

**PERBANDINGAN PENGARUH KARBON AKTIF DAN MINYAK
CENGKEH TERHADAP KARAKTERISTIK PEMBAKARAN
DROPLET DENGAN BAHAN BAKAR MINYAK JARAK**

SKRIPSI

TEKNIK MESIN KONSENTRASI KONVERSI ENERGI

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



DELLA PUTRI AYU ROHMAH
NIM. 145060201111043

UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2018



LEMBAR PENGESAHAN

**PERBANDINGAN PENGARUH KARBON AKTIF DAN MINYAK
CENGKEH TERHADAP KARAKTERISTIK PEMBAKARAN
DROPLET DENGAN BAHAN BAKAR MINYAK JARAK**

**SKRIPSI
TEKNIK MESIN KONSENTRASI KONVERSI ENERGI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**DELLA PUTRI AYU ROHMAH
NIM. 145060201111043**

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 16 Juli 2018

Dosen Pembimbing I

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

Dosen Pembimbing II

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

JUDUL SKRIPSI:

PERBANDINGAN PENGARUH KARBON AKTIF DAN MINYAK CENGKEH TERHADAP KARAKTERISIK PEMBAKARAN *DROPLET* DENGAN BAHAN BAKAR MINYAK JARAK

Nama Mahasiswa : Della Putri Ayu Rohmah

NIM : 145060201111043

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

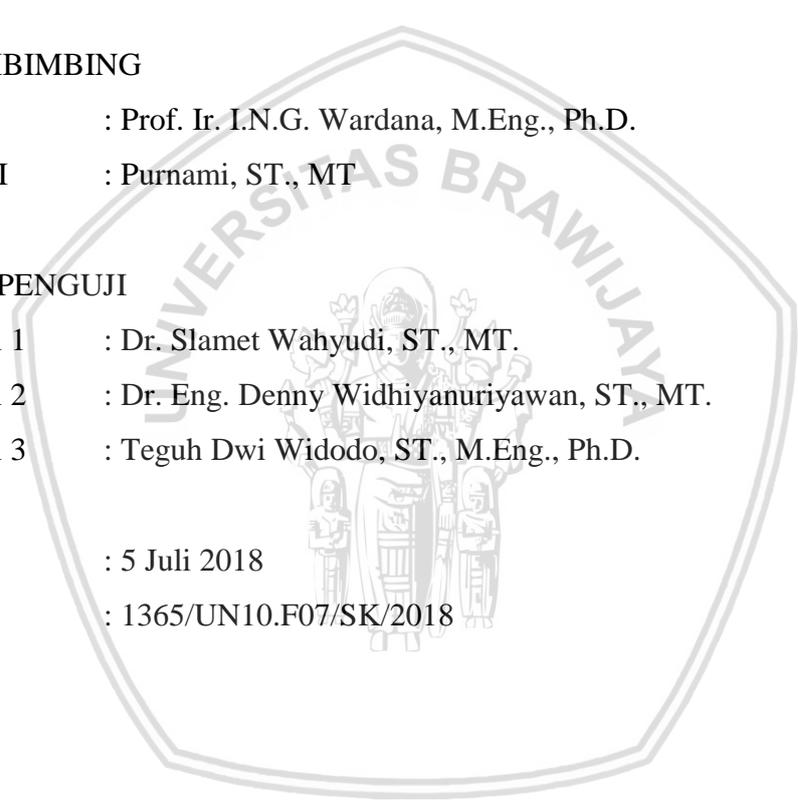
Dosen Penguji 1 : Dr. Slamet Wahyudi, ST., MT.

Dosen Penguji 2 : Dr. Eng. Denny Widhiyanuriyawan, ST., MT.

Dosen Penguji 3 : Teguh Dwi Widodo, ST., M.Eng., Ph.D.

Tanggal Ujian : 5 Juli 2018

SK Penguji : 1365/UN10.F07/SK/2018



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, 16 Juli 2018

Mahasiswa,



Della Putri Ayu Rohmah
NIM. 145060201111043

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



RIWAYAT HIDUP

Della Putri Ayu Rohmah, Tulungagung, 4 September 1996 anak dari Ayah Sumaryono dan Ibu Semiati,

SD sampai SMA di Tulungagung lulus SMA tahun 2014, lulus program sarjana Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya tahun 2014. Pengalaman kerja sebagai asisten laboratorium di Laboratorium Otomasi Manufaktur Fakultas Teknik Universitas Brawijaya tahun 2017 hingga 2018. Anggota Divisi Otomasi dan Robotika tahun 2016 hingga 2018. Juara 3 IARC di ITS Surabaya tahun 2016. Juara 4 Lomba KMHE kategori urban listrik di Yogyakarta tahun 2016. Juara 1 Lomba KMHE kategori *ptototype* listrik di Surabaya tahun 2017



Malang, Juli 2018

Penulis

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur Penulis panjatkan kepada Allah SWT karena atas rahmat dan hidayah-Nya Penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi ini dengan tepat waktu dan baik. Laporan skripsi ini berjudul “Perbandingan pengaruh karbon aktif dan minyak cengkeh terhadap reaksi pembakaran *droplet* dengan bahan bakar minyak jarak”.

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 Sumaryono, Ibu Semiati, mbah uti tercinta serta keluarga besar yang telah memberikan do'a dan dukungan moral maupun materiil
2. Bapak Prof. Ir. I.N.G. Wardana, M.Eng., Ph.D. selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan waktu, bimbingan, motivasi, serta ilmu dalam penyusunan skripsi ini
3. Bapak Purnami, ST., MT. selaku dosen pembimbing II memberi waktu, saran, ilmu, dan motivasi dalam penyusunan skripsi ini
4. Bapak Ir. Djarot B. Darmadi, MT., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya
5. Bapak Teguh Dwi Widodo, ST., M.Eng. Ph.D. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya
6. Bapak Dr. Eng. Mega Nur Sasongko, ST., MT. selaku Ketua Program Studi S1 Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya
7. Ibu Dr. Eng. Widya Wijayanti, ST., MT. selaku Ketua Kelompok Konsentrasi Konversi Energi
8. Bapak Prof. Dr. Ir. Rudy Soenoko, M.Eng.Sc. selaku dosen pembimbing akademik yang banyak membantu dan memberi saran selama proses perkuliahan
9. Seluruh dosen jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya yang telah memberi ilmu selama perkuliahan
10. Akhmad Fandi Fahrizal yang selalu ada disaat apapun, terimakasih kurang lebih 2 tahunnya yang istimewa selama penulis berada di Malang ini.

11. Laboratorium Otomasi Manufaktur Teknik Mesin UB yang telah memberikan tempat untuk melakukan penelitian dan penulisan laporan skripsi ini
12. Teman – teman kelompok skripsi: Dwik, Mbak Nella, dan Enrico.
13. Teman-teman asisten Laboratorium Otomasi Manufaktur Teknik Mesin Universitas Brawijaya : Dwik, Ghani, Azlan, Ray, Firman, Azzam, Kusdi dan Adit.
14. Teman-teman Apatte 62 Brawijaya : Tiara, Dana, Aong, Rohfi, Tri, Dhio, Imam, Harish, Obi, Andhika, Ikram, Viki dan yang lainnya yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu.
15. Teman-teman kos Bunga Andong tersayang : Pipit, Khaleda, Irva, Jijah, Viega, Nia dan Mbak Deby
16. Lava Girls tersayang : Tiara, Resza, Tary, Adinda, Vinda, Mea, Ira, Pipit, Putri, Yosephine, dan Efrida
17. Mesin 2014 (MAF14) yang selalu memberi dukungan dan bantuan baik moral maupun waktunya.
18. Dan seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian dan penyusunan laporan skripsi.

Penulis menyadari bahwa 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, baik bagi penulis, teman-teman, dosen dan juga bagi perkembangan keilmuan Teknik Mesin Universitas Brawijaya.

Malang, Juni 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	viii
RINGKASAN	ix
SUMMARY	x
BAB I PENDAHULUAN	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 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Sebelumnya	5
2.2 Minyak Nabati	6
2.2.1 Minyak Jarak	7
2.3 Pembakaran	8
2.3.1 Pembakaran <i>Droplet</i>	11
2.3.2 Karakteristik Pembakaran	12
2.4 <i>Microexplosion</i>	13
2.5 Teori Tumbukan	14
2.6 Keelektronegatifan	15
2.7 Minyak Atsiri	15
2.7.1 Minyak Cengkeh	16
2.8 Katalis	18
2.8.1 Karbon Aktif	19
2.9 Konsep Penelitian	21
2.9.1 Karbon Aktif	21
2.9.2 Minyak Cengkeh	23

2.8 Hipotesa	25
BAB III METODE PENELITIAN.....	27
3.1 Metode Penelitian.....	27
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	27
3.3 Variabel Penelitian	27
3.4 Alat dan Bahan.....	28
3.4.1 Alat yang Digunakan	28
3.4.2 Bahan-bahan Penelitian	32
3.5 Skema Instalasi Alat Penelitian	32
3.6 Prosedur Pengambilan Data	33
3.7 Diagram Alir Penelitian	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1 Hasil Penelitian	37
4.1.1 Diameter <i>Droplet</i>	37
4.1.2 Tabel Data Hasil Penelitian.....	39
4.2 Analisa dan Pembahasan	39
4.2.1 Pengaruh Variasi Penambahan Minyak Cengkeh dan Karbon Aktif terhadap Temperatur Reaksi Pembakaran <i>Droplet</i> Minyak Jarak.....	40
4.2.2 Pengaruh Variasi Penambahan Minyak Cengkeh dan Karbon Aktif terhadap <i>Ignition Delay</i> Pembakaran <i>Droplet</i> Minyak Jarak	41
4.2.3 Pengaruh Variasi Penambahan Minyak Cengkeh dan Karbon Aktif terhadap <i>Burning Rate</i> Pembakaran <i>Droplet</i> Minyak Jarak.....	42
4.2.4 Pengaruh Variasi Penambahan Minyak Cengkeh dan Karbon Aktif terhadap Visualisasi Api Pembakaran <i>Droplet</i> Minyak Jarak.....	44
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	47
5.1 Kesimpulan	47
5.2 Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Komposisi asam lemak minyak jarak	7
Tabel 2.2	Sifat fisika minyak jarak dan minyak nabati lainnya	8
Tabel 2.3	Energi dan Jarak Ikatan	10
Tabel 2.4	Properties minyak cengkeh	17
Tabel 2.5	Komposisi kimia bunga dan gagang cengkeh	18
Tabel 4.1	Data diameter <i>droplet</i> minyak jarak	38
Tabel 4.2	Data <i>burning life</i> hasil pembakaran <i>droplet</i>	39



DAFTAR GAMBAR

No. Gambar	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Pengaruh Penambahan Campuran Minyak Cengkeh terhadap Laju Konsumsi Bahan Bakar	6
Gambar 2.2	Susunan Ikatan Molekul <i>Triglyceride</i>	6
Gambar 2.3	Struktur Kimia Minyak Jarak	8
Gambar 2.4	Ilustrasi Proses Pembakaran	9
Gambar 2.5	Pemodelan Api Difusi pada Pembakaran <i>Droplet</i>	11
Gambar 2.6	Pemodelan Nyala Api <i>Droplet</i>	12
Gambar 2.7	Skema Tahapan <i>Microexplosion</i>	14
Gambar 2.8	Tabel Periodik Keelektronegatifan Atom – atom.....	15
Gambar 2.9	Pemodelan Struktur Kimia dari Bahan Bakar Diesel dengan Campuran Zat Aditif	16
Gambar 2.10	Struktur Eugenol.....	17
Gambar 2.11	Struktur Kimia Karbon	19
Gambar 2.12	Struktur Karbon Aktif yang Tersusun dari <i>Graphene</i> yang Bertumpuk	20
Gambar 2.13	Struktur Kimia dari <i>Graphene</i>	20
Gambar 2.14	Ilustrasi Perpindahan Ikatan Rangkap pada Karbon Aktif yang Terus Menerus	21
Gambar 2.15	Ilustrasi Kerja <i>Graphene</i> terhadap Asam Lemak menjadi <i>Graphane</i>	22
Gambar 2.16	Ilustrasi Resonansi Minyak Cengkeh	23
Gambar 2.17	Eugenol.....	24
Gambar 2.18	Proses Reaksi Minyak Jarak dan Oksigen	24
Gambar 3.1	Pembuat <i>Droplet</i>	28
Gambar 3.2	Transformator	29
Gambar 3.3	<i>Thermocouple</i>	29
Gambar 3.4	Elemen Pemanas	30
Gambar 3.5	<i>Data Logger</i>	30
Gambar 3.6	Kamera.....	31
Gambar 3.7	Gelas Ukur	31
Gambar 3.8	Skema Instalasi Alat Penelitian	32
Gambar 4.1	Perbandingan Pengaruh Variasi Penambahan Minyak Cengkeh dan Karbon Aktif terhadap Temperatur Pembakaran <i>Droplet</i> Minyak Jarak	40

Gambar 4.2 Perbandingan Pengaruh Variasi Penambahan Minyak Cengkeh dan Karbon Aktif terhadap *Ignition Delay* Pembakaran *Droplet* Minyak Jarak 41

Gambar 4.3 Pengaruh Penambahan Minyak Cengkeh pada Pembakaran *Droplet* Minyak Jarak 42

Gambar 4.4 Pengaruh Penambahan Karbon Aktif pada Pembakaran *Droplet* Minyak Jarak 42

Gambar 4.5 Pengaruh Penambahan Minyak Cengkeh dan Karbon Aktif pada Pembakaran *Droplet* Minyak Jarak..... 43

Gambar 4.6 Pengaruh Variasi Penambahan Minyak Cengkeh dan Karbon Aktif terhadap Tinggi Api Pembakaran *Droplet* Minyak Jarak 44

Gambar 4.7 Pengaruh Variasi Penambahan Minyak Cengkeh dan Karbon Aktif terhadap Lebar Api Pembakaran *Droplet* Minyak Jarak 44

Gambar 4.8 Ilustrasi Cara Kerja Minyak Cengkeh dalam Mempengaruhi Reaksi Pembakaran Minyak Jarak 45

Gambar 4.9 Ilustrasi Cara Kerja Karbon Aktif dalam Mempengaruhi Reaksi Pembakaran Minyak Jarak..... 46



DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul
Lampiran 1	Tabel data <i>ignition delay</i> hasil pembakaran <i>droplet</i>
Lampiran 2	Tabel data dimensi tinggi hasil pembakaran <i>droplet</i>
Lampiran 3	Tabel data dimensi lebar hasil pembakaran <i>droplet</i>
Lampiran 4	Visualisasi Nyala Api
Lampiran 5	Contoh Perhitungan Temperatur Api



RINGKASAN

Della Putri Ayu Rohmah, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Juni 2018, Perbandingan Pengaruh Karbon Aktif dan Minyak Cengkeh Terhadap Reaksi Pembakaran *Droplet* dengan Bahan Bakar Minyak Jarak. Dosen Pembimbing: Prof. Ir. I.N.G Wardana, M.Eng., Ph.D. dan Purnami, ST., MT.

Minyak jarak merupakan bahan bakar alternatif *biodiesel* untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil. Penggunaan minyak jarak sebagai bahan bakar alternatif bertujuan untuk menanggulangi kelangkaan bahan bakar minyak yang sering terjadi di Indonesia. Untuk mereaksikan minyak nabati cukup sulit karena memiliki ikatan rantai yang panjang, sehingga diperlukan zat untuk mempercepat laju reaksi dengan menambahkan katalis. Pada penelitian ini karbon aktif batok kelapa dan minyak cengkeh masing-masing ditambahkan sebagai zat untuk memutus rantai pada trigliserida agar dapat mempercepat laju reaksi. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan kadar karbon aktif batok kelapa dan minyak cengkeh terhadap reaksi pembakaran *droplet* minyak jarak dan membandingkan katalis mana yang lebih efektif untuk digunakan dalam penambahannya ke minyak jarak. Kadar karbon aktif dan minyak cengkeh yang ditambahkan pada penelitian ini yaitu sebesar 0ppm, 100ppm, 200ppm, 300ppm, dan 400ppm terhadap massa minyak jarak. Berdasarkan data hasil dari penelitian penambahan karbon aktif batok kelapa dan minyak cengkeh menurunkan *ignition delay*, dimensi api, dan temperatur pembakaran. Nilai *burning rate* semakin besar karena reaksi pembakaran semakin cepat.

Kata kunci: Pembakaran *Droplet*, Minyak Jarak, Karbon Aktif, Minyak Cengkeh, Reaksi Pembakaran.

SUMMARY

Della Putri Ayu Rohmah, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, June 2018, *Comparison of Effect of Activated Carbon and Clove Oil on Droplet Combustion Reaction with Jatropha Oil as Fuel*. Supervisor: Prof. Ir. I.N.G Wardana, M.Eng., Ph.D. and Purnami, ST., MT

In order to cope with fossil fuel dependant, jatropha oil can be one of the biodiesel fuel alternatives. The use of jatropha oil as an alternative fuel aims to tackle the scarcity of fuel oil that often occurs in Indonesia. However, vegetable oil is rather difficult to react because of its lengthy structure, therefore, it needs particular substances with adding catalys to fasten the reaction processes. This research investigated the coconut shell active carbon and clove oil addition to cut the tryglyceride chain in order to fasten the reaction rate. The research objectives are to find out the influence of coconut shell active carbon and clove oil addition toward the reaction of droplet combustion with jatropha oil, and then to compare which of the substances is more effective to add to clove oil. The amount of active carbon and clove oil added was 0ppm, 100ppm, 200ppm, 300ppm, and 400ppm according to the jatropha oil mass. According to the research result, coconut shell active carbon and clove oil addition lowers the ignition delay, flame dimention and combustion temperature. The burning rate are higher as the combustion reaction is fastened.

Key words: *Droplet Combustion, Jatropha Oil, Active Carbon, Clove Oil, Combustion Reaction.*

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Negara-negara berkembang mendominasi pertumbuhan konsumsi energi global saat ini, tak terkecuali Indonesia. Disisi lain, saat ini Indonesia menghadapi masalah penurunan cadangan energi fosil dan masih belum dapat diimbangi dengan penemuan cadangan energi fosil yang baru. Sedangkan keterbatasan fasilitas energi di Indonesia mengakibatkan terbatasnya akses masyarakat terhadap energi. Kondisi ini menyebabkan energi di Indonesia rentan terhadap gangguan yang bisa terjadi di masa yang akan datang. Setiap tahunnya konsumsi energi di Indonesia meningkat rata-rata sebesar 3,46% (*Outlook Energi Indonesia*, 2015), namun ketersediaan energi di Indonesia semakin menipis. Hal ini menyebabkan pemerintah harus berfikir untuk mencegah terjadinya kelangkaan energi. Salah satu upaya yang dapat dilakukan yaitu dengan mencari sumber energi pengganti lain dari bahan yang mudah dicari di alam dan dapat diproduksi dalam waktu yang cepat.

Indonesia sebagai negara tropis memiliki kekayaan alam berupa tumbuhan. Tumbuhan tersebut dapat kita manfaatkan sebagai pengganti minyak bumi di masa yang akan datang. Minyak nabati merupakan minyak yang diekstrak dari tumbuhan. Minyak ini memiliki karakteristik yang bisa dimanfaatkan sebagai bahan bakar pengganti minyak bumi. Dalam memenuhi kebutuhan yang akan datang, minyak nabati sangat potensial karena lebih terbarukan dari pada minyak bumi. Saat ini minyak nabati sudah mulai banyak diteliti untuk mengganti bahan bakar minyak bumi yang cadangannya mulai menipis dan ketergantungan kita akan impor, contohnya: minyak biji jarak, minyak biji bunga matahari, minyak kedelai, minyak kelapa, minyak kelapa sawit, minyak biji jagung, dan lain-lainnya. Pohon jarak bisa ditanam di hampir semua wilayah Indonesia, maka minyak jarak sangat membantu membangkitkan energi listrik daerah terpencil dan minyak ini bisa diproduksi sendiri oleh komunitas yang membutuhkan listrik (Manurung, 2005).

Minyak jarak merupakan salah satu tanaman alternatif pengganti minyak bumi. Potensi minyak jarak mudah didapatkan di Indonesia. Apalagi tanaman jarak mudah beradaptasi dan tumbuh dengan baik. Kandungan minyak pada jarak 30-50%, memungkinkan tanaman jarak pagar memiliki prospek yang baik untuk dikembangkan menjadi pengganti bahan bakar minyak bumi. Pada jarak, kandungan minyak terbesar terdapat pada bijinya (biji tanpa cangkang) yang dapat mencapai 45-60%. Selain ini pada minyak jarak tergantung racun yang mengakibatkan minyak ini tidak termasuk minyak untuk konsumsi. (Ketaren, 1986)

Untuk meningkatkan efisiensi pembakaran dapat dilakukan melalui peningkatan reaktivitas bahan bakar maupun dalam penyediaan oksigen secara internal. Campuran bahan bakar yang banyak diteliti belakangan ini untuk penambahan efisiensi bahan bakar yaitu minyak atsiri. Minyak atsiri sangat berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai campuran bahan bakar ditinjau dari struktur senyawa penyusun dan ketersediaan oksigen yang besar (Kadarohman, 2009).

Menurut hasil penelitian Kadarohman (2010), minyak cengkeh memiliki potensi untuk dijadikan campuran bahan bakar paling tinggi pada solar dalam menurunkan laju konsumsi bahan bakar bila dibandingkan dengan minyak terpentin, minyak sereh, minyak pala, dan minyak kayu putih. Komposisi optimum pada penambahan minyak cengkeh yaitu sebesar 0.6% dan dapat menurunkan laju konsumsi bahan bakar hingga 251,91 mL/jam. Namun komposisi minyak cengkeh yang digunakan hanya dibawah 1%, untuk itu perlu dilakukan pengujian lebih lanjut dengan komposisi yang lebih besar.

Salah satu permasalahan dalam pemanfaatan minyak jarak adalah minyak ini terbakar karena memiliki kekentalan cukup tinggi dan juga titik nyala api yang tinggi. Karena itu minyak ini masih memerlukan penelitian lanjut, salah satunya dengan menambahkan karbon aktif sebagai katalis yang diharapkan dapat mempercepat reaksi pembakaran pada minyak jarak. Karbon aktif merupakan senyawa karbon yang diberi perlakuan khusus berupa aktivasi. Tujuan utama proses aktivasi adalah memperluas permukaan dari karbon aktif tersebut. Hal tersebut akan mengakibatkan karbon aktif sangat reaktif.

Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan dan kondisi yang terjadi saat ini, penulis melakukan penelitian mengenai perbandingan pengaruh karbon aktif dan minyak cengkeh terhadap reaksi pembakaran *droplet* dengan bahan bakar minyak jarak.

1.2 Rumusan Masalah

Membandingkan pengaruh karbon aktif dan minyak cengkeh pembakaran *droplet* dengan bahan bakar minyak jarak yang menyebabkan perubahan karakteristik pembakaran misalnya visualisasi api (dimensi tinggi dan lebar dari api), temperatur pembakaran, *burning rate*, dan *ignition delay* dan mengetahui katalis mana yang efektif ditambahkan pada minyak jarak tersebut.

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah diatas, hal yang menjadi batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengujian dilaksanakan pada temperatur ruang antara 27°C dan tekanan ruangan 716

mmhg.

2. Suhu ruangan pada saat pengujian 25 – 33°C.
3. Karbon aktif yang digunakan dalam penelitian ini adalah batok kelapa.
4. Tidak mendeskripsikan cara penemuan dan pembuatan karbon aktif, minyak cengkeh, dan minyak jarak.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penulis yang ingin didapatkan dari penelitian ini adalah perbandingan pengaruh karbon aktif dan minyak cengkeh terhadap reaksi pembakaran *droplet* yang mana dapat dilihat dari *ignition delay time*, *burning rate*, temperatur pembakaran, dan visualisasi api dengan bahan bakar minyak jarak.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penulis yaitu:

1. Hasil penelitian diharapkan dapat dijadikan sebagai informasi kepada masyarakat mengenai perbandingan penambahan karbon aktif dan minyak cengkeh terhadap reaksi pembakaran *droplet* dengan bahan bakar minyak jarak.
2. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan ilmu dan wawasan kepada pembaca agar memahami pemanfaatan karbon aktif, minyak cengkeh, dan minyak jarak.
3. Dapat dijadikan sumber bahan dan literatur bagi penelitian selanjutnya.
4. Mahasiswa dapat mengaplikasikan dan menerapkan ilmu perkuliahan.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

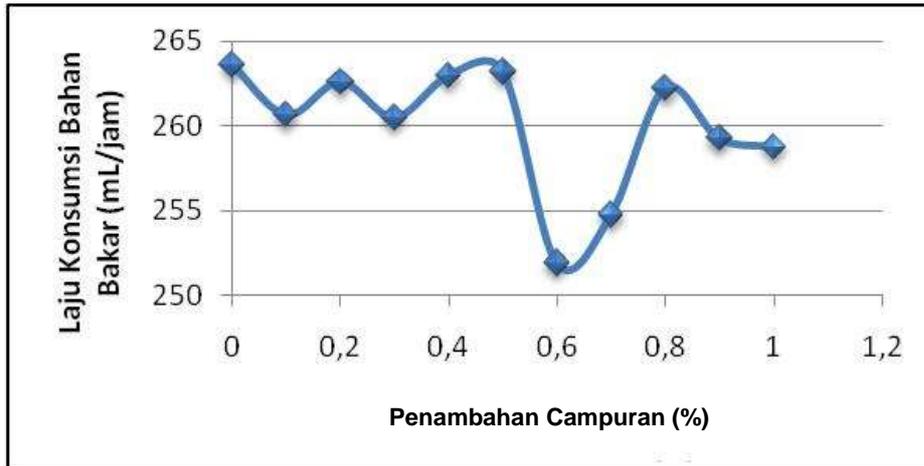
2.1 Penelitian Sebelumnya

Menurut Wardana (2008) pada penelitian beliau tentang “Combustion Characteristic of jathropa oil droplet at various oil temperatures” yang membahas tentang karakteristik pembakaran pada minyak jarak dengan metode pembakaran droplet, beliau mengatakan bahwa gliserol memiliki titik didih yang lebih tinggi dari asam lemak yang menyebabkan masalah dalam pemanasan awal, dan juga menyerap air dari asam lemak pembakaran yang menghasilkan mikro-ledakan.

Menurut Rahardian (2016), Pada penelitiannya tentang pengaruh karbon aktif terhadap karakteristik pembakaran droplet minyak jarak pagar dapat diketahui bahwa semakin bertambahnya presentase kandungan karbon aktif cenderung membuat tinggi dan lebar api mengalami penurunan dan dapat juga meningkatkan nilai burning rate namun menurunkan nilai ignition delay. Jika diamati dari kecepatan reaksinya akan semakin cepat seiring dengan penambahan karbon aktif.

Menurut Sutrisno (2015), minyak cengkeh dapat mengurangi konsumsi bahan bakar pada motor bensin dengan efisiensi tertinggi pada penambahan kandungan minyak cengkeh sebesar 3%. Pada pengujian akselerasi, waktu tempuh terbaik sebesar 9,96 % (15,52 sekon) terjadi pada persentase minyak cengkeh 4 %.

Menurut Kadarohman (2010), minyak cengkeh memiliki potensi yang tinggi untuk dijadikan campuran minyak solar karena memiliki kinerja paling baik dalam menurunkan laju konsumsi bahan bakar dibanding minyak terpentin, minyak pala, minyak gandapura, minyak sereh maupun minyak kayu putih. Komposisi optimum untuk mereformulasikan minyak cengkeh yaitu dengan kadar 0,6%. Gambar 2.1 menunjukkan pengaruh penambahan minyak cengkeh

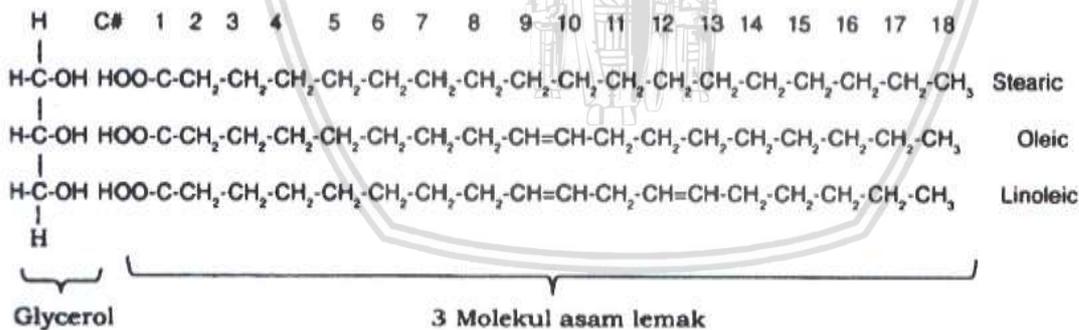


Gambar 2.1 Pengaruh penambahan campuran minyak cengkeh terhadap laju konsumsi bahan bakar

Sumber:

2.2 Minyak nabati

Minyak nabati adalah minyak yang diekstrak dari bagian tumbuhan. Biasanya digunakan untuk kebutuhan pangan, pengobatan, pelumas, bahkan sebagai bahan bakar. Minyak nabati tersusun dari gabungan molekul-molekul *triglyceride* dan 3 cabang asam lemak dengan rantai 18 karbon atau 16 karbon (Wardana, 2008). Susunan ikatan *triglyceride* dapat di lihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Susunan Ikatan Molekul *Triglyceride*

Sumber: Wardana (2008,p.38)

Sedangkan asam lemak adalah rantai *hydrocarbon* lurus dan panjang yang memiliki 12 sampai 24 atom karbon. Salah satu ujung molekul asam lemak berisi kelompok asam *carboxylic* (COOH). Asam lemak terbagi lagi menjadi asam lemak jenuh dan asam lemak tidak jenuh. Asam lemak jenuh adalah asam lemak yang semua ikatannya tunggal. Asam lemak tidak jenuh adalah asam lemak yang memiliki sedikitnya 1 ikatan rangkap atau lebih. Asam lemak yang dihasilkan dari tumbuhan merupakan ikatan tak jenuh dengan satu atau lebih ikatan rangkap diantara atom karbonnya dan pada suhu ruang asam lemak yang

dihasilkan dari tumbuhan berwujud cair (Wardana, 2008). Asam lemak yang biasanya ditemukan di dalam minyak nabati adalah asam *stereat*, *palmitat*, *oleat*, *linoleat*. Pada gambar 2.2 dapat dilihat susunan ikatan molekul *triglyceride* terdiri dari *glycerol* dan tiga molekul asam lemak. Susunan ini disebut dengan *trigliseceride*. Fungsi biologis utama dari *triglyceride* adalah sebagai bahan bakar (Wardana, 2008). Semakin panjang atom C asam lemak, maka titik cair semakin tinggi dan akan sulit untuk terbakar.

2.2.1 Minyak Jarak

Minyak jarak merupakan minyak nabati yang diperoleh dari ekstraksi biji tanaman jarak (*Ricinus communis*) dan biji jarak pagar (*Jatropha curcas*). Minyak jarak diekstraksi dari biji jarak menggunakan proses tekan tanpa pemanasan. Minyak jarak memiliki karakteristik secara fisik berupa cairan pada suhu ruang dan akan tetap stabil pada suhu rendah maupun suhu yang sangat tinggi. Minyak jarak terdiri dari asam lemak. Jenis asam lemak ini memiliki ikatan ganda atau asam lemak tidak jenuh. Kandungan asam lemak pada minyak jarak (*ricinus communis*) seperti pada tabel 2.1. Adapun sifat fisika minyak jarak dan minyak nabati lainnya pada tabel 2.2.

Tabel 2.1
Komposisi asam lemak minyak jarak

Jenis Asam Lemak	Nilai (%)
Asam Palmitic	4,2
Asam Stearic	6,9
Asam Oleic	43,1
Asam Linoleic	34,3
Asam lain-lain	1,4

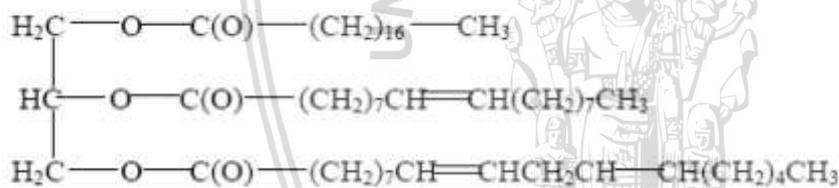
Sumber: Wardana, 2008

Tabel 2.2
Sifat fisika minyak jarak dan minyak nabati lainnya

Karakteristik	Minyak Randu	Minyak Jarak	Minyak Sawit
Massa Jenis (kg/m^3)	960-970	900-910	910-920
Viskositas Kinematik (cSt)	46-50	30-36	30-36
Nilai Kalor (kkal/kg)	8000-8100	8300-8400	8300-8500
Titik Nyala ($^{\circ}\text{C}$)	220-229	229-235	225-232

Sumber: Balittas Litbang (2013, pp.352-354)

Asam lemak yang paling dominan pada minyak jarak yaitu asam oleat dan linolenat yang merupakan asam lemak tidak jenuh. Asam linoleat memiliki dua ikatan rangkap, sedangkan asam oleat memiliki satu ikatan rangkap. Asam linolenat tersebut tersusun dari 18 atom karbon dan memiliki rumus kimia $\text{C}_{18}\text{H}_{32}\text{O}_2$ dengan 2 ikatan rangkap pada karbon ke 6 dengan ke 7 dan ke 9 dan ke 10. Struktur kimia dari minyak jarak dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Struktur Kimia Minyak Jarak

Sumber: Warra, 2016

Ikatan rangkap pada minyak berpengaruh terhadap kebutuhan energi aktivasi dan disosiasi yang besar untuk memutuskan ikatan rangkap tersebut. Hal ini dapat mengakibatkan minyak jarak akan sulit terpecah dan bereaksi.

2.3 Pembakaran

Pembakaran adalah reaksi kimia yang terjadi antara bahan bakar dengan oksigen atau udara sebagai pengoksidasi yang menghasilkan energi panas dan cahaya. Proses pembakaran dapat terjadi jika ada bahan bakar, pengoksidasi, dan panas atau energi aktivasi. Panas atau energi di gunakan untuk mengaktifkan molekul-molekul bahan bakar yang biasa disebut dengan energi aktifasi. Besar kecilnya energi yang diperlukan untuk melepas ikatan molekul tergantung besar kecilnya energi ikatan atom-atom dalam molekul (Wardana, 2008). Pembakaran dapat terjadi jika ada 3 komponen utama seperti pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Ilustrasi Proses Pembakaran
Sumber Wardana (2008)

Ketiga komponen utama tersebut adalah:

- a) Pengoksidasi (Udara/Oksigen)
- b) Bahan Bakar
- c) Energi Aktivasi (Panas)

Berdasarkan hukum Newton, besar gaya tarik-menarik dua buah massa berbanding terbalik dengan jaraknya. Jadi semakin dekat jarak antara dua buah massa maka gaya ikatan molekul atau gaya tarik-menarik antar atom didalam molekul lebih kuat, begitu juga sebaliknya. Maka kekuatan ikatan kimia ditentukan oleh energi disosiasi ikatan yang besarnya tergantung pada sifat ikatan antar atom-atom. Selain itu, ikatan rangkap lebih kuat dari pada ikatan tunggal, dan ikatan rangkap lebih lemah dari pada ikatan tripel dan seterusnya.

Berikut adalah beberapa contoh energi yang dibutuhkan untuk melepaskan ikatan ataupun untuk membentuk ikatan tersebut:

Tabel 2.3
Energi dan Jarak Ikatan

Ikatan	Energi disosiasi ikatan (kJ/mol)	Jarak ikatan	
		Å	pm
H-H	435	0.74	74
H-C	414	1.1	110
H-O	464	0.97	97
C-C	347	1.54	154
C=C	611	1.34	134
Ca ²⁺ C	837	1.2	120
C-N	305	1.47	147
C=N	615	1.28	128
Ca ²⁺ N	891	1.16	116
C-O	360	1.43	143
C=O	736	1.23	123
N-N	163	1.45	145
N=N	418	1.23	123
Na ⁺ N	946	1.09	109

Sumber: Chomiatic (1990)

Dalam melepas ikatan atom dalam molekul atau membuat molekul bermuatan dapat dilakukan dalam banyak cara yaitu:

1. Pemanasan, dengan melakukan pemanasan akan mengakibatkan gerakan dari molekul-molekul bahan bakar dan pengoksidan (udara/oksigen) menjadi lebih cepat dan tumbukan antar molekul menjadi sangat keras.
2. Pemberian katalis, salah satu cara membuat molekul bermuatan atau melepas ikatan atom adalah dengan merangsang elektron yang mengikat atom-atom dalam molekul dengan penggunaan katalis sehingga ikatan atom akan putus atau elektron dirangsang oleh katalis supaya meninggalkan molekul sehingga molekul pecah dan bermuatan.
3. Penggunaan medan magnet, medan magnet dapat mengganggu elektron sehingga elektron tidak lagi berada pada orbit inti atom dan akan meninggalkan molekul

sehingga ikatan atom dalam molekul lepas dan molekul akan bermuatan.

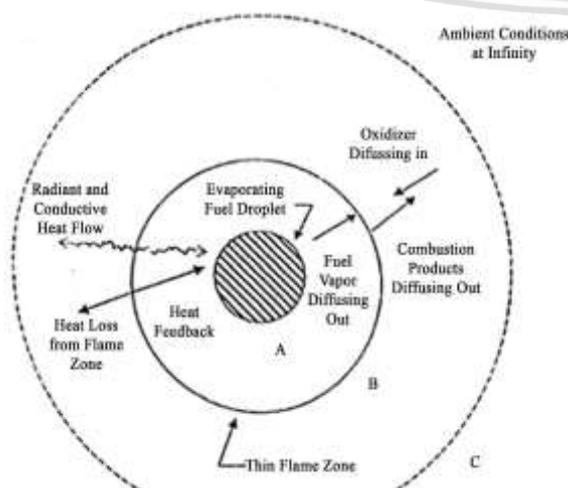
- Selain ketiga cara diatas, ada banyak cara yang dapat dilakukan untuk membuat molekul bermuatan. Misalnya medan tegangan tinggi, *ionic wind* dan sebagainya (Wardana, 2008).

Berdasarkan bagaimana reaktan terbakar pada zona reaksi maka pembakaran dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu :

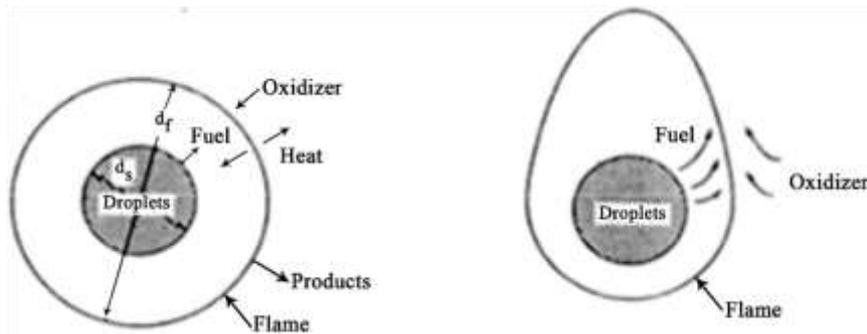
- Pembakaran *premixed*, adalah proses pembakaran dimana bahan bakar dan udara (oksigen) dicampur terlebih dahulu secara mekanik kemudian di bakar (Wardhana, 2008).
- Pembakaran difusi, yaitu proses pembakaran dimana bahan bakar dan udara tidak bercampur secara mekanik, melainkan dibiarkan bercampur secara alami dengan proses difusi kemudian di bakar (Wardhana, 2008).

2.3.1 Pembakaran Droplet

Pembakaran pada *droplet* merupakan pembakaran difusi dimana bahan bakar dan pengoksidan (udara atau oksigen) tidak bercampur secara mekanik, melainkan bercampur di zona reaksi akibat difusi molekuler atau bisa disebut terbakar secara alami (bercampur sendiri). Ketika *droplet* dipanaskan, terjadi penguapan yang mengakibatkan uap dari bahan bakar berdifusi dengan oksidator menuju *flame front*. Sehingga api akan terbentuk pada jarak tertentu dari permukaan *droplet* seperti pada gambar 2.5. Pada kondisi gravitasi rendah, api akan berbentuk lingkaran karena tidak adanya gaya apung, namun pada gravitasi yang normal api akan berbentuk memanjang keatas karena efek dari konveksi alami seperti pada gambar 2.6.



Gambar 2.5 Pemodelan Api Difusi pada Pembakaran *Droplet*
Sumber: Alam (2013)



Gambar 2.6 Pemodelan Nyala Api Droplet
Sumber: Alam (2013)

Pada proses pembakaran *droplet*, panas yang dihasilkan dari pembakaran akan merambat keluar daerah *flame zone* yang disebut *heat loss* (gambar 2.4) dan panas ini yang dimanfaatkan menjadi energi lain. Kemudian juga ada panas yang merambat menuju permukaan *droplet* (gambar 2.5). Temperatur hasil pembakaran *droplet* akan berpindah menuju permukaan *droplet* secara konveksi. Temperatur tersebut digunakan untuk merubah fase *droplet* dari cair menjadi gas. Besar energi yang di butuhkan untuk menguapkan *droplet* dapat dicari dengan persamaan :

$$Q = \Delta h_v + C_{hf}(T_s - T_0) \dots \dots \dots (2-1)$$

Dengan:

- Q : energi total penguapan (kj/kg)
- C_{hf} : kalor jenis bahan bakar (kj/kg°C)
- T_0 : temperature awal *droplet* (°C)
- T_s : temperature permukaan *droplet* (°C)

2.3.2 Karakteristik pembakaran

Karakteristik pembakaran adalah hal-hal yang diperhatikan dan diamati dalam penelitian proses pembakaran yang nantinya akan saling dibandingkan antara karakteristik suatu bahan bakar dengan bahan bakar lain. Karakteristik pembakaran yang diamati dalam penelitian ini adalah :

a. *Ignition delay*

Ignition delay pada mesin diesel adalah jeda waktu antara bahan bakar saat disemprot ke dalam ruang bakar, sampai bahan bakar tersebut mulai terbakar (Lakshminarayanan & Yogesh, 2009). Pada pembakaran *droplet*, *ignition delay* yang dimaksud yaitu waktu antara bahan bakar mulai dipanaskan, hingga bahan bakar tersebut mulai terbakar ditunjukkan oleh adanya nyala api. Nilai *ignition delay* ditentukan

oleh kecepatan reaksi pembakaran suatu bahan bakar. Semakin cepat reaksi pembakaran maka nilai *ignition delay* akan semakin kecil.

b. Temperatur Pembakaran

Temperatur pembakaran adalah temperatur tertinggi yang nantinya diukur pada pusat *droplet* saat pembakaran berlangsung. Temperatur pembakaran dipengaruhi oleh nilai kalor bahan bakar itu sendiri. Nilai kalor adalah jumlah energi kalor yang dilepaskan bahan bakar pada waktu terjadinya oksidasi unsur-unsur kimia yang ada pada bahan bakar tersebut. Jadi semakin besar temperatur pembakaran maka energi yang dikonversi akan lebih banyak ke kalor.

c. *Burning rate*

Burning rate adalah kecepatan suatu bahan bakar untuk terbakar hingga bahan bakar tersebut habis terbakar (Quintiere, 1997). Untuk suatu sistem pembakaran, yang harus diperhatikan adalah *burning rate* karena waktu tinggal *droplet* bahan bakar harus lebih lama dari pada lama waktu *droplet* terbesar pada ruang bakar habis terbakar (Mishra, 2014).

d. Visualisasi Nyala Api

Dimensi api digunakan dalam penentuan secara kasat mata apakah pembakaran yang terjadi 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 diperlukan oleh bahan bakar untuk dapat beroksidasi dan terbakar. Proses pembakaran yang cepat dapat membuat tinggi api yang di hasilkan semakin kecil. Ini dikarenakan panjang api berbanding terbalik dengan difusivitas molecular (Wardana, 2008).

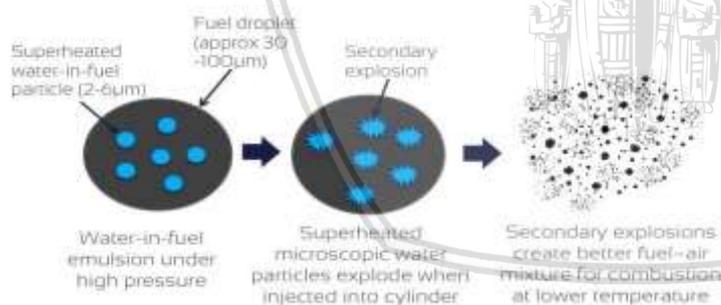
2.4 *Microexplosion*

Microexplosion merupakan salah satu fenomena yang terjadi pada pembakaran campuran bahan bakar yang memiliki perbedaan *boiling point*. Pada hasil penelitian sebelumnya (Wardana, 2009), minyak nabati akan terbakar pada dua tahap. Pada tahap awal asam lemak akan terbakar terlebih dahulu lalu diikuti oleh terbakarnya gliserol. Pada saat asam lemak mulai terbakar habis, gliserol akan mulai menguap. Pada saat inilah asam lemak akan menyusup dan terjebak didalam gliserol. Karena adanya pemansan terus-menerus, asam lemak yang terjebak didalam gliserol akan menguap terlebih dahulu dan memiliki

tekanan, sehingga pada tekanan tertentu asam lemak akan meledak menjadi ledakan *micro* atau yang bisa disebut dengan *microexplosion*.

Proses *Microexplosion* terjadi karena adanya perbedaan titik didih pada campuran bahan bakar, sehingga dapat menimbulkan perbedaan proses penguapan antara bahan bakar satu dengan yang lainnya (Mura, 2011). Akibat dari perbedaan proses penguapan bahan bakar akan menyebabkan pecahnya *droplet* karena bahan bakar yang memiliki titik didih yang lebih rendah akan menguap terlebih dulu di bagian dalam *droplet* bahan bakar yang memiliki titik didih yang lebih tinggi. Saat bahan bakar yang memiliki titik didih yang lebih tinggi sudah tidak dapat menahan tekanan dari gas dalam *droplet*, maka *droplet* akan pecah.

Proses terjadinya *microexplosion* diawali dengan menguapnya bahan bakar yang memiliki titik didih yang lebih rendah daripada bahan bakar utama sehingga akan menguap terlebih dahulu di dalam *droplet*. Ketika *droplet* terus dipanaskan, maka *droplet* akan mengalami penurunan nilai densitas yang mengakibatkan tegangan permukaan *droplet* akan semakin turun. Ketika *droplet* tidak dapat menahan tekanan gas dari dalamnya, maka *droplet* akan mudah pecah. Pecahnya *droplet* ini dapat meningkatkan kecepatan pembakaran sehingga bahan bakar akan lebih cepat habis terbakar sehingga terjadi proses *microexplosion*. Hal ini dapat dilihat pada gambar 2.7, dimana digambarkan terdapat *binary fuel droplet* yaitu minyak dan kandungan air yang terdapat pada minyak.



Gambar 2.7 Skema Tahapan *Microexplosion*

Sumber: Blue Ocean Solutions Pte Ltd (2015)

2.5 Teori tumbukan

Reaksi terjadi akibat adanya molekul yang bertumbukan. Tumbukan antar molekul yang memiliki tingkat energi yang tinggi akan menyebabkan gaya tarik-menarik antara molekul terganggu, sehingga terbentuk suatu ikatan molekul yang baru.

Secara struktural, molekul mempunyai suatu bagian (gugus) yang bersifat labil. Jika tingkat energi pada gugus yang labil tersebut ditingkatkan dengan meningkatkan suhu, maka akan terjadi reaksi dengan melepaskan kelebihan energi sehingga diperoleh tingkat energi baru yang lebih rendah dan lebih stabil.

2.6 Keelektronegatifan

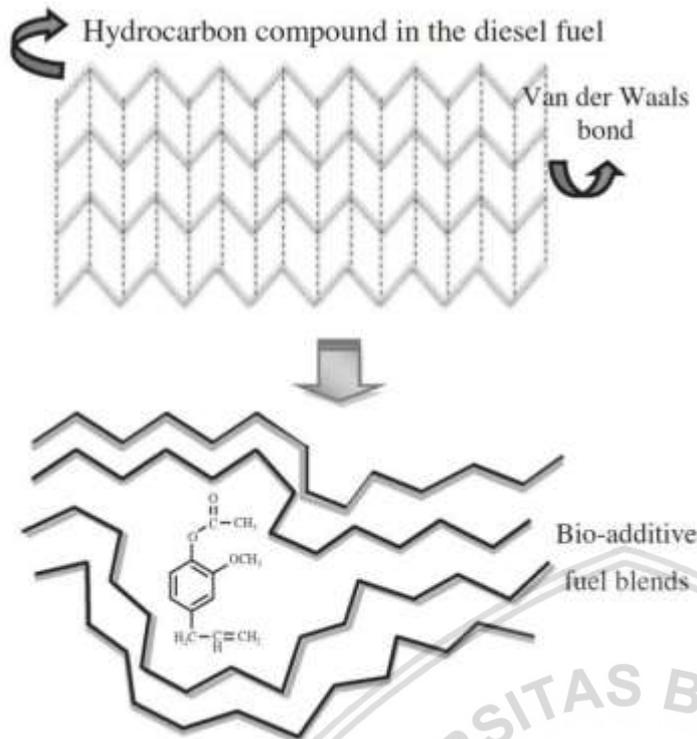
Keelektronegatifan adalah suatu kemampuan suatu atom menarik elektron dalam ikatan kimia. Keelektronegatifan berbanding lurus dengan afinitas elektron (cenderung menarik elektron dengan mudah) dan energi ionisasi (tidak mudah melepaskan elektron) (Chang, 2006, p.267). Semakin besar keelektronegatifan suatu atom maka afinitas elektron dan energi ionisasinya juga tinggi. Pada gambar 2.8 ditunjukkan besar keelektronegatifan suatu atom.

MAIN-GROUP ELEMENTS																		MAIN-GROUP ELEMENTS									
1A (1)		2A (2)		TRANSITION ELEMENTS										3A (13)	4A (14)	5A (15)	6A (16)	7A (17)	8A (18)								
1	H (1.008)													5	6	7	8	9	10								
2	Li (0.975)	Be (1.57)											B (2.04)	C (2.55)	N (3.04)	O (3.44)	F (3.98)	Ne (4.00)									
3	Na (0.93)	Mg (1.31)	3B (3)	4B (4)	5B (5)	6B (6)	7B (7)	8B (8)	9B (9)	10B (10)	11B (11)	12B (12)	Al (1.61)	Si (1.90)	P (2.19)	S (2.58)	Cl (3.16)	Ar (3.99)									
4	K (0.85)	Ca (1.00)	Sc (1.36)	Ti (1.54)	V (1.63)	Cr (1.66)	Mn (1.55)	Fe (1.83)	Co (1.88)	Ni (1.91)	Cu (1.90)	Zn (1.65)	Ga (1.81)	Ge (2.02)	As (2.20)	Se (2.55)	Br (2.96)	Kr (3.00)									
5	Rb (0.79)	Sr (1.08)	Y (1.22)	Zr (1.39)	Nb (1.46)	Mo (1.68)	Tc (1.70)	Ru (1.86)	Rh (1.88)	Pd (1.88)	Ag (1.93)	Cd (1.69)	In (1.78)	Sn (1.96)	Sb (2.05)	Te (2.10)	I (2.66)	Xe (2.60)									
6	Cs (0.79)	Ba (1.08)	La (1.10)	Hf (1.37)	Ta (1.44)	W (1.68)	Re (1.70)	Os (1.86)	Ir (1.88)	Pt (1.88)	Au (1.93)	Hg (1.69)	Tl (1.78)	Pb (1.96)	Bi (1.90)	Po (2.00)	At (2.20)	Rn (2.20)									
7	Fr (0.70)	Ra (1.00)	Ac (1.10)	Rf (1.37)	Db (1.44)	Sg (1.68)	Bh (1.70)	Hs (1.86)	Mt (1.88)	Ds (1.88)	Rg (1.93)																
INNER TRANSITION ELEMENTS																											
8	Lanthanides		58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71											
			Ce (1.12)	Pr (1.13)	Nd (1.14)	Pm (1.15)	Sm (1.16)	Eu (1.17)	Gd (1.18)	Tb (1.19)	Dy (1.20)	Ho (1.21)	Er (1.22)	Tm (1.23)	Yb (1.24)	Lu (1.25)											
9	Actinides		90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103											
			Th (1.30)	Pa (1.31)	U (1.32)	Np (1.33)	Pu (1.34)	Am (1.35)	Cm (1.36)	Bk (1.37)	Cf (1.38)	Es (1.39)	Fm (1.40)	Md (1.41)	No (1.42)	Lr (1.43)											

Gambar 2.8 Tabel Periodik Keelektronegatifan Atom – atom
Sumber: Silberberg, Martin S. (2009)

2.7 Minyak Atsiri

Minyak atsiri merupakan salah satu produk alam yang berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai campuran pada bahan bakar karena komponen penyusunnya mengandung banyak atom oksigen. Kadarohman (2012) menyebutkan bahwa struktur ruang senyawa minyak atsiri ada yang berbentuk siklis dan rantai terbuka, sehingga dapat menurunkan kekuatan ikatan antar molekul, sehingga dapat mempercepat proses pembakaran seperti pada ilustrasi gambar 2.9.



Gambar 2.9 Pemodelan Struktur Kimia dari Bahan Bakar Diesel dengan Campuran Zat Aditif

Sumber: Kadarohman (2012)

Minyak atsiri umumnya berwujud cair dan dapat diperoleh dari bagian tanaman seperti akar, kulit, batang, daun, buah, dan biji dengan cara penyulingan dengan uap. Minyak atsiri memiliki karakteristik mudah menguap, dapat campur dan melarutkan bahan organik termasuk bahan bakar minyak (Lawless, 2002).

Minyak atsiri dapat dibedakan menjadi beberapa golongan menurut komponen penyusunannya. Golongan tersebut yaitu:

1. Minyak atsiri hidrokarbon, contohnya yaitu minyak terpenin.
2. Minyak atsiri *alcohol*, contohnya yaitu minyak pipermin.
3. Minyak atsiri fenol, contohnya yaitu minyak cengkeh.
4. Minyak atsiri eter fenol, contohnya yaitu minyak adas.
5. Minyak atsiri oksida, contohnya yaitu minyak kayu putih.
6. Minyak atsiri ester, contohnya yaitu minyak gondopuro.

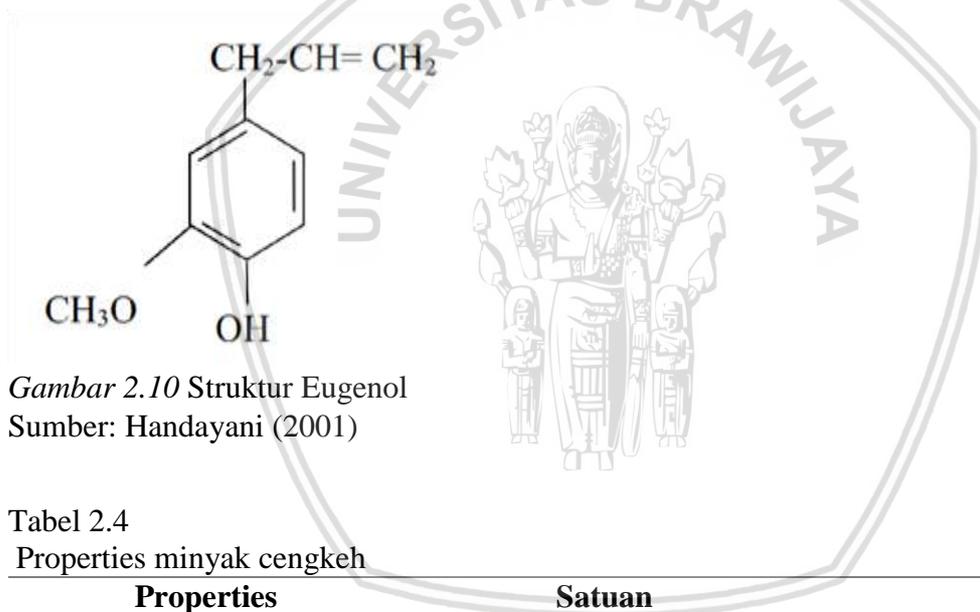
2.7.1 Minyak Cengkeh

Salah satu jenis minyak atsiri yang berpotensi menjadi zat campuran pada bahan bakar yaitu minyak cengkeh. Minyak cengkeh diperoleh dari tanaman *Eugenia caryophyllata*. Minyak cengkeh memiliki nama yang berbeda untuk setiap bagian yang berbeda pula. Misalnya, minyak atsiri yang berasal dari kuntum bunga cengkeh disebut *clove oil*, yang

berasal dari minyak tangkai bunga disebut *clove stem oil*, dan yang berasal dari minyak daun cengkeh disebut *clove leaf oil*.

Komponen utama minyak cengkeh yaitu senyawa aromatik yang disebut eugenol (72-90%). Eugenol berupa zat cair yang berbentuk minyak tidak berwarna dan akan berubah menjadi coklat dalam udara serta dapat larut dalam alkohol, eter, kloroform serta sedikit dalam air. Eugenol juga mudah bersenyawa dengan besi, oleh karena itu penyimpanannya harus dalam botol kaca, drum aluminium, atau drum timah putih.

Selain eugenol, terdapat berbagai macam kandungan minyak atsiri cengkeh yaitu senyawa asetil eugenol, beta-caryophyllene, vanillin, tanin, asam galotanat, metil salisilat, asam krategolat, beragam senyawa flavonoid, berbagai senyawa triterpenoid, serta mengandung berbagai senyawa seskuiterpen. Struktur eugenol dapat dilihat pada gambar 2.10 di bawah ini.



Gambar 2.10 Struktur Eugenol
Sumber: Handayani (2001)

Tabel 2.4
Properties minyak cengkeh

Properties	Satuan	Nilai
<i>Density</i>	g/ml	1.092
Nilai Kalor	Cal/g	5404.545
<i>Flash Point</i>	°C	102
Viskositas	cst	9.623

Sumber: Laboratorium Motor Bakar, 2016

Tabel 2.5
Komposisi kimia bunga dan gagang cengkeh

Komponen	Bunga Cengkeh (%)	Gagang Cengkeh (%)
Air	5.0 – 8.3	8.7 – 10.2
Abu	5.3 – 7.6	6.9 – 9.0
Resin	5.0 – 10.0	3.5 – 4.0
Protein	5.0 – 7.0	5.8 – 6.0
Serat Kasar	6.0 – 9.0	13.0 – 19.0
Tanin	10.0 – 18.0	10.0

Sumber: Ketaren, 1985

Saat penambahan campuran minyak cengkeh kinerja bertambah disebabkan karena minyak cengkeh mengandung eugenol sebagai kandungan utamanya. Struktur eugenol yang tebal dapat menyebabkan kekuatan ikatan *Van Der Waals* antar molekul dan rantai karbon penyusun bahan bakar berkurang.

2.8 Katalis

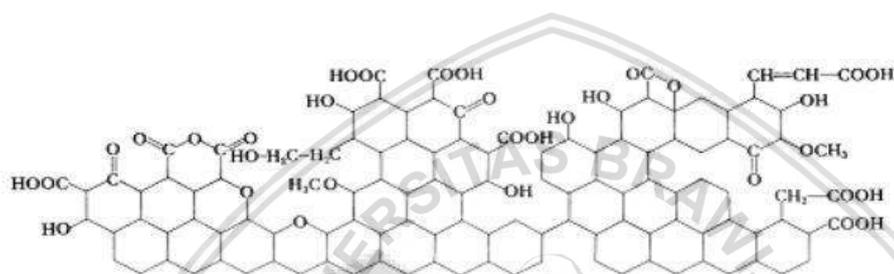
Katalis adalah sebuah zat yang mempercepat laju reaksi kimia, tapi tidak dikonsumsi dalam reaksi dan tidak mempengaruhi kesetimbangannya (Gates, 1992). Katalis berfungsi merangsang elektron yang mengikat atom-atom dalam molekul sehingga ikatan atomnya akan putus atau meninggalkan molekul sehingga molekul tersebut menjadi pecah dan bermuatan. (Wardana, 2008). Katalis dapat mempercepat laju reaksi karena kemampuannya berinteraksi paling sedikit satu molekul reaktan untuk menghasilkan senyawa antara yang lebih aktif. Interaksi ini akan dapat meningkatkan ketepatan orientasi tumbukan, meningkatkan konsentrasi akibat lokalisasi reaktan, sehingga meningkatkan jumlah tumbukan dan membuka alur reaksi dengan energi aktivasi yang lebih rendah (Gates, 1992).

Katalis dibagi menjadi dua jenis yaitu katalis homogen dan katalis heterogen. Katalis homogen adalah katalis yang berada pada fase yang sama dengan reaktan, sedangkan katalis heterogen adalah katalis dan reaktan berbeda fase. Pada katalis homogen katalis berupa molekul yang mengkoordinasi reaksi. Sementara katalis heterogen menyediakan permukaan sebagai tempat reaksi berlangsung (Wardana, 2008). Pada penelitian ini digunakan katalis heterogen dan homogen. Pada katalis heterogen dimana reaktan berupa minyak jarak yang fase cair dan katalis berupa karbon aktif batok kelapa yang berfase padat sebagai penyedia

permukaan. Katalis homogen adalah minyak cengkeh dimana katalis ini berfase larutan (cair) dan fase minyak jarak adalah cair.

2.8.1 Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan adsorben yang digunakan untuk membantu mempercepat terjadinya reaksi. Pada proses aktivasi juga terbentuk struktur pori-pori baru yang semakin membesar dikarenakan adanya pengikisan atom karbon melalui proses oksidasi ataupun pemanasan. Daya serap karbon aktif sangat besar sekitar 25% sampai 1000% terhadap berat karbon aktif (Darmawan, 2008). Ilustrasi struktur kimia karbon aktif dapat dilihat pada gambar 2.11.



Gambar 2.11 Struktur Kimia Karbon
Sumber: Sudibandriyo (2013)

Gugus fungsi dapat terbentuk pada karbon aktif ketika dilakukan aktivasi, akibat terjadinya interaksi antara radikal bebas terhadap permukaan karbon dengan atom-atom seperti oksigen dan nitrogen. Gugus fungsi ini menyebabkan permukaan dari karbon aktif menjadi lebih reaktif secara kimiawi dan dapat mempengaruhi sifat adsorpsinya. Oksidasi pada permukaan dalam proses produksi karbon aktif dapat menghasilkan gugus karbonil, hidroksil, dan karboksilat yang akan memberikan sifat amfoter pada karbon aktif, sehingga karbon aktif dapat bersifat sebagai asam atau basa. (Sudirjo, 2006).

Ada tiga tahapan utama dalam proses pembuatan karbon aktif:

1) Dehidrasi

Dehidrasi dilakukan untuk menghilangkan kandungan air didalam karbon. Dengan cara memanaskan bahan baku sampai temperatur 170°C

2) Karbonisasi

Karbonisasi dilakukan untuk menghilangkan unsur non-karbon. Pemecahan bahan-bahan organik pada karbon, melepas bagian yang mudah menguap. Karbon akan mulai terbentuk pada temperatur 400°C-600°C.

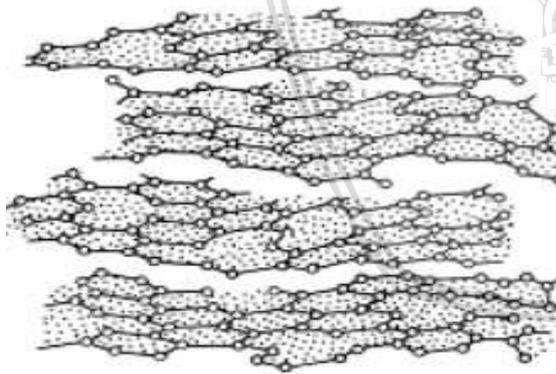
3) Aktivasi

Aktivasi dilakukan untuk meningkatkan luas permukaan dan daya absorpsi karbon aktif

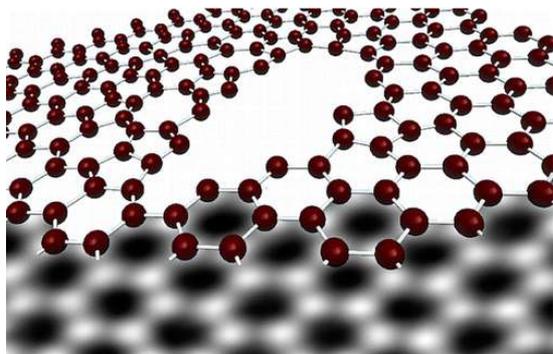
tersebut. Proses ini dilakukan pada temperatur 800°C-1000°C dengan dialirkan uap atau CO₂ sebagai aktivator. Hal ini akan melepaskan senyawa hidrokarbon, tar dan senyawa-senyawa organik yang masih melekat pada karbon.(Cheremisinoff, 1978)

Karbon aktif terdiri dari 87% - 97 % karbon dan sisanya berupa hidrogen, oksigen, sulfur, nitrogen serta senyawa lain yang terbentuk dari proses pembuatannya. Volume karbon aktif biasanya 0,2 cm³/gram sampai 1 cm³/gram. Sedangkan luas permukaan yang dimiliki karbon aktif 300 m²/gram sampai 3000 m²/gram. Karbon aktif yang baik harus memiliki luas permukaan yang besar sehingga daya adsorbsinya juga semakin besar (Prabowo, 2009). Karbon aktif juga memiliki sifat *amfoterik*. Karena sifat inilah karbon aktif juga dapat melepas elektron sekaligus melepas proton jika keadaan di sekitar karbon banyak kandungan oksigen. Dengan begitu menyebabkan permukaan dari karbon aktif sendiri tidak stabil.

Karbon aktif tersusun dari grafit dimana grafit tersusun dari tumpukan-tumpukan *Graphene* yang ditunjukkan oleh gambar 2.12. *Graphene* yang ditunjukkan oleh gambar 2.13 merupakan alotrop karbon dalam bentuk kisi heksagonal dengan ketebalan hanya satu atom. *Graphene* memiliki sifat unik dimana dapat memperbaiki sendiri pada *layer* dari *Graphene* itu sendiri, bila terkena molekul yang mengandung karbon, seperti hidrokarbon (Konstantine N. et al., 2012).



Gambar 2.12 Struktur Karbon Aktif yang Tersusun dari *Graphene* yang Bertumpuk
Sumber : Sudibandriyo (2013)

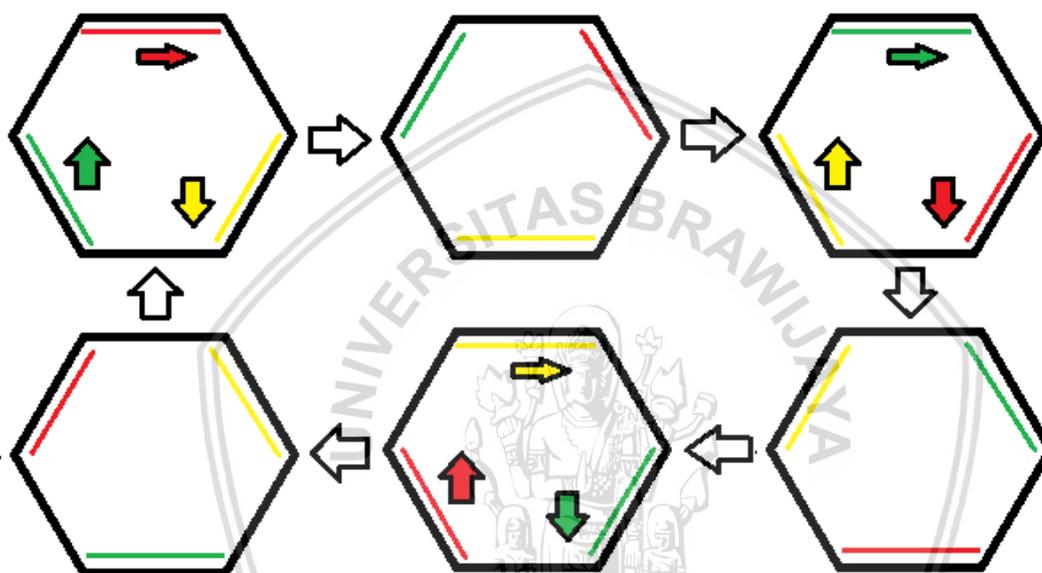


Gambar 2.13 Struktur Kimia dari *Graphene*
Sumber: Konstantine N. et al. (2012)

2.9 Konsep Penelitian

2.9.1 Karbon Aktif

Karbon aktif tersusun oleh 6 ikatan atom karbon yang berbentuk hexagonal dan tersusun secara kovalen. Friederict August (1872) menemukan bahwa bentuk karbon aktif mempunyai kesamaan bentuk dengan ikatan benzene (C_6H_6). Dari bentuk yang hexagonal tersebut karbon aktif memiliki tiga ikatan rangkap dan tiga ikatan tunggal yang tersusun berselang-seling. Ikatan rangkap pada struktur karbon aktif tersebut memiliki sifat yang dapat berpindah secara terus menerus seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.14.



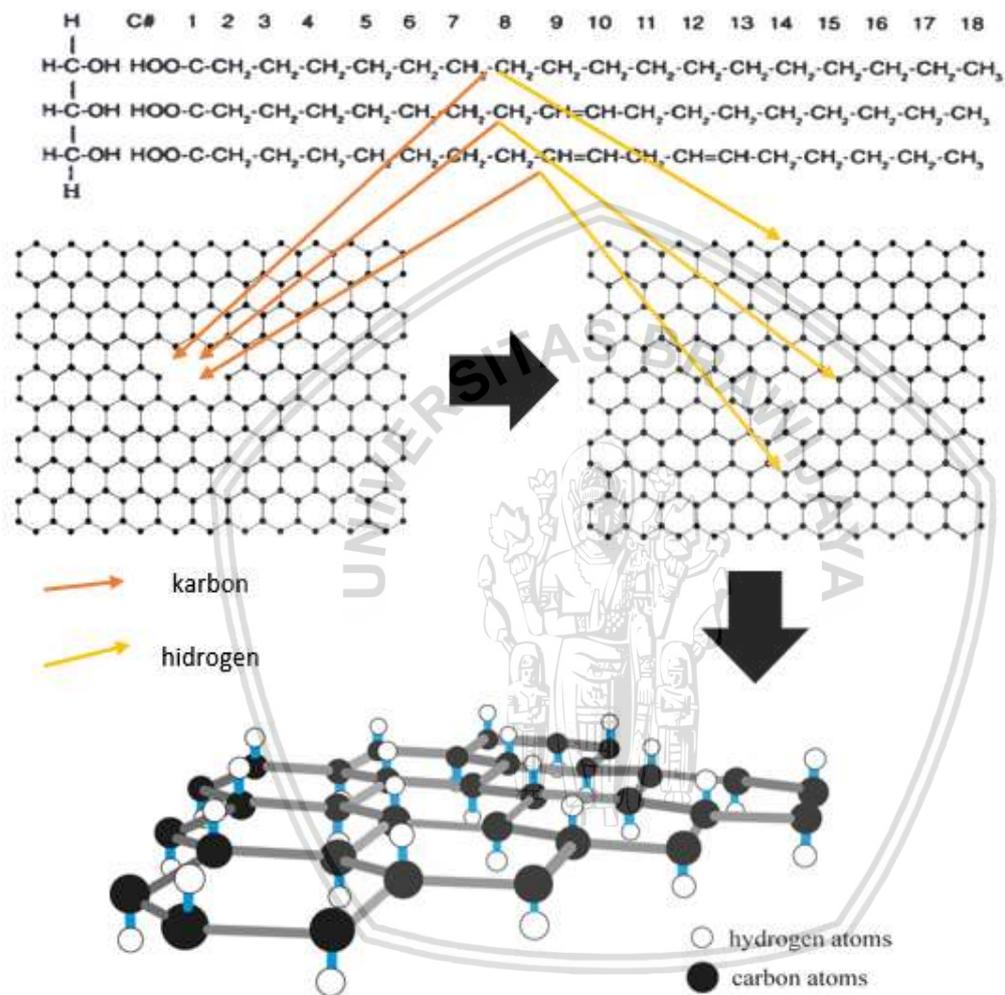
Gambar 2.14 Ilustrasi Perpindahan Ikatan Rangkap pada Karbon Aktif yang Terus Menerus

Selain mengandung karbon, karbon aktif juga mengandung sejumlah kecil hidrogen dan oksigen yang secara kimiawi terikat dalam berbagai gugus fungsi seperti karbonil, karboksil, fenol, *lakton*, *quinon*, dan gugus-gugus eter. Gugus fenol-aldehid terserap oleh karbon karena adanya peristiwa donor-akseptor elektron. Gugus karbonil pada permukaan karbon bertindak sebagai donor elektron. Gugus fungsional dibentuk selama proses aktivasi oleh interaksi radikal bebas pada permukaan karbon dengan atom-atom seperti oksigen dan nitrogen. Gugus fungsional ini membuat permukaan karbon aktif reaktif secara kimiawi dan mempengaruhi sifat adsorbsinya.

Minyak jarak yang memiliki asam lemak dimana penyusun asam lemak sendiri adalah molekul *hidrocarbon* maka *Graphene* akan menarik atom karbon yang berada pada minyak jarak untuk memperbaiki lapisan yang cacat dari *Graphene*. Dari penarikan atom karbon tersebut mengakibatkan atom hidrogen yang berikatan dengan atom karbon akan bergerak

bebas karena terlepas dari ikatan karbon pada asam lemak tersebut. Sebagian dari atom hidrogen yang terlepas tersebut akan ditarik oleh *Graphene* membentuk senyawa *Graphane*.

Atom hidrogen yang berikatan dengan atom karbon pada *Graphene* akan memunculkan sifat magnetik pada molekul *Graphene* (Jorge, 2016). Atom hidrogen yang tidak berikatan dengan *Graphene* akan menjadi radikal bebas.



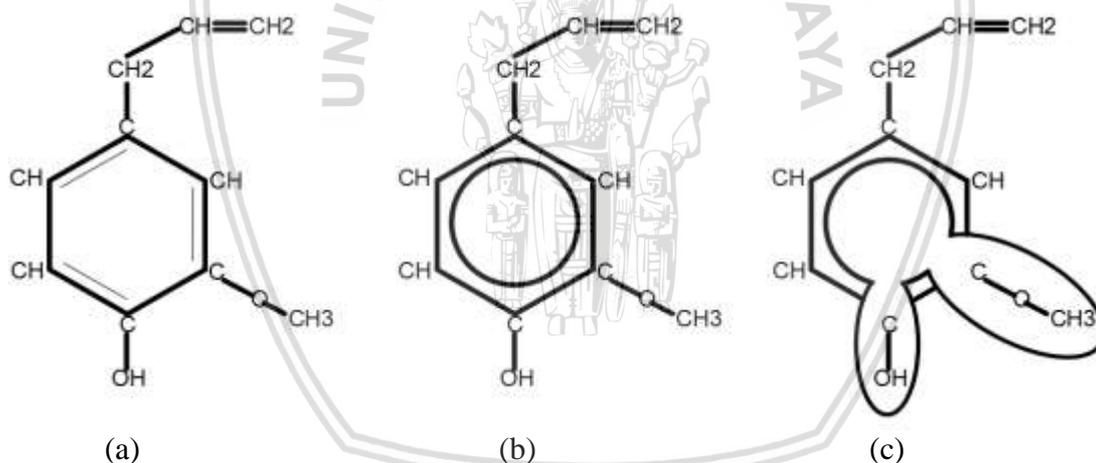
Gambar 2.15 Ilustrasi kerja *Graphene* terhadap Asam Lemak menjadi *Graphane*

Dengan terbentuknya *Graphane* yang mengakibatkan karbon aktif memiliki sifat magnetik sehingga elektron pada molekul asam lemak akan tertarik oleh atom karbon di karbon aktif, karena karbon memiliki afinitas lebih tinggi dari atom hidrogen pada molekul asam lemak. Kemudian elektron pada karbon aktif yang meguap akan berpindah menuju oksigen karena nilai afinitas oksigen lebih besar dari pada karbon. Selanjutnya perbedaan muatan antara molekul bahan bakar yang positif dan oksigen yang negatif terjadi reaksi tarik menarik antara keduanya hal ini yang mengakibatkan kecepatan pembakaran lebih meningkat, karena pembakaran akan lebih mudah terjadi dengan menurunnya energi aktifasi.

2.9.2 Minyak Cengkeh

Minyak cengkeh memiliki kandungan dominan yaitu eugenol, dengan nama struktur $C_{10}H_{12}OH$. Eugenol termasuk dalam senyawa aromatik. Dengan cincin siklik yang terkonjugasi. Sehingga dapat menimbulkan loncatan elektron dari ikatan ganda menuju rantai tunggal, loncatan elektron terus menerus terjadi akan menimbulkan resonansi elektron dan membuat cincin siklik.

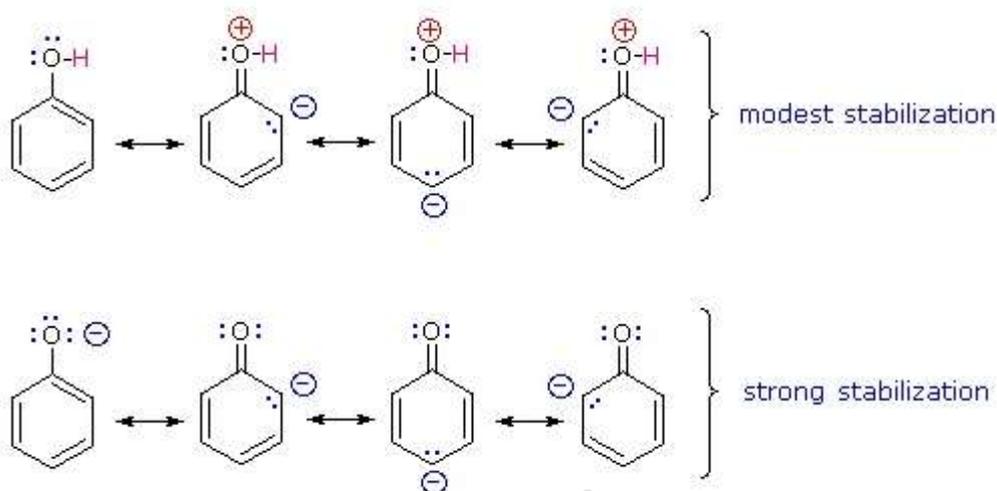
Senyawa seperti ini disebut fenol. Resonansi elektron tidak hanya berlangsung pada cincin siklik. Dalam struktur eugenol terdapat rantai samping antara oksigen yang berpasangan dengan hidrogen. Oksigen yang memiliki elektron valensi 6 dan hidrogen 1 sehingga masih ada 4 elektron bebas yang ada pada oksigen, sehingga resonansi cincin siklik dapat berlangsung sampai keluar cincin siklik menuju ikatan OH. Selain itu pada ikatan O dan CH₃ juga terjadi konjugasi, sehingga memungkinkan terjadinya resonansi tambahan pada rantai O-CH₃. Sedangkan ikatan luar yang tidak berkonjugasi akan memperpanjang rantai hidrokarbon pada minyak jarak, dikarenakan memiliki struktur yang sama. Keelektronegatifan C (2,5), O (3,5), H (2,1).



Gambar 2.16 Ilustrasi resonansi minyak cengkeh (a) senyawa aromatik (b) cincin siklik (c) orbit lonjong

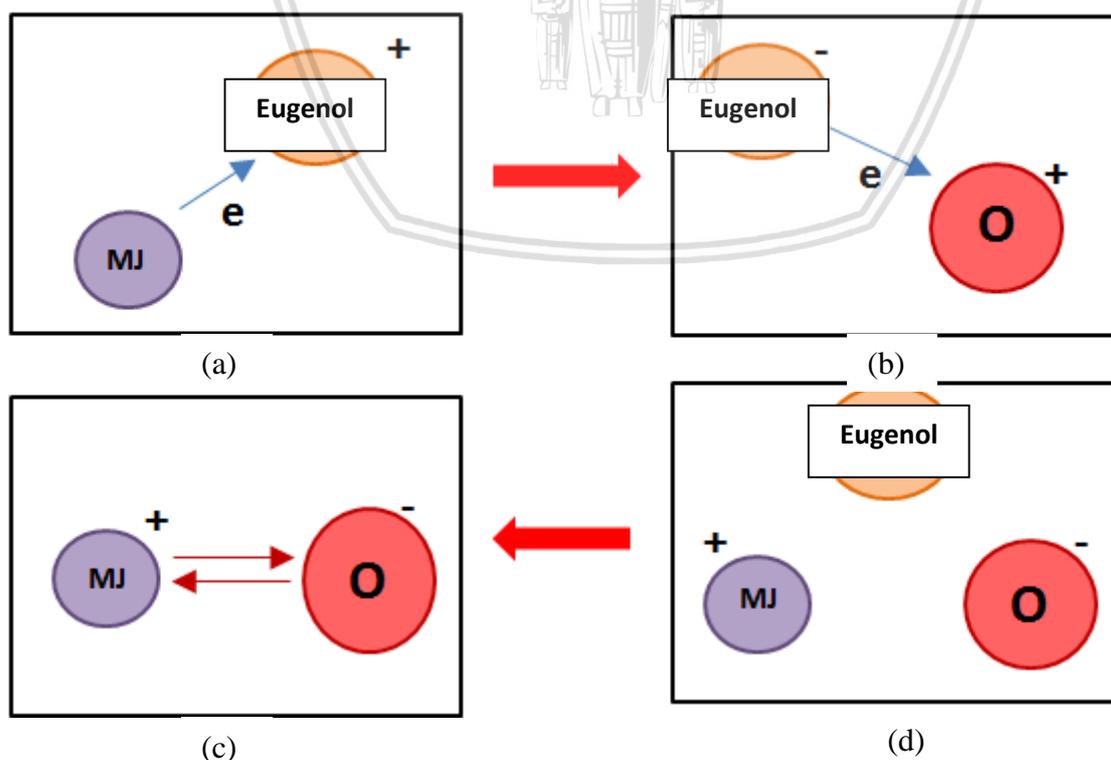
Pada molekul minyak cengkeh juga terjadi resonansi yang menimbulkan medan magnet. Medan magnet inilah yang berguna mengganggu pergerakan elektron pada molekul minyak jarak. Sehingga elektron akan semakin melemah dan mudah lepas. Namun pada minyak cengkeh, lintasan delokalisasi elektron lebih panjang dikarenakan ada penambahan lintasan pada ikatan luar. Penambahan lintasan delokalisasi tersebut juga akan berdampak pada kuat atau lemahnya medan magnet yang dihasilkan.

Fenol memiliki kecenderungan melepas atom H nya jika atom O sudah stabil akibat resonansi elektron cincin siklik. Sehingga H terlepas dan menjadi radikal bebas.



Gambar 2.17 Eugenol

Setelah melepas H eugenol menjadi lebih positif dibandingkan asam lemak, sehingga elektron asam lemak cenderung berpindah menuju eugenol. Oksigen yang bermuatan lebih positif menarik elektron dari eugenol sehingga oksigen menjadi negatif dan asam lemak menjadi positif, Tarik menarik antar oksigen dan asam lemak terjadi akibat beda potensial, menyebabkan tumbukan dan mempercepat reaksi.



Gambar 2.18 Proses reaksi minyak jarak dan oksigen
(a)elektron dari minyak jarak ke eugenol

- (b) oksigen menarik elektron dari eugenol
- (c) oksigen bermuatan negatif dan minyak jarak positif
- (d) tarik menarik oksigen dan asam lemak

2.10 Hipotesa

Berdasarkan landasan teori yang telah ada dan juga dari penelitian sebelumnya, dapat diambil sebuah hipotesa dari penelitian ini. Katalis berupa karbon aktif akan meningkatkan kecepatan pembakaran pada minyak jarak. Karena karbon aktif akan mengganggu ikatan antara molekul gliserol dan asam lemak. Gangguan tersebut mengakibatkan asam lemak menjadi kehilangan elektron dan karbon aktif akan bermuatan elektron. Penambahan persentase minyak cengkeh akan memperbaiki karakteristik pembakaran minyak jarak. Minyak cengkeh memiliki kandungan eugenol, sehingga penambahan minyak cengkeh akan menurunkan nilai *ignition delay*. Temperatur pembakaran yang dihasilkan pun akan meningkat seiring dengan peningkatan nilai *burning rate* dan *microexplosion*. Semakin tinggi kecepatan pembakaran, maka dimensi api yang dihasilkan akan semakin kecil.





BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan metode penelitian berupa eksperimental sebenarnya atau biasa disebut *true exeperimental research*. Metode eksperimental sebenarnya merupakan metode dimana peneliti mengamati secara langsung agar untuk mendapatkan sebuah data. Dengan cara tersebut akan diuji perbandingan pengaruh karbon aktif dan minyak cengkeh terhadap reaksi pembakaran droplet dengan bahan bakar minyak jarak.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei 2018 sampai selesai, bertempat di Laboratorium Otomasi Manufaktur Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

3.3 Variabel Penelitian

1. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang nilainya telah ditentukan dan tidak dipengaruhi oleh variabel lain. Dalam penelitian ini, variabel bebasnya adalah konsentrasi campuran karbon aktif 0 ppm, 100 ppm, 200 ppm, 300 ppm, 400 ppm terhadap massa minyak jarak. Konsentrasi campuran minyak cengkeh 0 ppm, 100 ppm, 200 ppm, 300 ppm, 400 ppm terhadap massa minyak jarak .

2. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang nilainya dipengaruhi oleh variabel bebas dan hasilnya dapat diketahui setelah penelitian telah selesai dilaksanakan. Dalam penelitian ini variabel terikatnya adalah temperatur api pembakaran, *ignition delay*, *burning rate*, dan visualisasi nyala api yaitu dimensi api seperti tinggi dan lebar api pada proses pembakaran *droplet* campuran minyak jarak, minyak cengkeh, dan karbon aktif.

3. Variabel Terkontrol

Variabel terkontrol adalah variabel yang besarnya telah ditentukan sebelum kegiatan penelitian berlangsung. Variabel terkendali bersifat konstan dan tidak berubah selama jalannya kegiatan penelitian. Dalam penelitian ini variabel terkendalinya adalah:

1. Suhu ruang uji bakar sebesar : 27°C - 35°C

2. Arus listrik *heater* : 220 v
3. Diameter *droplet* : 1 mm
4. Hambatan kumparan pemanas : 1.02 ohm
5. Kecepatan kamera : 120 fps

3.4 Alat dan Bahan

3.4.1 Alat yang Digunakan

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

1. Alat pembuat *droplet*

Alat pembuat *droplet* yang digunakan adalah rekayasa *syringe* dikombinasikan dengan suntikan insulin. Sehingga *syringe* dapat membentuk diameter *droplet* yang sama setiap kali digunakan. Alat pembuat *droplet* ditunjukkan oleh gambar 3.1.



Gambar 3.1 Pembuat *Droplet*

Alat tersebut terdiri dari :

- Alat pengatur volume *droplet* Spesifikasi :
 - Merk : Novo Mix
 - Buatan : Denmark
 - Suntikan penampung hasil campuran minyak jarak dengan karbon aktif dan minyak jarak dengan minyak cengkeh. Spesifikasi :
 - Merk : OneMed
 - Diameter jarum : 0,4 mm
 - Volume tabung : 1 ml
 - Buatan : Indonesia
- ##### 2. Transformator

Berfungsi untuk mengatur tegangan elemen pemanas. Ditunjukkan oleh gambar 3.2.



Gambar 3.2 Transformator

d) *Thermocouple*

Suatu alat berupa sensor untuk melakukan pengukuran suatu perubahan suhu melalui dua jenis logam yang merupakan konduktor yang berbeda digabungkan pada salah satu pangkal logamnya yang berhadapan dan dengan pangkal logam lain dihubungkan pada *data logger*. *Thermocouple* ditunjukkan oleh gambar 3.3.



Gambar 3.3 *Thermocouple*

- Tipe : R
- Jangkauan suhu yang dapat diukur : -58 – 2700 (-50 – 1480 °C)
- Material : Platinum Rhodium

5. Elemen pemanas (*heater*)

Elemen pemanas berfungsi untuk membakar *droplet* sehingga menimbulkan nyala api. Ditunjukkan oleh gambar 3.4.



Gambar 3.4 Elemen Pemanas

- Material : Ni80
- Diameter : 0,3 mm
- Hambatan : 0,25 ohm

5. Data Logger

Data logger dapat dilihat pada gambar 3.5 digunakan untuk mengubah data *analog* dari *thermocouple* menjadi data *digital* agar dapat dibaca melalui laptop.



Gambar 3.5 Data Logger

- Merk : Advantech
- Tipe : USB-4718
- Aplikasi : DAQNav 4.0.3.4
- Konsumsi Daya : 5V / 100 mA
- Channels : 8 *Thermocouple input*
- Ampere : 4 – 20 mA *current input*
- Unipolar Input : J, K, T, E, R, S, B *thermocouple*
- Dimensi : 132 x 80 x 32 mm

6. Laptop

Berfungsi untuk mengolah dan menyimpan data *digital* yang didapatkan dari *data logger*.

7. Kamera

Berfungsi untuk merekam proses terjadinya penguapan hingga nyala api di dalam ruang uji bakar *droplet*. Kamera ditunjukkan gambar 3.6.



Gambar 3.6 Kamera

8. Timbangan Analitik

Timbangan analitik digunakan untuk mengukur massa minyak jarak, massa minyak cengkeh dan massa karbon aktif.

- Merk : Precisa 320 XB
- Ketelitian : 0,0001 gram
- Kapasitas : 220 gram
- Waktu Respon : 4 s
- Pan Size : 80 x 3,1 mm

9. Gelas Ukur

Penampungan campuran minyak jarak dengan katalis rhodium maupun minyak cengkeh.



Gambar 3.7 Gelas Ukur

3.4.2 Bahan – bahan Penelitian

1. Katalis Karbon Aktif

Katalis yang digunakan pada penelitian ini untuk mempercepat reaksi pembakaran.

2. Katalis Minyak Cengkeh

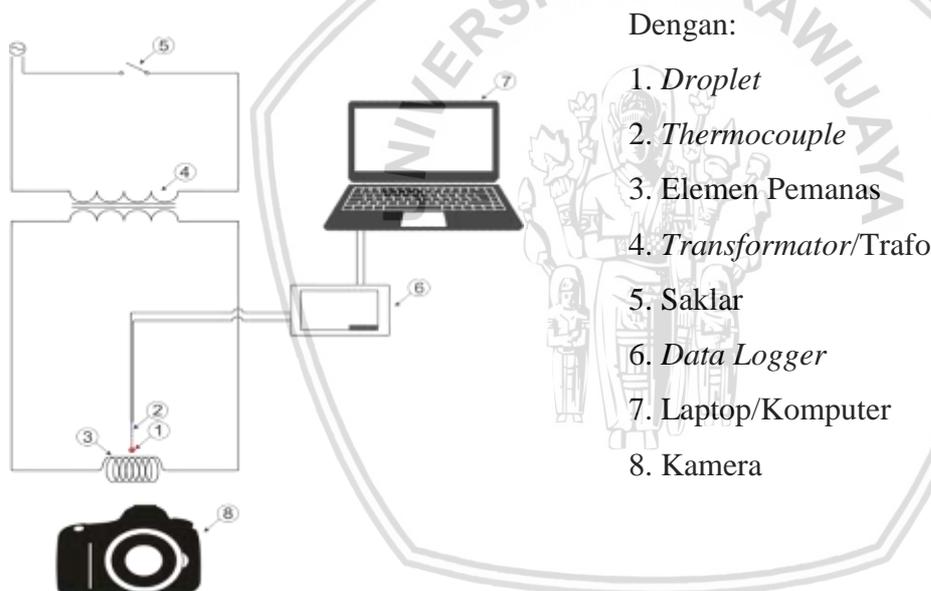
Katalis yang digunakan pada penelitian ini untuk mempercepat reaksi pembakaran.

3. Minyak Jarak

Bahan bakar minyak nabati yang dipakai untuk penelitian pembakaran droplet. Spesifikasi kimia ditunjukkan oleh tabel 2.1. Spesifikasi fisiknya ditunjukkan oleh tabel 2.2.

3.5 Skema Instalasi Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian kemudian disusun sesuai skema instalasi sesuai gambar 3.8 berikut



Gambar 3.8 Skema Instalasi Alat Penelitian

No 5 berfungsi untuk menyambung dan memutuskan arus, apabila kita sudah menyalakan saklar maka energi listrik akan disalurkan no 4 sehingga no 3 akan memanaskan perlahan. Semakin lama bahan bakar pada no 1 akan terbakar akibat panas dari no 3. Yang mana temperturnya akan disensor oleh no 2 yang akan disambungkan ke no 6. Dari no 6 dihubungkan ke laptop sehingga data temperatur dilihat.

3.6 Prosedur Pengambilan Data

Prosedur Pengambilan data meliputi hal-hal berikut :

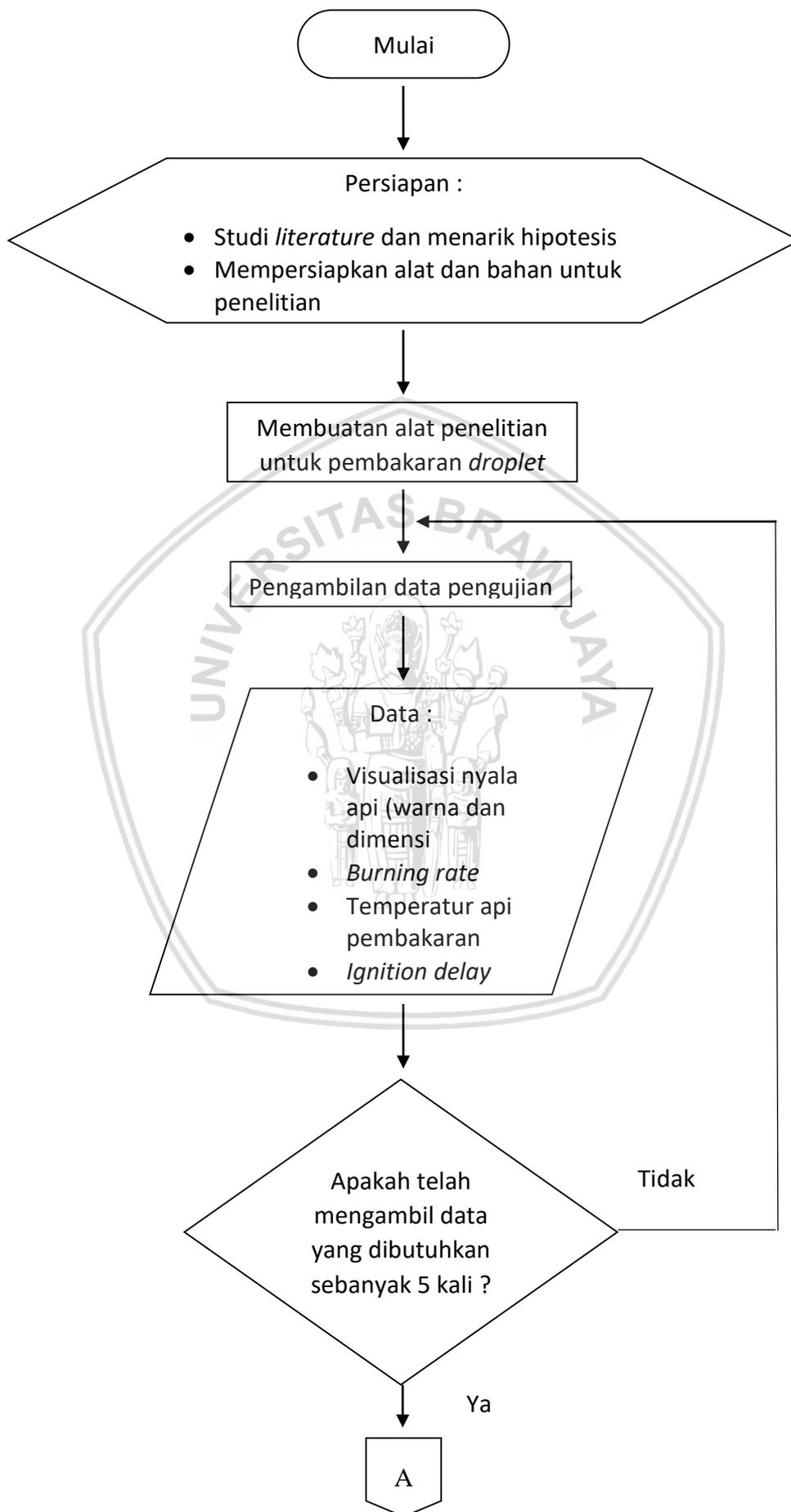
- Proses pembuatan droplet campuran minyak jarak dengan karbon aktif.

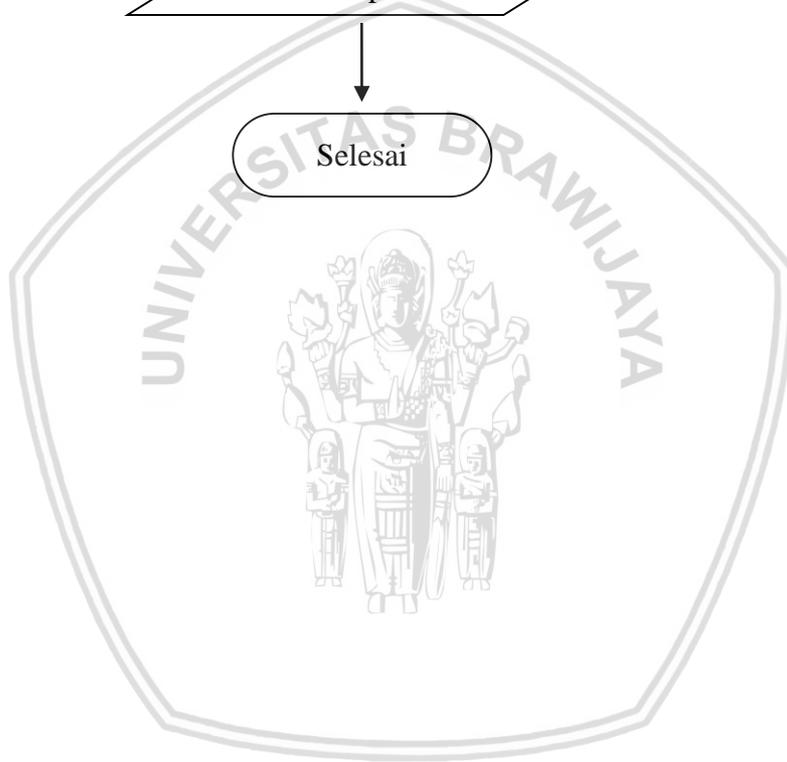
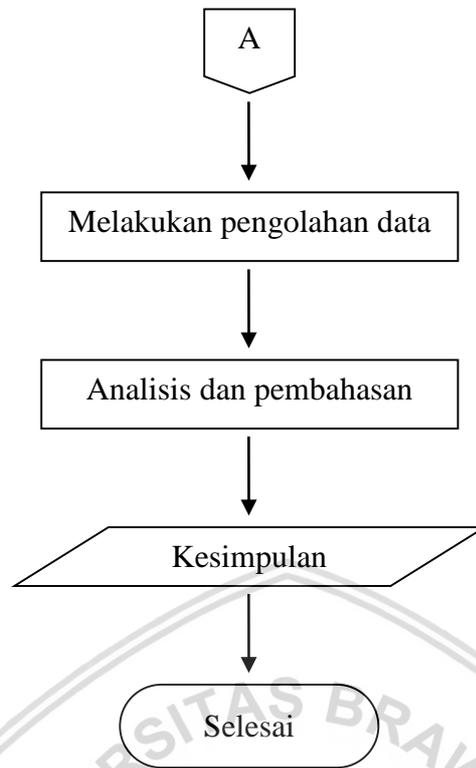
- a. Minyak jarak dicampur secara mekanik di dalam gelas ukur dengan katalis karbon aktif dengan massa 0 ppm, 100 ppm, 200 ppm, 300 ppm, 400 ppm dari massa total campuran 50 gram.
 - b. Masukkan campuran minyak jarak dengan karbon aktif ke dalam *srynge* yang telah dimodifikasi (*gambar 3.1*) yang digunakan sebagai pembuat *droplet*.
 - c. Mengatur banyaknya *droplet* yang dikeluarkan dengan cara memutar bagian masing-masing kepala *srynge* yang telah dimodifikasi tersebut sebanyak satu skala pada *srynge* tersebut.
 - d. Beri tekanan pada pangkal *srynge* hingga terbentuk *droplet* pada ujung jarumnya.
 - e. Untuk pembentukan *droplet* selanjutnya pastikan bahwa ujung jarum suntik bersih.
- Proses pembuatan *droplet* campuran minyak jarak dengan minyak cengkeh.
 - a. Minyak minyak jarak dicampur secara mekanik di dalam gelas ukur dengan minyak cengkeh dengan massa 0 ppm, 100 ppm, 200 ppm, 300 ppm, 400 ppm dari massa total campuran 50 gram.
 - b. Masukkan campuran minyak jarak dengan minyak cengkeh ke dalam *srynge* yang telah dimodifikasi yang digunakan sebagai pembuat *droplet*.
 - c. Masukkan campuran minyak jarak dengan minyak cengkeh ke dalam *srynge* yang mengatur banyaknya *droplet* yang dikeluarkan dengan cara memutar bagian masing-masing kepala *srynge* yang telah dimodifikasi tersebut sebanyak satu skala pada *srynge* tersebut.
 - d. Beri tekanan pada pangkal *srynge* hingga terbentuk *droplet* pada ujung jarumnya.
 - e. Untuk pembentukan *droplet* selanjutnya pastikan bahwa ujung jarum suntik bersih.
 - Prosedur pengambilan data.
 - a. Atur dan pasang semua alat-alat penelitian pada ruang pengujian bakar *droplet* sesuai dengan skema penelitian yang terdapat pada *gambar 3.7*.
 - b. Pasang kamera di depan ruang uji bakar *droplet* untuk melihat *droplet* dengan jarak 20 cm dan fokus hingga gambar ujung *thermocouple* jelas tergambar pada layar kamera.
 - c. Hubungkan *thermocouple* ke *data logger* setelah itu hubungkan *datalogger* ke laptop/komputer.

- d. Nyalakan laptop/komputer, kemudian mulai jalankan *software data logger* untuk membaca data *analog* 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 4.0.3.4 yang ada pada laptop/komputer dan *record*.
- h. Tekan tombol rekam pada kamera bersamaan dengan menyalakan elemen pemanas dengan menekan tombol nyala pada saklar.
- i. Matikan saklar sesaat setelah api menyala dan hentikan proses merekam pada kamera sesaat setelah api mati.
- j. Klik *stop* pada program DAQNav 4.0.3.4 yang ada pada laptop/komputer lalu pilih *Save as*.
- k. Data yang terbaca pada aplikasi DAQNav 4.0.3.4 yang ada pada 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.
- m. Ulangi prosedur untuk setiap variasi pengujian



3.7 Diagram Alir Penelitian





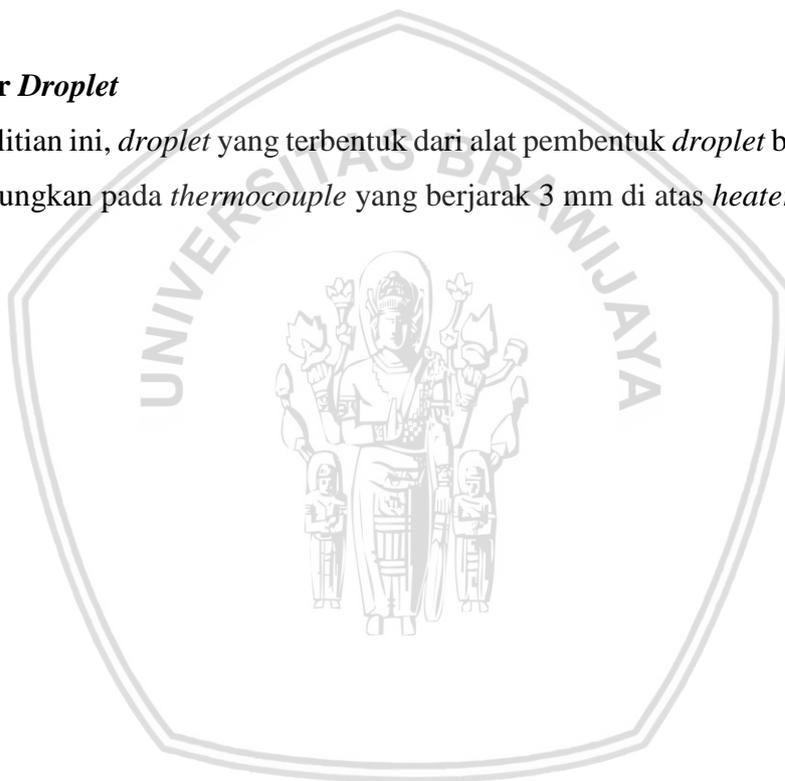
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Data yang diambil dari penelitian ini merupakan data karakteristik dari campuran minyak jarak dengan variasi penambahan minyak cengkeh dan karbon aktif masing-masing sebesar 0 ppm, 100 ppm, 200 ppm, 300 ppm, dan 400 ppm. Data didapatkan melalui perekaman nyala api (dimensi dan *burning lifetime*) dan *data logger* (temperatur).

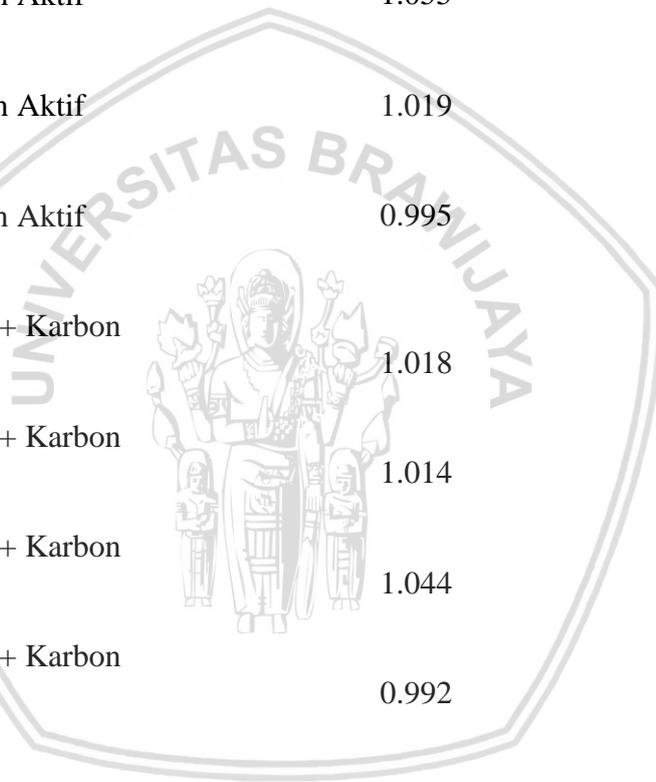
4.1.1 Diameter Droplet

Pada penelitian ini, *droplet* yang terbentuk dari alat pembentuk *droplet* berukuran 1 mm. *Droplet* digantungkan pada *thermocouple* yang berjarak 3 mm di atas *heater*.



Tabel 4.1
Data diameter *droplet* minyak jarak

<i>Sample</i>	<i>Diameter Droplet (mm)</i>
Minyak Jarak (<i>Crude</i>)	1.174
Minyak Jarak + Cengkeh 100 ppm	1.147
Minyak Jarak + Cengkeh 200 ppm	1.015
Minyak Jarak + Cengkeh 300 ppm	1.021
Minyak Jarak + Cengkeh 400 ppm	1.012
Minyak Jarak + Karbon Aktif 100 ppm	0.993
Minyak Jarak + Karbon Aktif 200 ppm	1.055
Minyak Jarak + Karbon Aktif 300 ppm	1.019
Minyak Jarak + Karbon Aktif 400 ppm	0.995
Minyak Jarak + Cengkeh + Karbon Aktif 100 ppm	1.018
Minyak Jarak + Cengkeh + Karbon Aktif 200 ppm	1.014
Minyak Jarak + Cengkeh + Karbon Aktif 300 ppm	1.044
Minyak Jarak + Cengkeh + Karbon Aktif 400 ppm	0.992



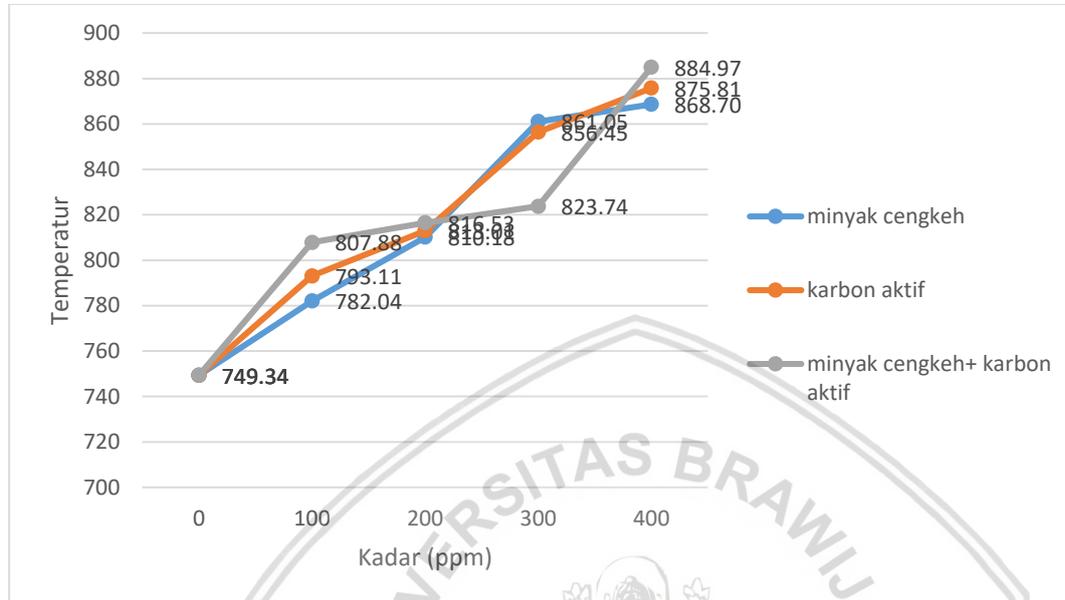
4.1.2 Tabel Data Hasil Penelitian

Tabel 4.2
Data *burning life* hasil pembakaran *droplet*

<i>Sample</i>	<i>Burning life (s)</i>
Minyak Jarak (<i>Crude</i>)	2.24
Minyak Jarak + Cengkeh 100 ppm	2.09
Minyak Jarak + Cengkeh 200 ppm	2.03
Minyak Jarak + Cengkeh 300 ppm	2.02
Minyak Jarak + Cengkeh 400 ppm	2
Minyak Jarak + Karbon Aktif 100 ppm	2.01
Minyak Jarak + Karbon Aktif 200 ppm	1.23
Minyak Jarak + Karbon Aktif 300 ppm	1.21
Minyak Jarak + Karbon Aktif 400 ppm	1.16
Minyak Jarak + Cengkeh + Karbon Aktif 100 ppm	2.02
Minyak Jarak + Cengkeh + Karbon Aktif 200 ppm	1.25
Minyak Jarak + Cengkeh + Karbon Aktif 300 ppm	1.24
Minyak Jarak + Cengkeh + Karbon Aktif 400 ppm	1.23

4.2 Analisis dan Pembahasan

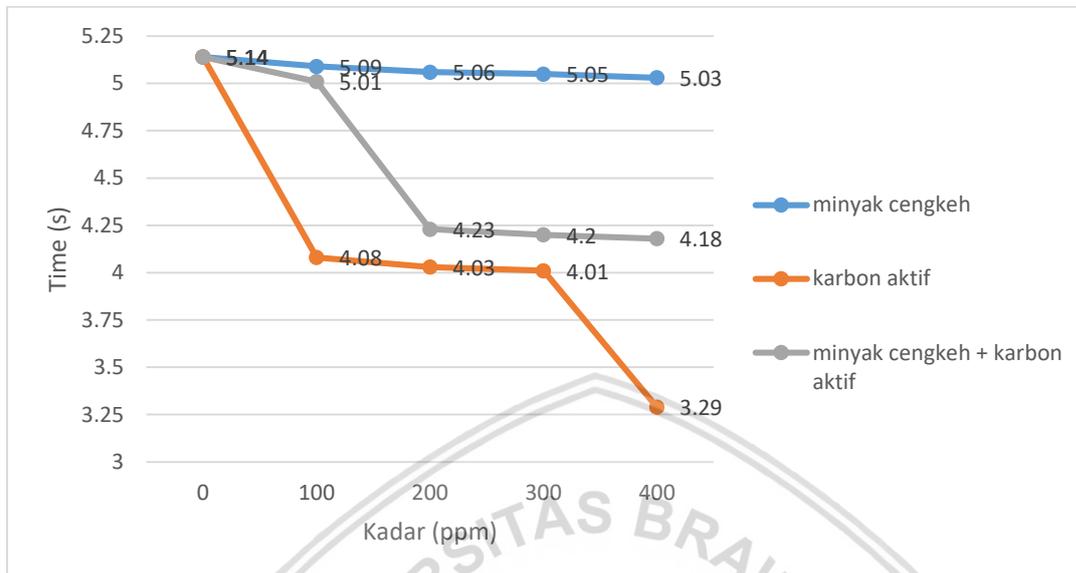
4.2.1 Pengaruh Variasi Penambahan Minyak Cengkeh dan Karbon Aktif terhadap Temperatur Reaksi Pembakaran *Droplet* Minyak Jarak



Gambar 4.1 Perbandingan Pengaruh Variasi Penambahan Minyak Cengkeh dan Karbon Aktif terhadap Temperatur Pembakaran *Droplet* Minyak Jarak

Dari gambar 4.1 data yang diperoleh minyak jarak campuran memiliki temperatur pembakaran paling tinggi dibandingkan dengan minyak jarak murni dan minyak jarak yang hanya dengan satu katalis. Penambahan kadar katalis minyak cengkeh maupun karbon aktif temperatur pembakaran cenderung meningkat. Hal ini disebabkan karena temperatur pembakaran yang tinggi disebabkan oleh kemampuan katalis untuk mempercepat terjadinya reaksi sehingga tumbukan antar molekul yang bermuatan dan gerakan acak dari atom semakin cepat. Hal ini menyebabkan proses oksidasi yang cepat dan berdampak pada kenaikan temperatur pembakaran.

4.2.2 Pengaruh Variasi Penambahan Minyak Cengkeh dan Karbon Aktif terhadap *Ignition Delay* Pembakaran *Droplet* Minyak Jarak



Gambar 4.2 Pengaruh Variasi Penambahan Minyak Cengkeh dan Karbon Aktif terhadap *Ignition Delay* Pembakaran *Droplet* Minyak Jarak

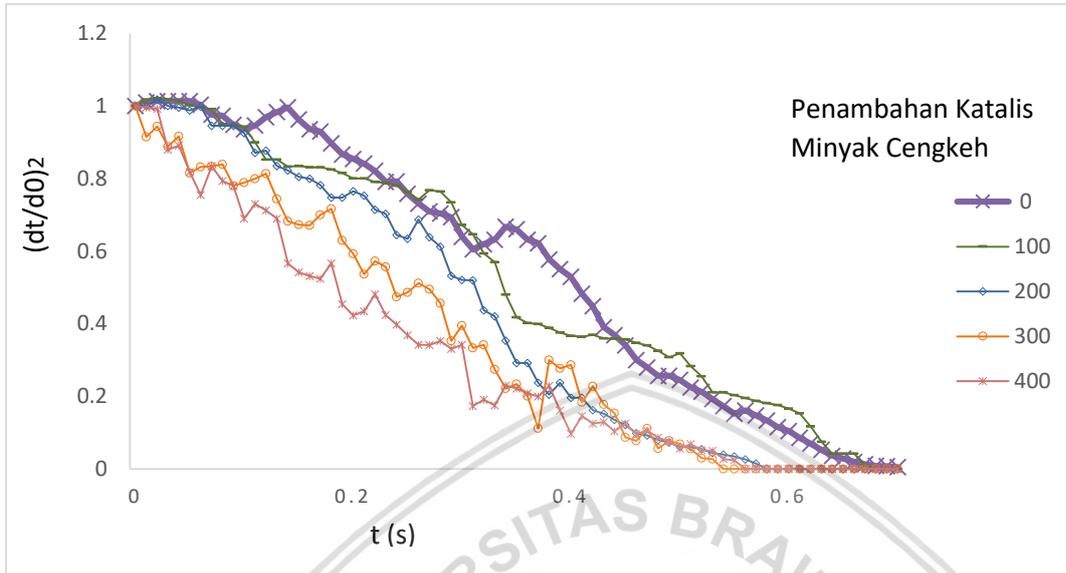
Dari gambar 4.2 data yang ada 400KA memiliki nilai *ignition delay* yang paling rendah. Nilai *ignition delay* penambahan katalis minyak cengkeh maupun karbon aktif sama-sama cenderung menurun seiring dengan bertambahnya katalis.

Sesuai dengan landasan teori katalis minyak cengkeh dan karbon aktif akan mempercepat reaksi pembakaran karena menimbulkan gaya elektromagnetik yang mengganggu elektron yang terdapat pada minyak jarak dan oksigen sehingga energi aktivasi yang dibutuhkan untuk mereaksikan bahan bakar dan oksigen akan semakin berkurang.

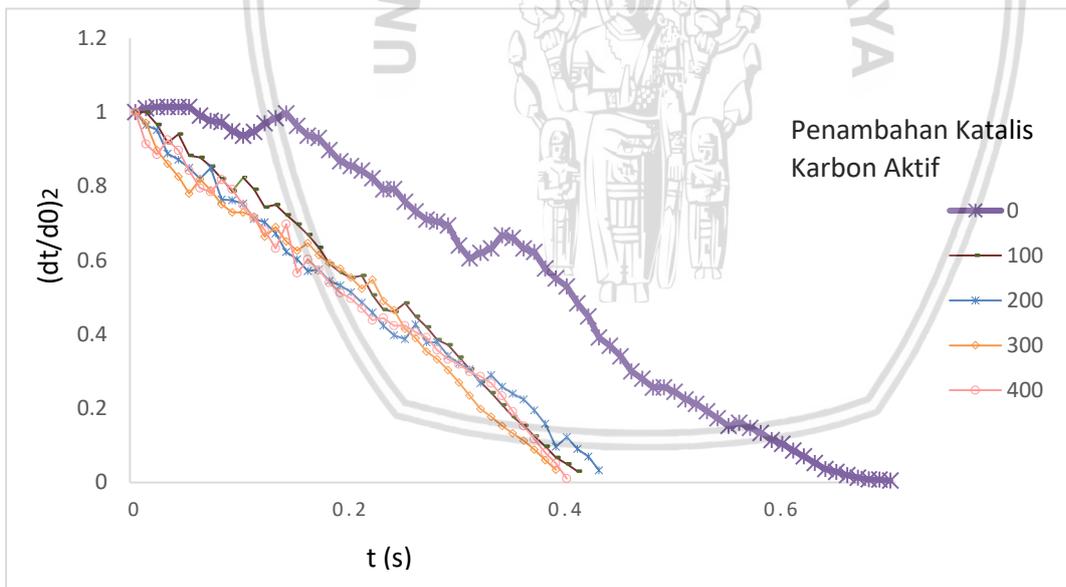
Nilai *ignition delay* yang dihasilkan oleh karbon aktif menunjukkan bahwa karbon aktif lebih efektif dalam mempengaruhi *ignition delay*. Hal ini terjadi karena karbon aktif lebih memberikan efek dalam menurunkan energi aktivasi pembakaran yang menyebabkan pembakaran relatif terjadi lebih cepat dikarenakan pemutusan atom karbon dan hidrogen yang terjadi. Menyebabkan molekul asam lemak semakin pendek jadi lebih besar pula penurunan energi aktivasi pembakarannya.

Sedangkan pada minyak cengkeh magnetik yang terjadi dikarenakan beda keelektronegatifan atom-atom yang ada pada senyawa tersebut. Akan memberikan efek yang relatif lebih kecil.

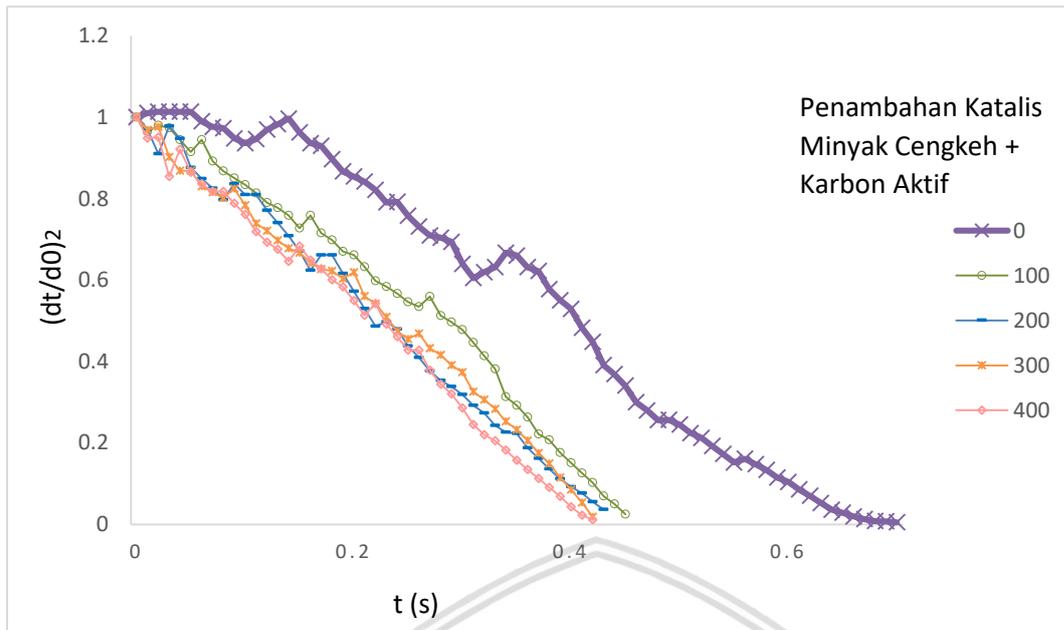
4.2.3 Pengaruh Variasi Penambahan Minyak Cengkeh dan Karbon Aktif terhadap *Burning Rate* Pembakaran *Droplet* Minyak Jarak



Gambar 4.3 Pengaruh Penambahan Minyak Cengkeh pada Pembakaran *Droplet* Minyak Jarak



Gambar 4.4 Pengaruh Penambahan Karbon Aktif pada Pembakaran *Droplet* Minyak Jarak



Gambar 4.5 Pengaruh Penambahan Cengkeh dan Karbon Aktif pada Pembakaran Droplet Minyak Jarak

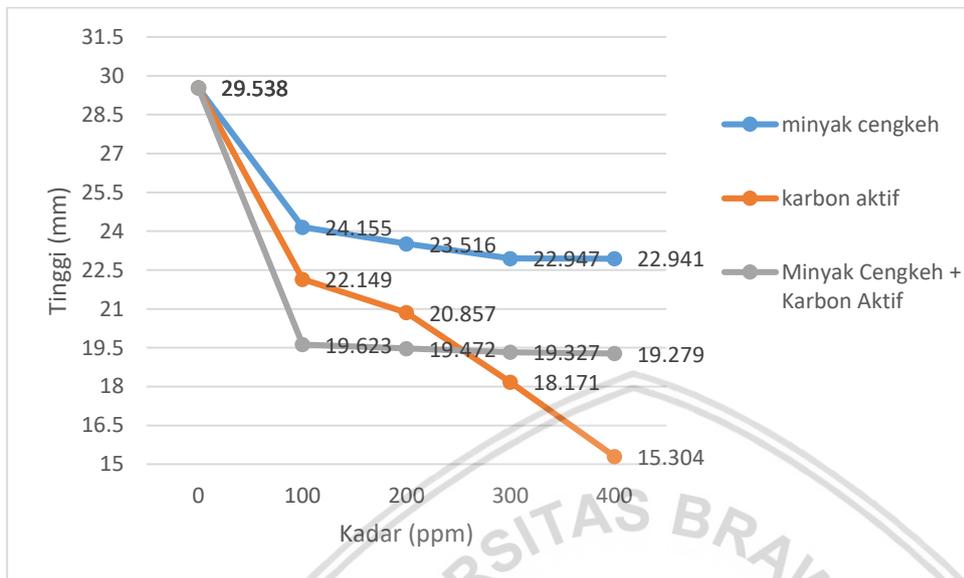
Pada gambar 4.3, 4.4, dan 4.5 menunjukkan pengaruh variasi penambahan minyak cengkeh dan karbon aktif terhadap *burning rate* pembakaran *droplet* minyak jarak.

Dari data *burning rate* yang dihasilkan maka dapat disimpulkan bahwa seiring dengan penambahan minyak cengkeh maupun karbon aktif maka *burning rate* semakin cepat. Ini sesuai dengan yang terdapat pada landasan teori. Penambahan minyak cengkeh maupun karbon aktif mampu mengurangi energi aktivasi yang dibutuhkan untuk mereaksikan oksigen dengan minyak jarak. Jadi, pembakaran akan semakin cepat terjadi.

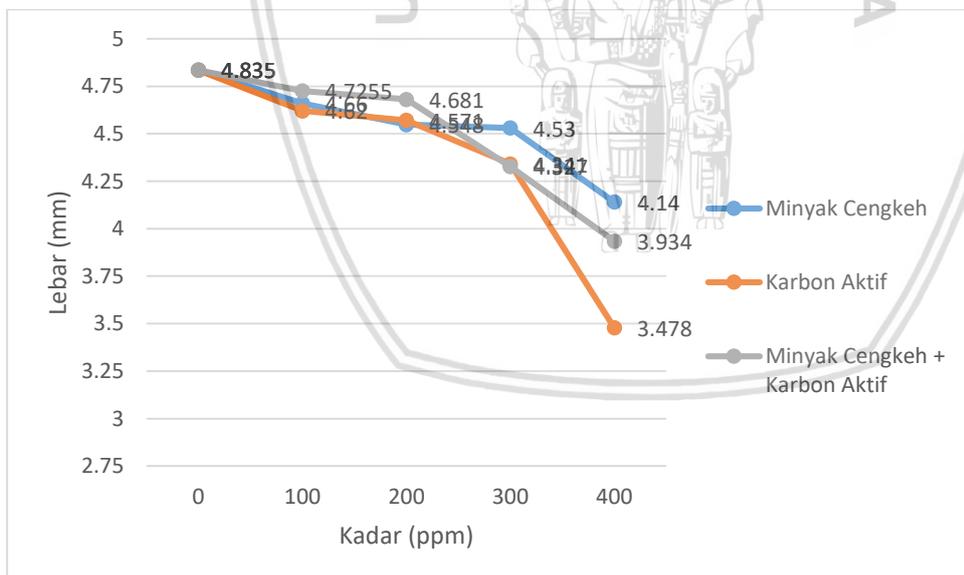
Nilai *burning rate* yang dihasilkan oleh karbon aktif menunjukkan bahwa karbon aktif lebih efektif mempengaruhi *burning rate*. Karbon aktif lebih memberikan efek lebih dikarenakan mempunyai lebih banyak medan magnet dalam satu atom yang mengganggu ikatan atom minyak jarak dibanding dengan minyak cengkeh.

Penyusun minyak cengkeh juga berpengaruh dalam *burning rate*. Gliserol menurut Wardana (2008) akan terbakar pada akhir pembakaran dikarenakan memiliki titik nyala api lebih tinggi dibandingkan penyusun lainnya.

4.2.4 Pengaruh Variasi Penambahan Minyak Cengkeh dan Karbon Aktif terhadap Visualisasi Api Pembakaran *Droplet* Minyak Jarak



Gambar 4.6 Pengaruh Variasi Penambahan Minyak Cengkeh dan Karbon Aktif terhadap Tinggi Api Pembakaran *Droplet* Minyak Jarak



Gambar 4.7 Pengaruh Variasi Penambahan Minyak Cengkeh dan Karbon Aktif terhadap Lebar Api Pembakaran *Droplet* Minyak Jarak

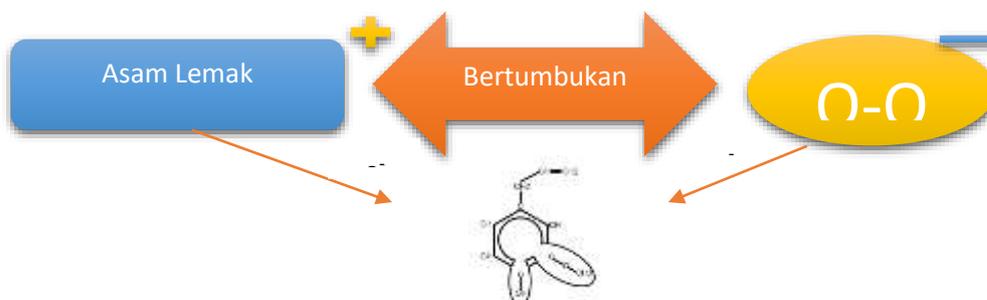
Dari gambar 4.6 dan 4.7 menunjukkan bahwa minyak cengkeh memiliki panjang api yang lebih panjang dibandingkan dengan campuran minyak jarak dengan karbon aktif. Minyak jarak murni memiliki tinggi yang paling besar. Sedangkan karbon aktif memiliki

lebar api yang lebih pendek dibandingkan dengan campuran minyak jarak dengan minyak cengkeh. Minyak jarak murni memiliki lebar api yang paling besar.

Dapat diamati proses pembakaran yang cepat dapat membuat tinggi api yang di hasilkan semakin kecil. Ini di karenakan panjang api berbanding terbalik dengan difusitas molekular (Wardana, 2008:190). Semakin tinggi persentase minyak cengkeh maupun karbon aktif yang ditambahkan pada minyak jarak maka laju reaksi pembakarannya akan meningkat. Semakin meningkat laju reaksi pembakaran maka waktu nyala api yang dihasilkan relatif singkat sehingga panjang api yang dihasilkan semakin menurun.

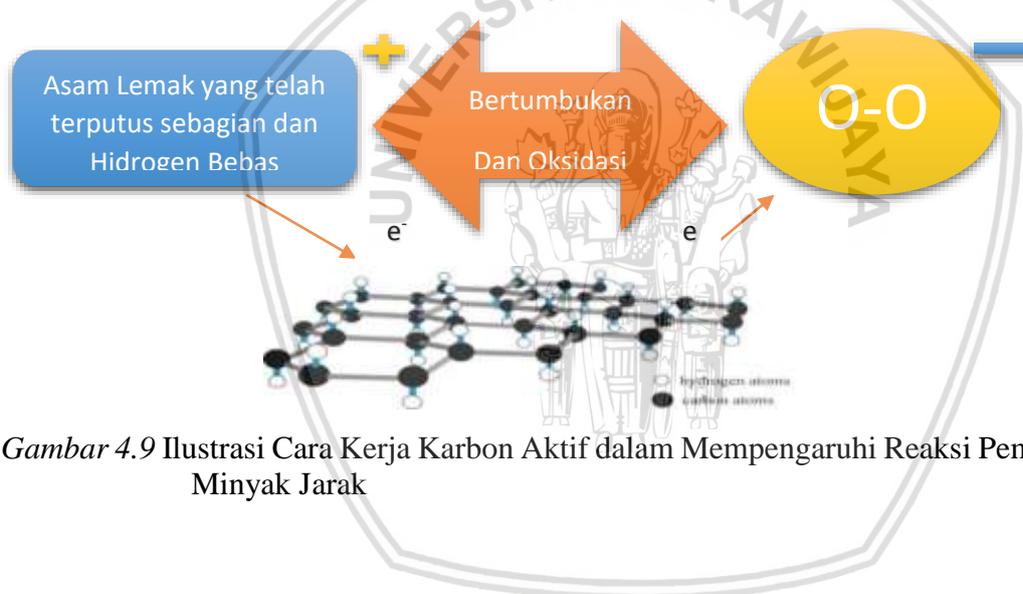
Dalam gambar beberapa konsentrasi terjadi *microexplosion* yang menyebabkan perubahan dimensi api tau membuat api tidak stabil pembakarannya. *Microexplosion* terjadi dikarenakan perbedaan kecepatan pada titik-titik reaksi pada area *droplet*. Terjadinya *microexplosion* akibat perbedaan *boiling point* 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.

Seiring dengan penambahan minyak cengkeh maupun karbon aktif semakin besar kecepatan reaksi pembakaran. Hal ini terjadi karena minyak cengkeh dan karbon aktif akan mempercepat reaksi pembakaran karena menimbulkan induksi elektromagnetik yang mengganggu elektron yang terdapat pada minyak jarak dan oksigen. Pada molekul minyak cengkeh juga terjadi resonansi yang menimbulkan medan magnet. Medan magnet inilah yang berguna mengganggu pergerakan elektron pada molekul minyak jarak. Sehingga elektron akan semakin melemah dan mudah lepas. Namun pada minyak cengkeh, lintasan delokalisasi elektron lebih panjang dikarenakan ada penambahan lintasan pada ikatan luar. Penambahan lintasan delokalisasi tersebut juga akan berdampak pada kuat atau lemahnya medan magnet yang dihasilkan.



Gambar 4.8 Ilustrasi Cara Kerja Minyak Cengkeh dalam Mempengaruhi Reaksi Pembakaran Minyak Jarak

Pada karbon aktif *Graphene* akan menarik atom karbon untuk memperbaiki dirinya sendiri (Konstantine N. et al., 2012). Pada asam lemak yang terdapat pada minyak jarak untuk memperbaiki kecacatan pada strukturnya sendiri. Hal ini berakibat atom hidrogen yang berikatan pada atom karbon akan menjadi radikal bebas. Atom hidrogen yang bebas sebagian akan ditarik oleh *Graphene* menghasilkan *Graphane*. *Graphane* sendiri bersifat magnetik (Jorge, 2016) yang mengakibatkan penarikan elektron yang tersisa dari asam lemak sehingga asam lemak menjadi bermuatan positif. Elektron yang tertarik oleh karbon akan tertarik juga oleh oksigen dikarenakan massa atom oksigen yang lebih besar dibandingkan dengan massa atom karbon sehingga oksigen memiliki muatan yang negatif. Setelah itu asam lemak yang bermuatan positif dengan oksigen akan saling bertumbukan sehingga menurunkan energi aktivasi pembakaran. Hal ini menyebabkan reaksi pembakaran yang ditimbulkan menjadi semakin cepat.



Gambar 4.9 Ilustrasi Cara Kerja Karbon Aktif dalam Mempengaruhi Reaksi Pembakaran Minyak Jarak

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

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

1. Penambahan katalis minyak cengkeh dan karbon aktif mempengaruhi karakteristik pembakaran *droplet* minyak jarak. Penambahan katalis menurunkan dimensi api, dan *ignition delay* reaksi pembakaran tetapi meningkatkan nilai *burning rate* dan temperatur pembakaran.
2. Karbon aktif lebih efektif dalam mempengaruhi karakteristik pembakaran *droplet* minyak jarak dibandingkan dengan minyak cengkeh dan campuran keduanya.
3. *Ignition delay* karbon aktif adalah 3.29s lebih kecil dibandingkan dengan minyak cengkeh yang sebesar 5.03s dan campuran keduanya sebesar 4.18s.

5.2 Saran

1. Penelitian tentang *Graphane* dan *Graphene* perlu dilakukan lebih lanjut pengaruhnya terhadap reaksi pembakaran *premix* maupun difusi.
2. Untuk penelitian karbon aktif 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

- Alam, S.S. (2011). *A Theoretical Study of Liquid Droplet Combustion*. India: Aligarh Muslim University.
- Blue Ocean Solutions (2015). *Introduction to Emulsified Fuel*. <http://www.blueoceansoln.com/solutions-2/introduction-to-emulsified-fuel>. (diakses 13 september 2017)
- Handayani, N. A., dkk.(2013). *Biodiesel Production from Kapok (Ceiba Pentandra) Seed Oil Using Naturally Alkaline Catalyst as an Effort of Green Energy and Technology*. Jurnal Internasional. Semarang: Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, hlm. 169-173.
- Handayani, Wuryanti.(2001). Sintesis polieugenol dengan katalis asam sulfat. <http://www.unej.ac.id/fakultas/mipa/vol2,no2/sintesis.pdf/>. 4 Februari 2016.
- Kadarohman, Asep et. al.(2008), *Potency of Clove Oil and Turpentine Oil as a Diesel Fuel Bioadditive and Their Performance on One Cylinder Engine*, *Proceeding of The International Seminar on Chemistry*, Jatinangor
- Kadarohman, A.(2009), *Eksplorasi Minyak Atsiri Sebagai Bioaditif Bahan Bakar Solar*, Jurnal Pengajaran MIPA, Vol. 14 No. 2 hal 121-14
- Kadarohman, Asep et. al.(2010), *A Potential Study On Clove Oil, Eugenol and Eugenyl Acetate as Diesel Fuel Bio-Additives and Their Performance on One Cylinder Engine*, *Journal Transport*, 25(1): 66-76
- Kadarohman, Asep et. al.(2012), *Combustion Characteristic of Diesel Fuel on One Cylinder Diesel Engine Using Clove Oil, Eugenol, and Eugenyl Acetate as Fuel Bio-Additives*, Vol 98: 73-79
- Ketaren, S.(1985). *Pengantar Teknologi MinyakAtsiri* . Balai Pustaka Jakarta.
- 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.
- Lakshminarayanan, P. A. & Aghav Y. V. (2010). *Modelling Diesel Combustion*. New York: Springer. hlm. 59-78.
- Lawless, J.(2002). *The Encyclopedia Of Essential Oils*. Thorson. London.
- Mishra, D.P. (2014). *Experimental Combustion: an Introduction*. Boca Raton: CRC Press.
- Mura, E., Massoli, P., Josset, C., Loubar, K., Bellettre, J. (2011). *Study of The Micro-explosion Temperature of Water in Oil Emulsion Droplets Durig The Leidenfrost Effect*. Cagliari: Global Energy Interconnection Research Institute Europe.
- Quintere, J.G. (1998). *Principles of Fire Behavior*. New York: Delmar.

- Sudibandriyo (2013). *Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Baku Ampas Tebu dengan Aktivasi Kalium*. Skripsi. Tidak dipublikasikan. Jakarta: Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Sugiyono, dkk,(2015). Outlook Energi Indonesia 2015. Jakarta
- Sutrisno. 2015. Pengaruh Penggunaan Minyak Cengkeh (Cloves Oil) Sebagai Bioaditif Bahan Bakar Terhadap Prestasi Mesin Sepeda Motor Bensin 4 Langkah. Skripsi. Lampung: Universitas Lampung
- Warra, A.(2012). *Cosmetic potentials of physic nut (Jatropha curcas Linn.) seed oil: A review*. *Journal Of Scientific and Industrial Research*. Kebbi State University of Science and Technology
- 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.
- Zeng, Y. & Lee, C.F. (2007). *Modelling of Micro-explosion for Multicomponent Droplets*. Champaign: University of Illinois.

