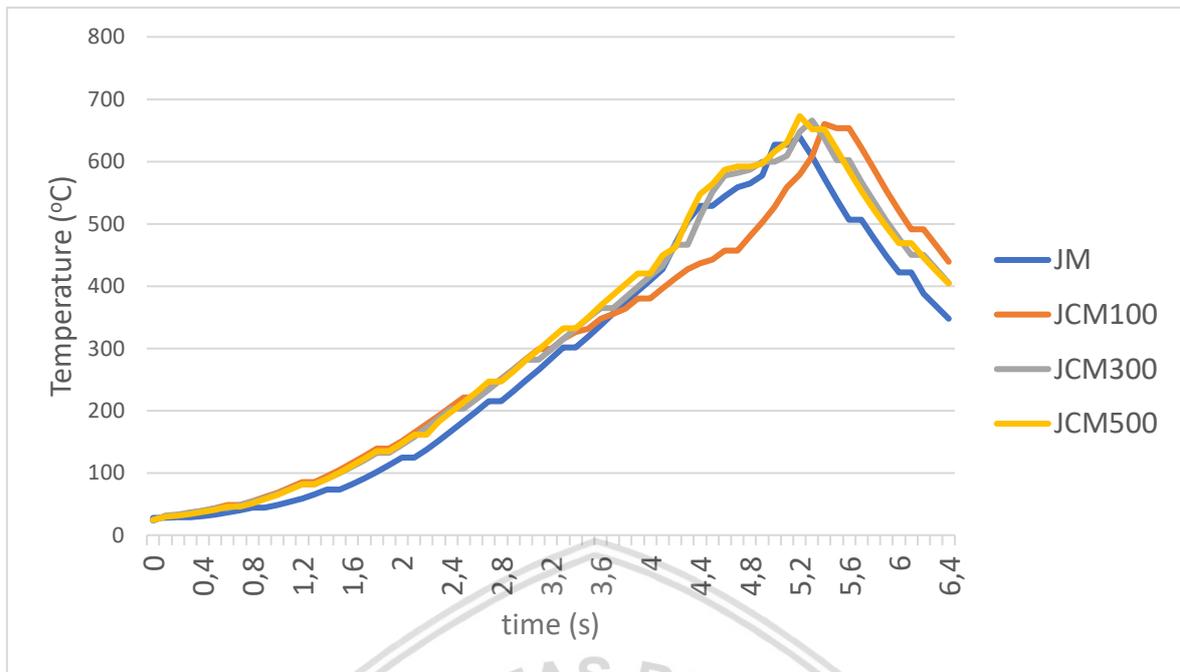
4.3.3 Pengaruh Penambahan Karbon Aktif dan Minyak Kayu Putih pada Pembakaran *Droplet* Minyak Jarak Terhadap Temperatur Api



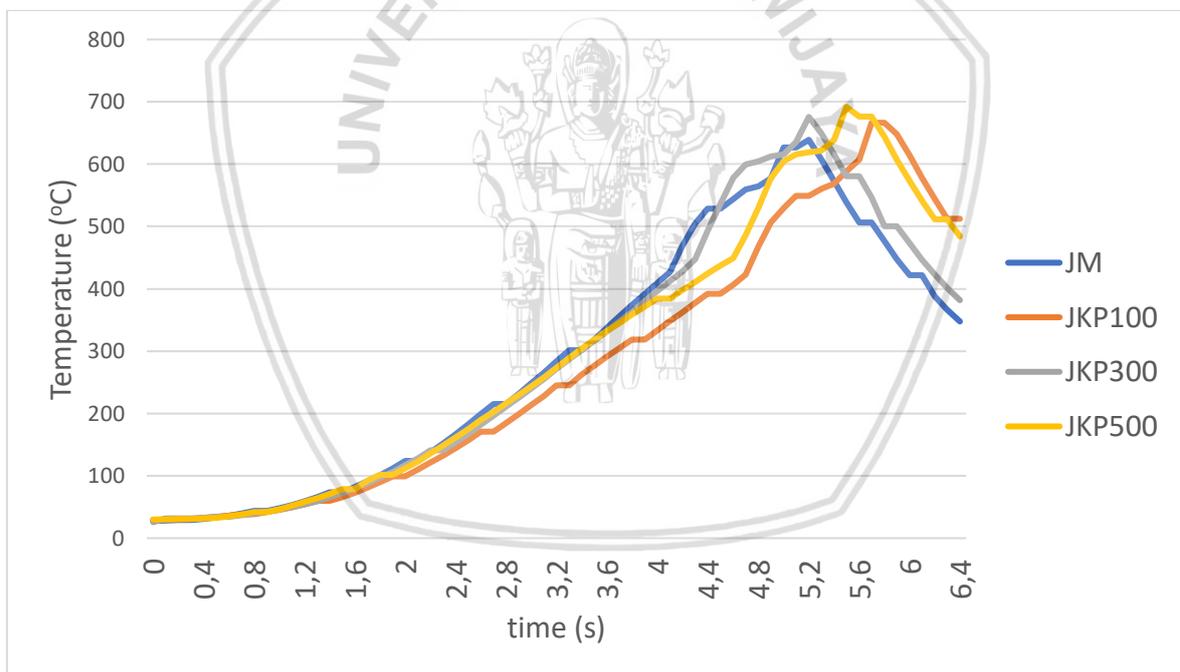
Gambar 4. 6 Pengaruh penambahan karbon aktif dan minyak kayu putih pada pembakaran *droplet* minyak jarak terhadap temperatur api



Gambar 4.7 Pengaruh penambahan karbon aktif pada pembakaran *droplet* minyak jarak terhadap temperatur api



Gambar 4.8 Pengaruh penambahan karbon aktif dan minyak kayu putih pada pembakaran *droplet* minyak jarak terhadap temperatur api



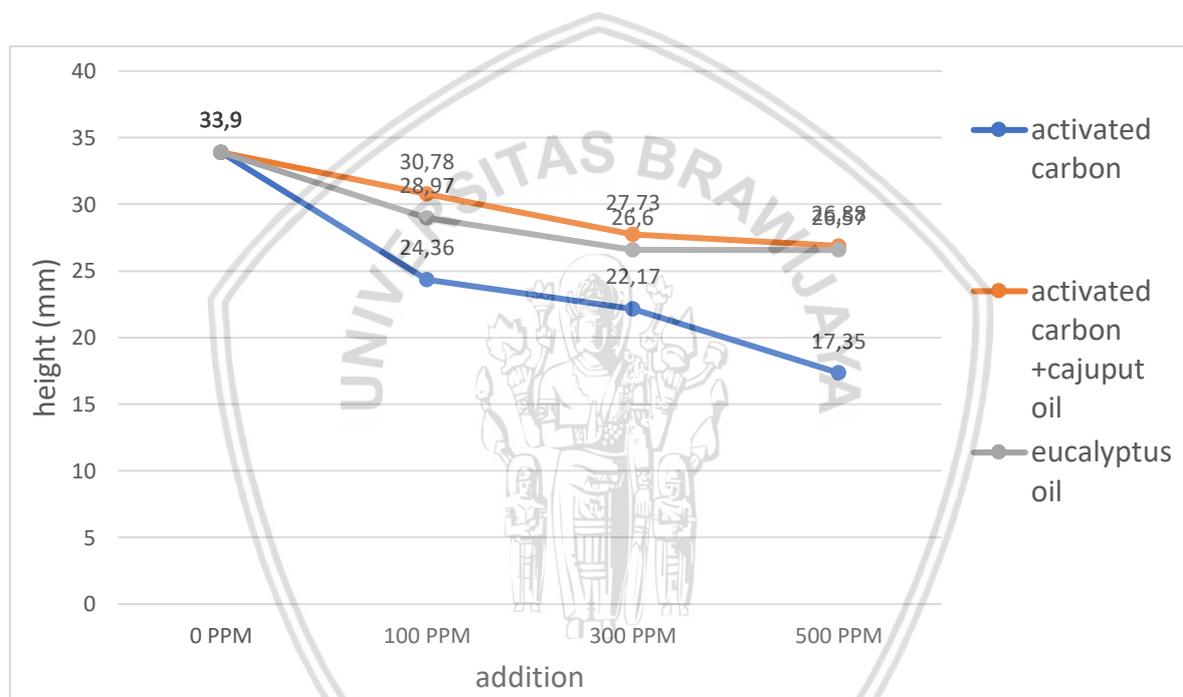
Gambar 4.9 Pengaruh penambahan minyak kayu putih pada pembakaran *droplet* minyak jarak terhadap temperatur api

Berdasarkan gambar 4.6 menunjukkan pengaruh variasi penambahan karbon aktif dan minyak kayu putih akan mempengaruhi nilai temperatur pembakaran. Pada grafik di atas didapatkan temperatur maksimal minyak jarak murni adalah 638,89 °C, JKA100 adalah 643,302 °C, JKA300 adalah 654,516 °C, JKA500 adalah 667,402 °C, JCM100 adalah 660,147 °C, JCM300 adalah 665,833 °C, JCM500 adalah 672,849 °C, JKP100 adalah 666,326 °C, JKP300 adalah 675,648 °C, JKP500 adalah 691,837 °C. Dari grafik di atas

diperoleh nilai temperatur meningkat seiring penambahan karbon aktif dan minyak kayu putih.

Temperatur yang meningkat terjadi karena penambahan karbon aktif dan minyak kayu putih membantu mempercepat terjadinya reaksi pembakaran menyebabkan tumbukan antar molekul yang bermuatan dan gerakan acak dari atom semakin cepat. Hal ini menyebabkan proses oksidasi terjadi secara cepat sehingga berdampak pada temperatur pembakaran yang meningkat.

4.3.4 Pengaruh Penambahan Karbon Aktif dan Minyak Kayu Putih pada Pembakaran Droplet Minyak Jarak Terhadap Visualisasi Tinggi Api



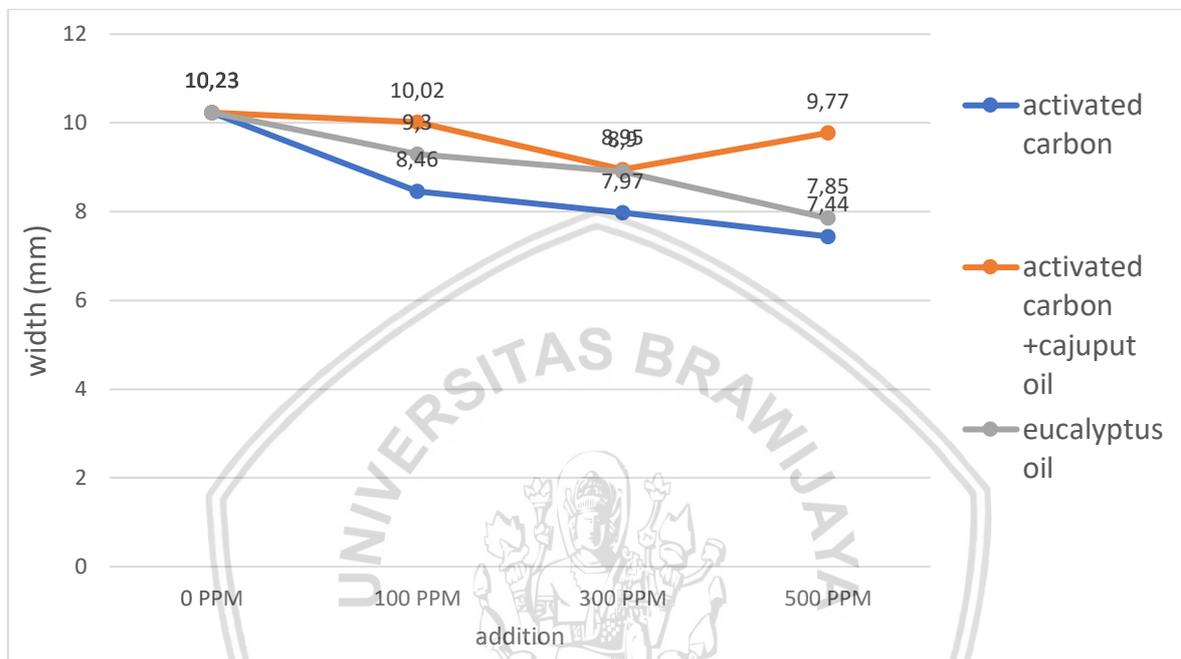
Gambar 4.10 Pengaruh penambahan karbon aktif dan minyak kayu putih pada pembakaran droplet minyak jarak terhadap tinggi api

Berdasarkan hasil grafik pada gambar 4.10 menunjukkan campuran penambahan karbon aktif dan minyak kayu putih memengaruhi tinggi api. Pada grafik di atas didapatkan hasil tinggi api jarak murni 33.9cm, JKA100 adalah 24,36cm, JKA300 adalah 22,17cm, JKA500 adalah 17,35cm, JCM100 adalah 30,78cm, JCM300 adalah 27,73cm, JCM500 adalah 26,88cm, JKP100 adalah 28,97cm, JKP300 adalah 26,6cm, JKP500 adalah 26,57cm. Secara umum peningkatan tambahan karbon aktif dan minyak kayu putih menyebabkan tinggi api mengalami penurunan, dimana campuran dengan karbon aktif menyebabkan tinggi api paling rendah dan minyak jarak murni memiliki tinggi api paling besar.

Dapat diamati dengan penambahan karbon aktif dan minyak kayu putih menyebabkan tinggi api semakin mengecil. Hal ini disebabkan oleh semakin tinggi campuran karbon aktif

dan minyak yang ditambahkan pada minyak jarak maka laju reaksi pembakarannya meningkat, karena laju reaksi pembakaran meningkat menyebabkan nyala api yang dihasilkan lebih singkat sehingga api belum sempat meninggi kemudian mati.

4.3.5 Pengaruh Penambahan Karbon Aktif dan Minyak Kayu Putih pada Pembakaran Droplet Minyak Jarak Terhadap Visualisasi Lebar Api

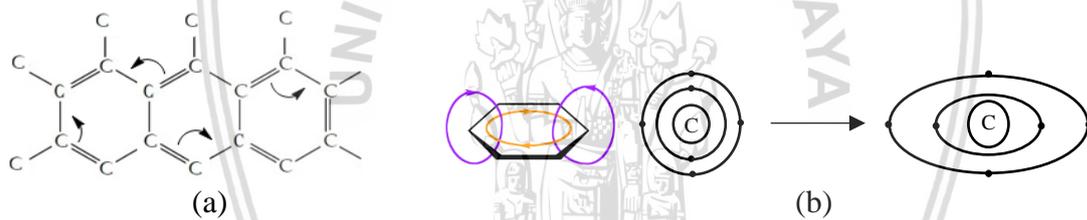


Gambar 4.11 Pengaruh penambahan karbon aktif dan minyak kayu putih pada pembakaran droplet minyak jarak terhadap lebar api

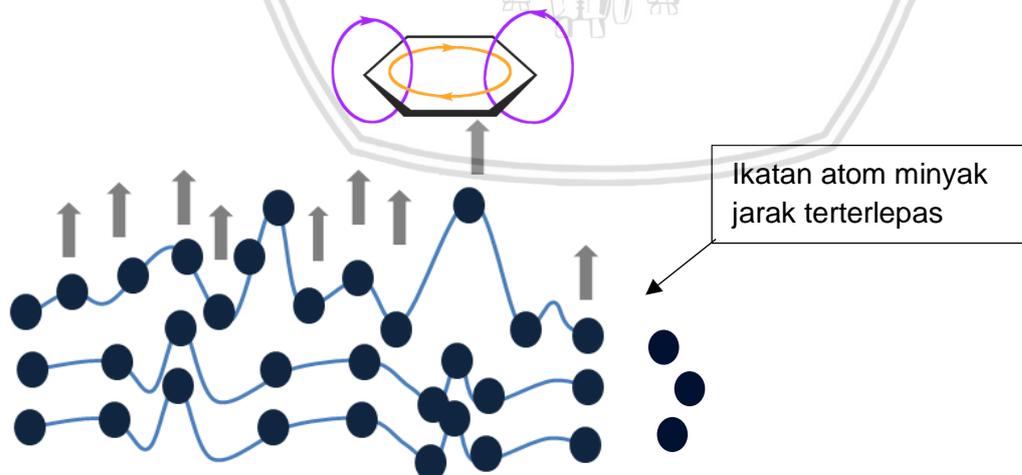
Berdasarkan hasil grafik pada gambar 4.11 menunjukkan campuran penambahan karbon aktif dan minyak kayu putih memengaruhi lebar api. Pada grafik di atas didapatkan hasil tinggi api jarak murni 10,23cm, JKA100 adalah 8,46cm, JKA300 adalah 7,97cm, JKA500 adalah 7,44cm, JCM100 adalah 10,02cm, JCM300 adalah 8,95cm, JCM500 adalah 9,77cm, JKP100 adalah 9,3cm, JKP300 adalah 8,9cm, JKP500 adalah 7,85cm. Secara umum peningkatan tambahan karbon aktif dan minyak kayu putih menyebabkan lebar api mengalami penurunan, dimana campuran dengan karbon aktif menyebabkan lebar api paling rendah dan minyak jarak murni memiliki lebar api paling besar.

Dapat diamati dengan penambahan karbon aktif dan minyak kayu putih menyebabkan lebar api semakin mengecil. Hal ini disebabkan oleh semakin tinggi campuran karbon aktif dan minyak yang ditambahkan pada minyak jarak maka laju reaksi pembakarannya meningkat, karena laju reaksi pembakaran meningkat menyebabkan nyala api yang dihasilkan lebih singkat sehingga api belum sempat membesar kemudian mati.

Seiring dengan penambahan katalis karbon aktif dan minyak kayu putih pada pembakaran minyak jarak efektif memengaruhi karakteristik pembakaran. Penambahan karbon aktif dan minyak kayu putih dapat menurunkan *ignition delay*, *burning rate*, meningkatkan temperatur pembakaran, dan menurunkan dimensi nyala api. Penambahan karbon aktif dan minyak kayu putih dapat memengaruhi karakteristik pembakaran karena pada karbon aktif dan minyak kayu putih terjadi resonansi lompatan elektron, resonansi tersebut menimbulkan gaya elektromagnet yang dapat memutus ikatan rantai karbon pada minyak jarak sehingga dapat menurunkan energi aktivasi minyak jarak untuk memulai pembakaran. Energi aktivasi yang turun tersebut menyebabkan waktu awal terjadinya pembakaran lebih cepat sehingga *ignition delay* pada minyak jarak menurun. Pembakaran yang singkat tersebut terjadi karena kemampuan katalis dapat mempercepat reaksi sehingga tumbukan antar molekul dan gerakan acak atom semakin meningkat. Hal tersebut menyebabkan proses oksidasi lebih cepat sehingga berdampak pada kenaikan temperatur. Laju reaksi pembakaran yang terjadi lebih singkat tersebut menyebabkan api cepat mati dan dimensi api tidak sempat membesar.

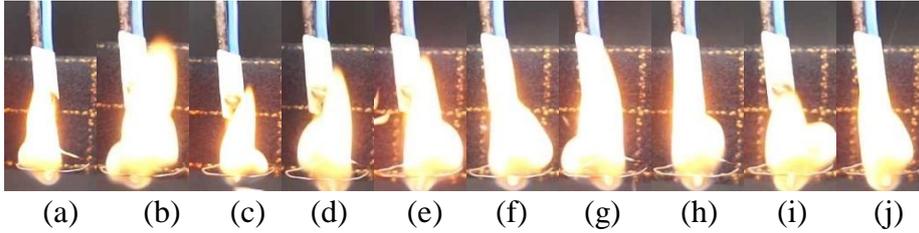


Gambar 4.12 (a) ilustrasi resonansi elektron (b) terganggunya elektron karbon minyak jarak



Gambar 4.13 ilustrasi pengaruh elektromagnet terhadap ikatan minyak jarak

Gaya elektromagnet pada karbon aktif yang ditimbulkan lebih besar dari pada minyak kayu putih karena gaya elektromagnet karbon aktif yang ditimbulkan lebih besar pada strukturnya yang mengganggu ikatan atom minyak jarak daripada minyak kayu putih.



Gambar 4.14 *Microexplosion*

Pada gambar 4.14 diambil data gambar dari *microexplosion droplet* minyak jarak pada setiap konsentrasi penambahan. Dapat diamati dalam gambar bahwa dalam beberapa konsentrasi terjadi *microexplosion* yang menyebabkan perubahan dimensi api yang membuat api tidak stabil pembakarannya. *Microexplosion* terjadi dikarenakan perbedaan kecepatan pada titik-titik reaksi pada area *droplet*. Terjadinya *microexplosion* akibat perbedaan *boiling point* antara penyusun minyak jarak. Penyusun minyak jarak telah habis terbakar dan yang tersisa yaitu gliserol. Gliserol menurut Wardana (2008) akan terbakar pada akhir pembakaran dikarenakan memiliki titik nyala api lebih tinggi dibandingkan penyusun lainnya.



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari analisa dan pembahasan data penelitian mengenai pengaruh penambahan karbon aktif dan minyak kayu putih terhadap karakteristik pembakaran *droplet* minyak jarak dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Penambahan katalis karbon aktif dan bioaditif minyak kayu putih mempengaruhi karakteristik pembakaran *droplet* minyak jarak. Penambahan katalis karbon aktif dan bioaditif minyak kayu putih dapat menurunkan nilai *ignition delay*, *burning rate*, dimensi api, dan menaikkan temperatur pembakaran.
2. Karbon aktif lebih efektif dalam mempengaruhi *ignition delay*, *burning rate*, dimensi api, dan menaikkan temperatur pembakaran *droplet* minyak jarak dibanding dengan minyak kayu putih dan campuran karbon aktif dan minyak kayu putih.

5.2 Saran

1. Untuk penelitian *droplet* selanjutnya dapat digunakan kamera yang mempunyai fps lebih besar agar perekaman visualisasi nyala api dapat terekam dengan lebih jelas.
2. Untuk penelitian selanjutnya digunakan katalis pembanding lain yang tersedia di alam dan dengan harga yang relatif lebih murah.
3. Untuk penelitian karakteristik pembakaran selanjutnya dengan menggunakan katalis agar ditingkatkan konsentrasinya sehingga bisa ditentukan tingkat maksimal dari suatu katalis dalam mempengaruhi karakteristik pembakaran *premix* maupun difusi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aldy. (2017). *Pengaruh Penambahan Karbon Aktif dengan Bahan Dasar Sekam Padi dan Batok Kelapa pada Pembakaran Droplet Minyak Jarak Pagar*. Skripsi. Tidak dipublikasikan. Malang: Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Bristish Petroleum. (2017). *BP Statistical Review of World Energy June 2017*. London: Bristish Petroleum
- Kadarohman, Asep. (2009). *Eksplorasi Minyak Atsiri sebagai Bioaditif Bahan Bakar Solar*. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia
- Konstantin,S., Zan, R., Ramasse, Q., Bangert, U. (2012). *Mesoscale and Nanoscale Physics*. Manchester: The University of Manchester. Daresbury: STFC Daresbury Campus. hlm. 3936-3940.
- Mishra, D. P. (2014). *Droplet Combustion Processes*. <http://vcal-iitk.vlabs.ac.in/theory8.html>. (diakses 9 Maret 2018).
- Najibullah, Walid. (2017). *Pengaruh Penambahan Bahan Bakar Minyak Jarak (Jatropha Oil) dan Bioaditif terhadap Performa dan Emisi Gas Buang pada Mesin Diesel*. Malang: Universitas Islam Malang.
- Nanlohy, Hendry Y. (2017). *Karakteristik Pembakaran Droplet Minyak Jarak dengan Menggunakan Katalis Pembakaran Homogen*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Nanomizer Inc. (2012). *Nano-Emulsion Fuel Technology*. http://www.nanomizer.co.jp/English/E_environmental_energy/E_NEMF_tec.html. (diakses 10 Maret 2018).
- Nugraheni, Novi Tri. (2014). *Eksperimen Franck Hertz*. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Quintere, J.G. (1998). *Principles of Fire Behavior*. New York: Delmar.
- Santoso, Bambang B. (2008) *Potensi Hasil Jarak Pagar (Jatropha curcas L.) pada Satu Tahun Budidaya di Lahan Kering Lombok Barat, Nusa Tenggara Barat*. Bogor: Institut Pertanian Bogor
- Subagyo, Amir. (2015). *Cuaca Panas Berpengaruh Terhadap Terjadinya Kebakaran di Perumahan Padat Penduduk*. Semarang: Politeknik Negeri Semarang.
- Sudibandriyo (2013). *Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Baku Ampas Tebu dengan Aktivasi Kalium*. Skripsi. Tidak dipublikasikan. Jakarta: Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Wardana, I.N.G. (2008). *Bahan Bakar dan Teknologi Pembakaran*. Malang: PT. Danar Wijaya-Brawijaya University Press.

Wijayanti, F. E. (2008). *Pemanfaatan Minyak Jelantah Sebagai Sumber Bahan Baku Produksi Metil Ester*. Jakarta: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia.

