

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan manusia pada energi semakin meningkat seiring dengan berkembangnya teknologi dan otomatisasi. Pemenuhan kebutuhan energi tersebut sebagian besar diperoleh melalui bahan bakar fosil yang notabene tidak dapat diperbaharui. Hal ini yang kemudian menjadi dasar untuk dilakukannya penelitian-penelitian mengenai konservasi energi. Salah satu langkah dalam konservasi energi yaitu melakukan penelitian tentang sumber energi lain terutama energi *renewable* sebagai pengganti penggunaan bahan bakar fosil.

Dalam upaya untuk mengatasi masalah konsumsi energi yang semakin meningkat, pengembangan sumber energi alternatif adalah suatu keharusan. Salah satu diantaranya adalah pemanfaatan minyak kelapa sawit atau *palm oil* untuk pengganti bahan bakar fosil. Tanaman kelapa sawit bisa tumbuh secara baik di daerah tropis yaitu pada ketinggian tanah berkisar 0 sampai 500 mdpl. Selain itu, tanaman ini cocok ditanam pada daerah dengan curah hujan stabil, artinya kelapa sawit sangat cocok untuk ditanam di Indonesia. Penerapan minyak kelapa sawit sebagai pengganti sumber energi khususnya di Indonesia memiliki beberapa keunggulan. Pertama, sumber energi alternatif menggunakan minyak kelapa sawit atau *palm oil* termasuk *renewable energy* sehingga kesinambungan produksi bisa terjamin. Kedua, Indonesia sangat sesuai sebagai habitat berkembangnya tanaman kelapa sawit, sehingga ketersediaan bahan baku lebih terjamin. Ketiga, pengembangan alternatif ini merupakan proses produksi yang ramah lingkungan.

Agar pembakaran menggunakan minyak kelapa sawit semakin baik, maka perlu dilakukan rekayasa pada proses pembakarannya. Salah satu rekayasa yang dapat dilakukan ialah menggunakan karbon aktif sebagai katalis untuk mempercepat proses pembakaran sehingga bisa didapatkan karakteristik pembakaran yang lebih baik. Karbon aktif sebagai katalis akan menyebabkan turunnya energi aktivasi yang mengakibatkan reaksi pembakaran minyak kelapa sawit dapat memiliki karakteristik pembakaran semakin baik.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, maka rumusan masalah yang dapat diambil dari penelitian ini adalah bagaimana pengaruh karbon aktif pada pembakaran

droplet minyak kelapa sawit terhadap karakteristik pembakaran yang meliputi *ignition delay*, *burning rate*, kecepatan reaksi pembakaran dan visualisasi nyala api yang meliputi panjang dan lebar.

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan pada penelitian tidak meluas, maka penulis memberikan batasan sebagai berikut:

- a. Tekanan pada pengujian ini yaitu konstan pada tekanan atmosfer dan suhu ruangan sekitar 25 °C - 30°C.
- b. Tidak membahas proses pembuatan karbon aktif dan minyak kelapa sawit.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh karbon aktif terhadap karakteristik pembakaran *droplet* minyak kelapa sawit yang meliputi *ignition delay*, *burning rate*, kecepatan reaksi pembakaran dan visualisasi nyala api yang meliputi panjang dan lebar.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan wawasan tentang pengaruh karbon aktif dalam pembakaran menggunakan minyak kelapa sawit.
2. Sebagai sarana dalam pengembangan sumber energi alternatif yang bisa diperbaharui (*renewable*)
3. Memberikan pengetahuan dan wawasan baru bagi penulis.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

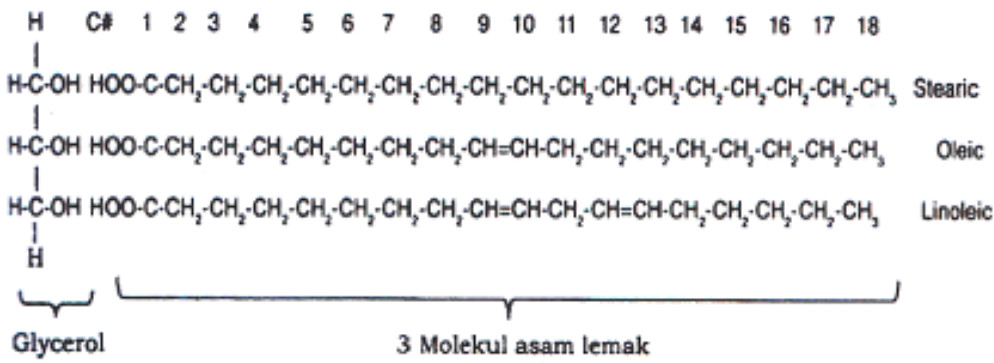
2.1 Penelitian Sebelumnya

Pada penelitian yang dilakukan Wijanarko, *et al.* (2006) didapatkan hasil penelitian yang menunjukkan rantai molekul minyak kelapa sawit dapat direngkah menjadi senyawa dengan rantai lebih pendek melalui reaksi perengkahan katalitik dengan katalis asam. Katalis yang digunakan adalah katalis γ -alumina. Perubahan rantai molekul menjadi lebih pendek tersebut mempengaruhi sifat fisik (densitas dan viskositas) sehingga juga berpengaruh pada karakteristik pembakarannya.

Juntgen (1986) melakukan suatu penelitian tentang karbon aktif sebagai katalis. Dalam konteks penelitian tersebut, karbon aktif memiliki efek yang baik digunakan sebagai katalis. Efek katalis tersebut dipengaruhi oleh sifat kimiawi dan fisik dari karbon aktif. Keuntungan tertentu dari penggunaan karbon aktif sebagai katalis adalah fakta bahwa struktur pori dari karbon aktif dan permukaan internalnya dapat secara luas mempengaruhi reaksi. Selain itu, ukuran butir dari karbon aktif dapat pula mempengaruhi reaksi.

2.2 Minyak Nabati

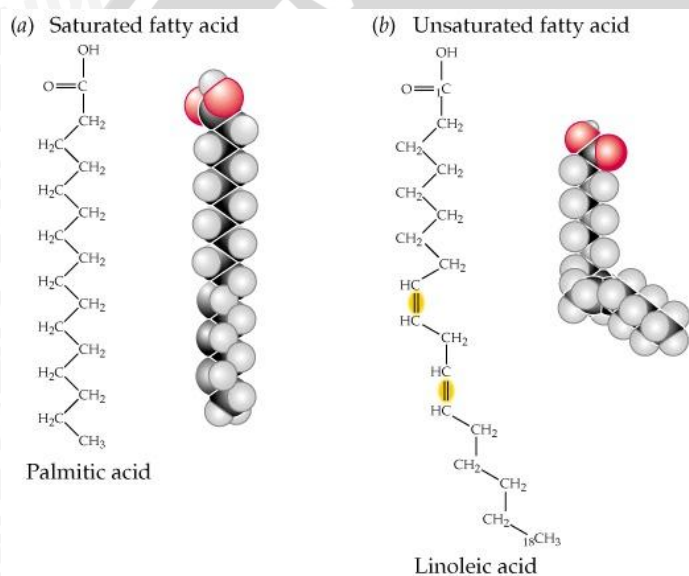
Minyak nabati tersusun dari *triglyceride* yang terdiri dari *glycerol* yakni alkohol dengan rantai 3 karbon sebagai tulang punggung (rantai utama) dan 3 cabang asam lemak dengan rantai karbon sebanyak 18 atau 16. Asam lemak merupakan rantai hidrokarbon lurus dan panjang yang berisi 12 sampai 24 atom karbon. Salah satu ujung asam lemak berisi kelompok asam *carboxylic* (COOH). Asam lemak bisa jenuh dengan ikatan tunggal pada rantai karbonnya, bisa juga tak jenuh dengan hanya satu ikatan rangkap pada rantai karbonnya, atau bisa tak jenuh dengan banyak ikatan rangkap pada rantai karbonnya (Wardana, 2008). Gambar 2.1 berikut merupakan contoh sebuah struktur ikatan molekul minyak nabati.



Gambar 2.1 Susunan ikatan molekul minyak nabati

Sumber: Wardana (2008,p.38)

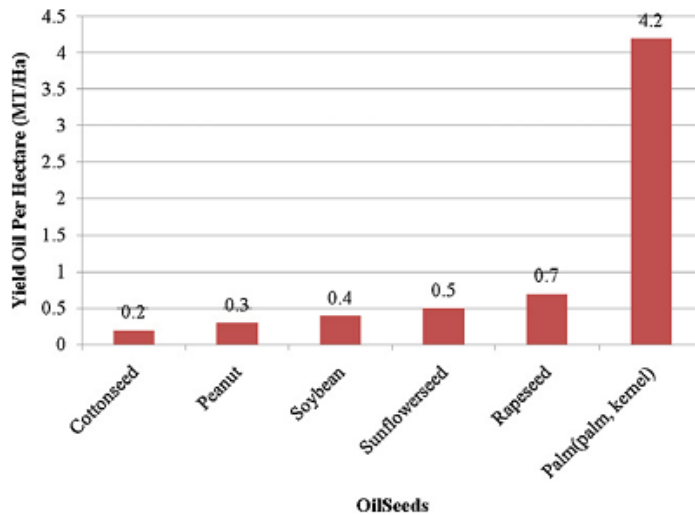
Gambar 2.2 berikut menjelaskan perbedaan minyak nabati jenuh dan minyak nabati tak jenuh.



Gambar 2.2 (a) Struktur minyak nabati jenuh (asam palmitat) dan (b) Struktur minyak nabati tak jenuh (asam linoleat)

2.2.1 Minyak Kelapa Sawit

Minyak kelapa sawit adalah sumber minyak biodiesel yang paling prospektif dibandingkan dengan minyak nabati lainnya. Minyak kelapa sawit dapat menghasilkan jumlah minyak yang banyak per-hektarnya, selain itu, kelapa sawit tidak banyak menghabiskan pupuk, air, dan pestisida untuk proses budi dayanya. Berikut gambar 2.3 menunjukkan grafik produksi minyak per-hektar dari berbagai tanaman.



Gambar 2.3 Grafik perbandingan produksi minyak per-hektar dari berbagai tanaman
 Sumber: S. Mekhilef, *et al.* (2011)

Minyak kelapa sawit secara dominan tersusun oleh asam palmitat (C16:0) dengan komposisi mendekati 44% dari total komposisi asam lemaknya. Kemudian diikuti oleh komposisi asam oleat (C18:1), asam linoleat (C18:2) dan asam stearat (C18:0) dengan persentase berturut-turut 40%, 10%, dan 5% (Tan et al, 2000). Asam lemak dan gliserida dari minyak kelapa sawit ditunjukkan pada gambar 2.4 berikut.

| Compound | Typical | Range ^a | Range ^b |
|-------------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| Fatty acid composition (%) | | | |
| Lauric acid (C12:0) | 0.0 ^a | 0.1–1.0 | 0.0–0.4 |
| Myristic acid (C14:0) | 1.1 ^a | 0.9–1.5 | 0.5–2.0 |
| Palmitic acid (C16:0) | 44.0 ^a | 41.8–46.8 | 40.0–48.0 |
| Palmitoleic acid (C16:1) | 0.1 ^a | 0.1–0.3 | 0.0–0.6 |
| Stearic acid (C18:0) | 4.5 ^a | 4.5–5.1 | 3.5–6.5 |
| Oleic acid (C18:1) | 39.2 ^a | 37.3–40.8 | 36.0–44.0 |
| Linoleic acid (C18:2) | 10.1 ^a | 9.1–11.0 | 6.5–12.0 |
| Linolenic acid (C18:3) | 0.4 ^a | 0.4–0.6 | 0.0–0.5 |
| Arachidic acid (C20:0) | 0.4 ^a | 0.2–0.7 | 0.0–1.0 |
| Triglyceride composition (%) | | | |
| Trisaturated (SSS) | 9.8 ^c | 0.8–9.0 | – |
| Disaturated (SUS) | 48.8 ^c | 38.5–50.3 | – |
| Monosaturated (SUU) | 36.5 ^c | 31.8–44.4 | – |
| Triunsaturated (UUU) | 4.8 ^c | 4.8–9.8 | – |
| Diglycerides (%) | 4.9 ^a | 3.0–7.6 | – |

^a O'Brien (2010).
^b Firestone (2006).
^c Tan and Nehdi (2012).

Gambar 2.4 Kandungan asam lemak dalam minyak kelapa sawit
 Sumber: Ogan, *et al.* (2015)

Struktur kimia dari asam-asam lemak diatas tersebut dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut

Tabel 2.1

Struktur Kimia Beberapa Asam Lemak pada Minyak Kelapa Sawit

| Jenis Asam Lemak | Nama Sistematis | Struktur | Formula |
|----------------------|------------------------------|----------|-------------------|
| Asam palmitat | Heksadekanoat | C16:0 | $C_{16}H_{32}O_2$ |
| Asam Oleat | Cis-9-Oktadekenoat | C18:1 | $C_{18}H_{34}O_2$ |
| Asam Linoleat | Cis-9,cis-12-Oktadekadienoat | C18:2 | $C_{18}H_{32}O_2$ |
| Asam Stearat | Oktadekanoat | C18:0 | $C_{18}H_{36}O_2$ |

Sumber: Wijayanti (2008)

2.3 Pembakaran

Pembakaran merupakan reaksi antara bahan bakar dan pengoksidasi (oksigen atau udara) yang menghasilkan panas dan cahaya. Syarat berlangsungnya proses pembakaran ialah adanya bahan bakar, pengoksidasi, dan energi aktivasi.

Energi aktivasi digunakan untuk mengaktifkan molekul-molekul bahan bakar. Yang dimaksud molekul aktif adalah molekul-molekul yang bermuatan. Molekul atau atom bermuatan tersebut sangat mudah bereaksi karena ketidakstabilan muatannya.

Berdasarkan cara reaktan terbakar, pembakaran diklasifikasikan menjadi dua, yaitu pembakaran *premixed* dan difusi. Pembakaran *premixed* terjadi apabila proses bercampurnya bahan bakar dan udara (oksigen) terjadi sebelum masuk ke zona reaksi. Sedangkan pembakaran difusi bisa didefinisikan sebagai pembakaran dimana proses pencampuran bahan bakar dan udara (oksigen) terjadi akibat difusi molekul (tidak bercampur sebelum terbakar di zona reaksi) (Wardana, 2008). Pada penelitian ini pembakaran yang dilakukan adalah pembakaran difusi.

2.3.1 Pembakaran Droplet

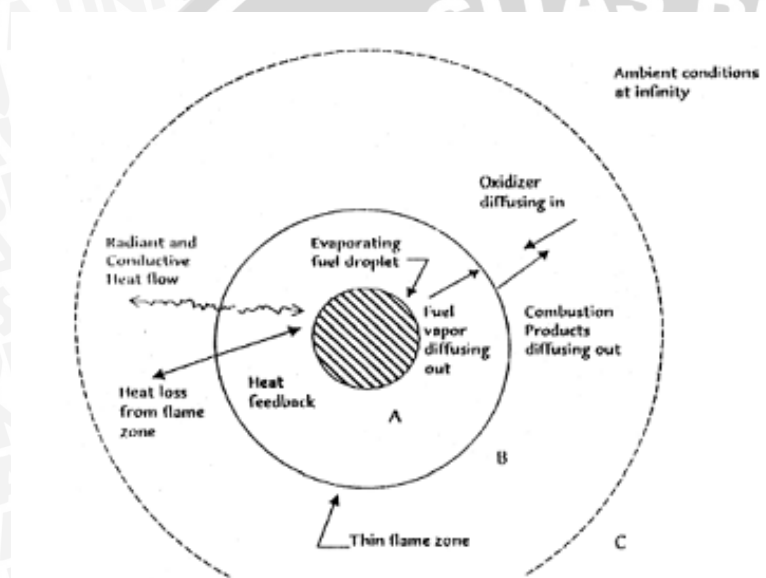
Pembakaran menggunakan bahan bakar cair secara langsung kurang efektif kecuali bahan bakar tersebut diubah terlebih dahulu menjadi bentuk *droplet* yang disebut *spray*. Hal ini dilakukan agar dapat diketahui secara fisik proses apa saja yang terjadi saat bahan bakar *droplet* tersebut terbakar. Sehingga dapat diketahui karakteristik pembakarannya.

Pembakaran droplet termasuk pembakaran difusi, hal ini disebabkan pencampuran bahan bakar dan udara (oksigen) terjadi saat droplet menguap (tidak ada pencampuran bahan bakar dengan udara sebelum zona reaksi). Ketika *droplet* dipanaskan, maka terjadi

evaporasi dari *droplet* kemudian berdifusi dengan udara dan akhirnya terjadi reaksi pembakaran.

Api sendiri adalah oksidasi yang cepat terhadap suatu materi dalam reaksi eksoterm. Materi dalam api bisa dikatakan sebagai gas, yaitu campuran dari oksigen dan uap bahan bakar (Helmenstine, 2016). Campuran oksigen dan bahan bakar yang belum terbakar (*unburned fuel*) akan cenderung naik ke puncak api karena pengaruh konveksi alami. Tanpa adanya konveksi alami ini (dalam kondisi *microgravity*) api akan meyerupai bola (Subramanian).

Pemodelan proses pembakaran *droplet* dapat dilihat pada gambar 2.5 berikut.



Gambar 2.5 Pemodelan proses *droplet* terbakar
Sumber: Alam (2013)

Saat proses pembakaran, panas yang dihasilkan nyala api akan merambat keluar yang disebut *heat loss*. Sebagian panas api merambat menuju permukaan *droplet* secara konveksi. Temperatur ini digunakan untuk memanaskan *droplet* dan digunakan untuk mengubah fase *droplet* cair menjadi gas.

2.4 Karakteristik Pembakaran

Karakteristik pembakaran yang akan diamati adalah sebagai berikut:

a. Temperatur pembakaran

Temperatur pembakaran adalah temperatur paling tinggi yang diukur pada pusat *droplet* saat proses pembakaran terjadi. Temperatur pembakaran dipengaruhi oleh nilai

kalor bahan bakar. Perubahan temperatur dalam selang waktu tertentu saat terjadi pembakaran, diamati untuk mengetahui kecenderungan api.

b. Dimensi api

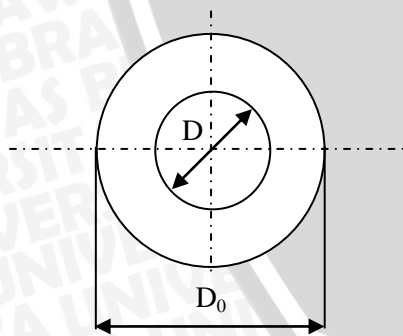
Dimensi api dapat digunakan dalam pengamatan kasat mata untuk menentukan apakah suatu pembakaran terjadi dengan reaksi yang cepat atau lambat. Pembakaran dengan reaksi yang cepat cenderung memiliki dimensi api yang kecil, begitu juga sebaliknya, pembakaran dengan reaksi yang lambat cenderung menghasilkan dimensi api yang tinggi dan lebar. Hal ini dapat terjadi karena semakin lama reaksi pembakaran yang terjadi, maka semakin lama pula waktu yang dibutuhkan bahan bakar untuk beroksidasi. Dengan demikian zona *front flame* akan semakin tinggi dan lebar.

c. Ignition delay

Ignition delay merupakan jeda waktu antara bahan bakar saat memasuki ruang bakar hingga bahan bakar tersebut mulai terbakar (Siagian, 2013). Pada pembakaran *droplet*, bahan bakar sudah dalam bentuk yang mirip dengan bentuk *spray* dari bahan bakar sehingga dapat diartikan sebagai jeda waktu antara *droplet* mulai dipanaskan hingga *droplet* mulai terbakar.

d. Burning rate

Burning rate adalah kecepatan dari bahan bakar terbakar hingga bahan bakar tersebut habis (Quintiere, 1997). Nilai *burning rate* melalui eksperimen dapat dihitung dengan persamaan dan ilustrasi *droplet* seperti gambar 2.6 berikut:



Gambar 2.6 Ilustrasi *droplet*

$$D^2(t) = D_0^2 - K_c \cdot t \dots\dots\dots (2-1)$$

Keterangan:

D = Diameter *droplet* pada waktu tertentu (mm)

D_0 = Diameter *droplet* Awal (mm)

$K_c = \text{Burning rate (mm}^2 \times \text{s}^{-1})$

$T = \text{Burning lifetime (s)}$

2.5 Katalis

Katalis dapat didefinisikan sebagai suatu zat yang mempercepat laju reaksi namun katalis tersebut tidak mengalami perubahan kimia. Katalis tidak ditulis pada persamaan reaksi stoikiometri. Konsentrasi katalis tidak berubah setelah reaksi usai. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa katalis tidak mempengaruhi kedudukan kesetimbangan reaksi. Secara umum, katalis menurunkan besarnya energi pengaktifan. (Widjajanti, 2005)

Katalis dapat diklasifikasikan menjadi katalis homogen dan heterogen. Katalis heterogen menyediakan permukaan dimana proses reaksi akan berlangsung. Sedangkan katalis homogen berupa molekul yang mengkoordinir reaksi. Setelah reaksi terjadi maka produk hasil reaksi dilepas oleh katalis. (Wardana, 2008)

2.5.1 Karbon Aktif

Karbon aktif biasa disebut *activated carbon (AC)* atau *activated charcoal*. Karbon aktif dikenal sebagai bentuk dari karbon yang digunakan sebagai katalis. Karbon aktif adalah tipe karbon yang telah diproses sedemikian rupa sehingga memiliki sisi aktif yang bermanfaat untuk proses reaksi kimia.

Bahan-bahan yang sering digunakan untuk membuat karbon aktif dengan kandungan karbon yang besar diantaranya batu bara, kayu, sekam, batok kelapa dan residu minyak tanah. Bahan tersebut dikonversi menjadi karbon aktif dengan aktivasi fisika (*physical activation*), yaitu menggunakan metode *thermal decomposition* dalam tungku pembakaran yang atmosfer dan panasnya dikontrol atau dengan cara aktivasi kimia (*chemical activation*).

Langkah-langkah pembuatan karbon aktif meliputi:

- a. penghilangan kadar air (*dehydration*)
- b. konversi bahan organik menjadi unsur karbon, membuang senyawa non-karbon (*carbonisation*)
- c. menghilangkan tar dan aktifasi (*activation*)

Berdasarkan bentuk fisiknya, karbon dibedakan menjadi 3, yaitu:

1. *powdered activated carbon (PAC)*
2. *granular activated carbon (GAC)*
3. *extruded activated carbon (EAC)*

Penggunaan karbon aktif sebagai katalis dalam pembuatan biodiesel pada umumnya memiliki kelebihan dan kekurangan sebagai berikut:

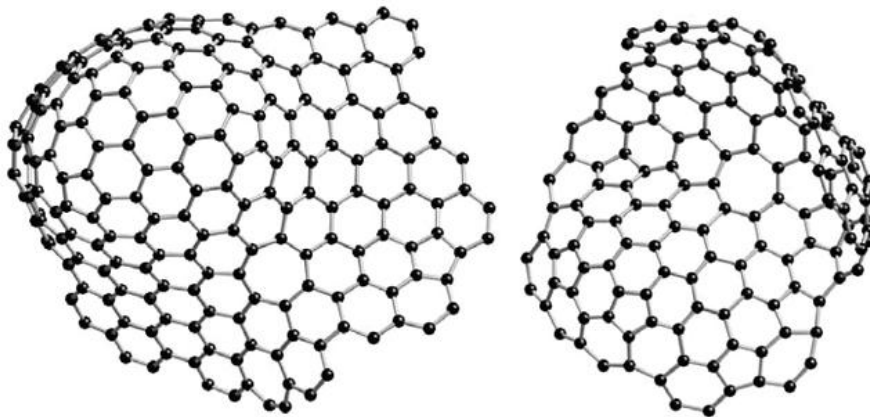
Kelebihan

- dapat digunakan kembali (*reusability*)
- proses sintesis sederhana dan murah
- stabil pada suhu tinggi
- luas permukaan yang besar dan distribusi partikel aktif yang seragam

Kekurangan

- proses reaksi lambat
- meluluhkan
- menggunakan rasio molar antara minyak dan metanol yang besar

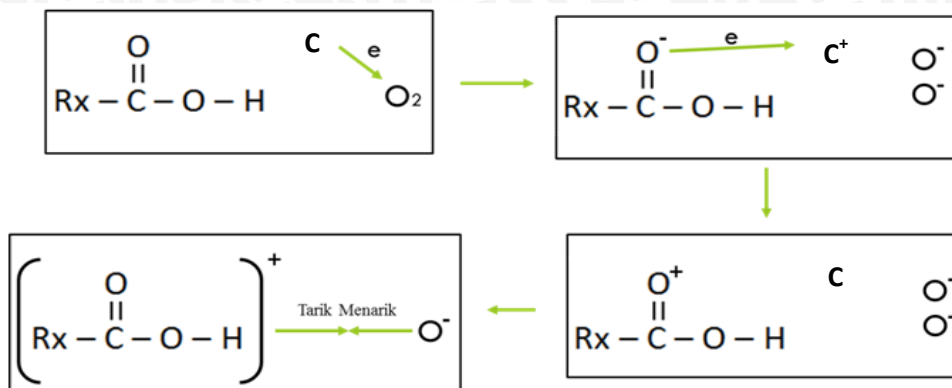
Struktur dari karbon aktif merupakan bentuk dari grafit yang tersusun tidak teratur yang disebabkan oleh tidak murninya unsur tersebut atau dapat juga disebabkan oleh proses aktivasinya dimana pada permukaannya didapatkan ikatan antara karbon dan karbon (C-C). Struktur pada karbon aktif didapati berupa kepingan-kepingan melengkung yang berisi cincin berbentuk pentagon dan non-heksagonal dalam sambungan heksagonal (Konwar et al, 2013). Sebagaimana diilustrasikan dalam gambar 2.7 berikut:



Gambar 2.7 Ilustrasi struktur karbon aktif
Sumber: Konwar et al. (2013)

Meskipun demikian, Juntgen (1986) mengemukakan bahwa aktivitas katalis dari karbon aktif ditandai dengan transfer elektron pada tepi lapisannya. Sehingga adanya bagian aktif tersebut beserta distribusinya menjadi hal yang penting dalam peran karbon aktif sebagai katalis.

2.6 Konsep



Dari gambar diatas menjelaskan mengenai mekanisme kerja dari karbon aktif yang dimana membuat ikatan rangkap menjadi ikatan tunggal. Ikatan rangkap mempunyai energi disosiasi yang tinggi dibandingkan dengan ikatan tunggal, maka dari itu disini fungsi dari karbon aktif merubah ikatan rangkap menjadi ikatan tunggal sehingga energi disosiasinya akan rendah dan energi aktivasinya pun akan menurun.

Dengan menurunnya energi aktivasi maka akan mempengaruhi karakteristik pembakarannya. Karena reaksinya cepat maka *ignition delay* semakin turun. Dimensi api yang meliputi tinggi dan lebar akan semakin turun juga dikarenakan molekulnya saling tarik menarik. Dengan menurunnya energi aktivasi dari minyak juga berpengaruh terhadap *burning rate* yang akan meningkat, hal itu disebabkan semakin cepat terbakarnya minyak kelapa sawit.

2.7 Hipotesis

Penambahan katalis karbon aktif dapat mempengaruhi *ignition delay*, *burning rate*, kecepatan reaksi pembakaran dan visualisasi nyala api berupa tinggi dan lebar api. Seiring meningkatnya jumlah karbon aktif yang ditambahkan dimungkinkan menyebabkan nilai *ignition delay*, kecepatan reaksi pembakaran, tinggi dan lebar api menurun. Sedangkan nilai *burning rate* meningkat.



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental nyata (*true experimental research*). Metode ini digunakan dalam menguji perlakuan tertentu atau desain alat baru yang bertujuan untuk membandingkan satu atau lebih variabel pengujian dengan perlakuan maupun tanpa perlakuan.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Motor Bakar Teknik Mesin Universitas Brawijaya mulai tanggal 1 sampai 30 Agustus 2016.

3.3 Variabel Penelitian

Penelitian kali ini menggunakan tiga macam variabel, yaitu :

a. Variabel bebas

Variabel bebas didefinisikan sebagai variabel yang besarnya telah ditentukan dan tidak dipengaruhi variabel lain. Dalam penelitian kali ini, variabel bebasnya adalah persentase karbon aktif yang dicampurkan pada minyak jarak yaitu sebesar 100 ppm; 200 ppm; 300 ppm dengan pencampuran didasarkan atas perbandingan massa. Serta jarak antara kamera dengan *droplet* adalah 20 cm dan video diambil dengan kecepatan 60 fps.

b. Variabel terikat

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

c. Variabel terkontrol

Variabel terkontrol adalah variabel yang besarnya telah ditentukan sebelum penelitian berlangsung dan bersifat konstan. Dalam penelitian ini variabel terkontrol adalah diameter *droplet* 0,5 mm dan suhu ruang uji bakar sebesar : 25°C - 30°C.

3.4 Alat-alat Penelitian

Peralatan-peralatan yang digunakan untuk melaksanakan penelitian ini adalah:

1. Minyak kelapa sawit

Minyak nabati yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak kelapa sawit.

2. Thermocouple

Sensor yang digunakan untuk mengukur perubahan nilai temperatur melalui dua jenis logam konduktor berbeda yang digabungkan pada ujungnya.

- Spesifikasi :
- Tipe : K
 - Rentang suhu yang mampu diukur : $0^{\circ}\text{C} - 1370^{\circ}\text{C}$
 - Diameter : 0,1 mm

3. Elemen pemanas (*heater*)

Berfungsi sebagai pembakar *droplet* sehingga menimbulkan nyala api.

- Spesifikasi :
- Material : Ni
 - Diameter : 0.5 mm
 - Resistensi : $11,7 \Omega \times \text{m}^{-1}$

4. Data Logger

Data logger digunakan untuk mengubah data *analog* dari *thermocouple* menjadi data *digital* agar dapat dibaca melalui laptop atau komputer.

- Spesifikasi :
- Merk : Advantech
 - Tipe : USB-4718
 - Aplikasi : DAQnavi 3.2.8.0

5. Laptop

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

- Spesifikasi :
- Merk : Acer G4740i
 - *Operating system* : Windows 7 Ultimate
 - *Processor* : Intel Core i5 2.27 GHz
 - Kapasitas RAM : 2GB

6. Kamera

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

- Spesifikasi :
- Merk : Nikon D3200 Dx
 - Resolusi perekam video : 1280 x 720 pixel, 60 fps
 - Resolusi gambar : 3008 x 2000 pixel, 300 dpi

7. Timbangan Analitik

Timbangan analitik digunakan untuk mengukur massa minyak kelapa sawit dan massa karbon aktif.

- Spesifikasi :
- Merk : Precisa
 - Ketelitian : 0,0001 gram
 - Berat Maksimum : 200 gram

8. 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* dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Pembuat *droplet*

Alat tersebut terdiri dari :

- Alat pengatur volume *droplet*

Spesifikasi :

- Merk : Novo Mix
- Buatan : Denmark

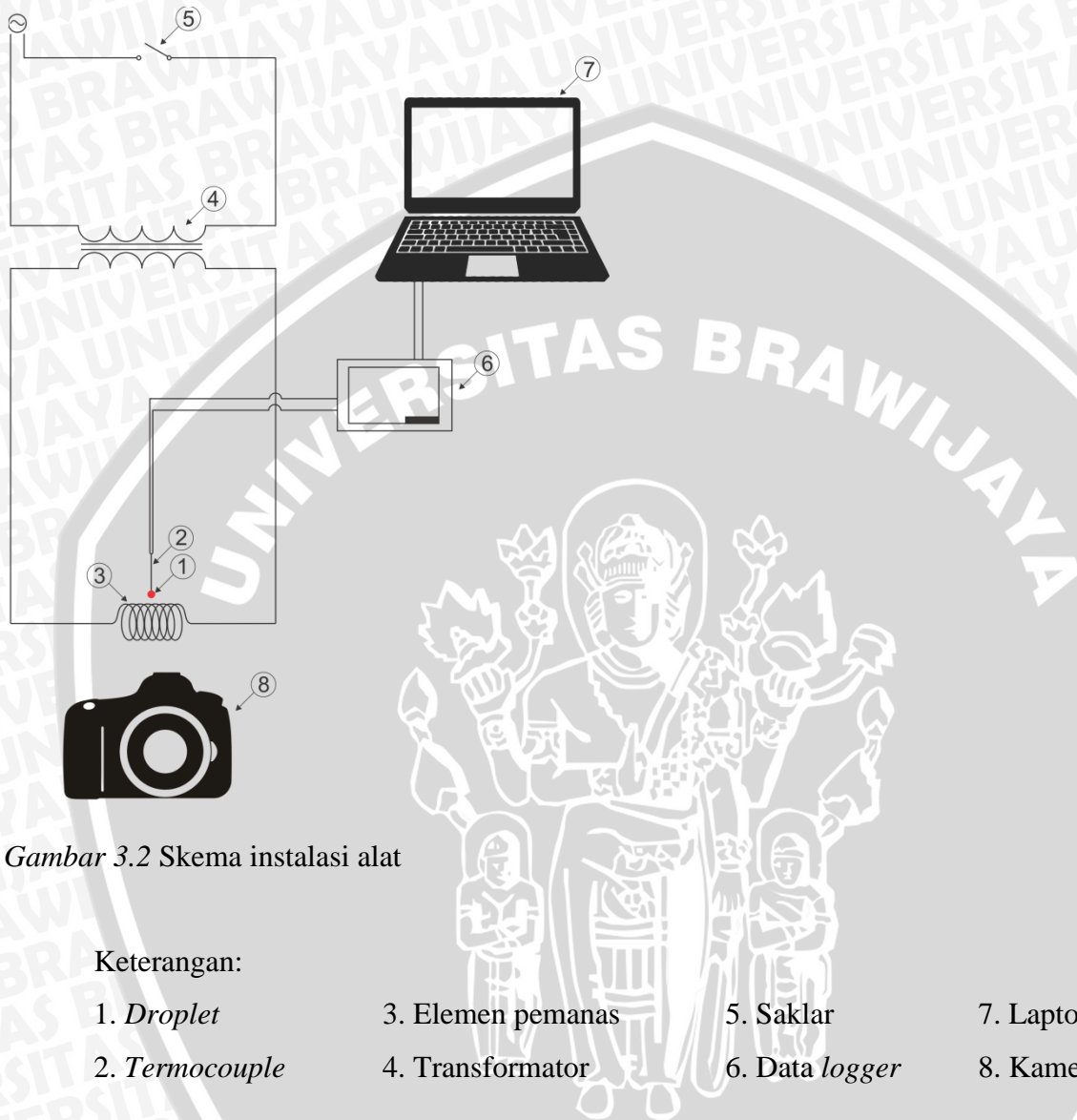
- Suntikan penampung minyak kelapa sawit

Spesifikasi :

- Merk : OneMed
- Diameter jarum : 0,4 mm
- Volume tabung : 1 mL
- Buatan : Indonesia

3.5 Skema Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian kemudian disusun sesuai skema instalasi sesuai gambar 3.2 berikut:



Gambar 3.2 Skema instalasi alat

Keterangan:

- | | | | |
|----------------|-------------------|----------------|-----------|
| 1. Droplet | 3. Elemen pemanas | 5. Saklar | 7. Laptop |
| 2. Termocouple | 4. Transformator | 6. Data logger | 8. Kamera |

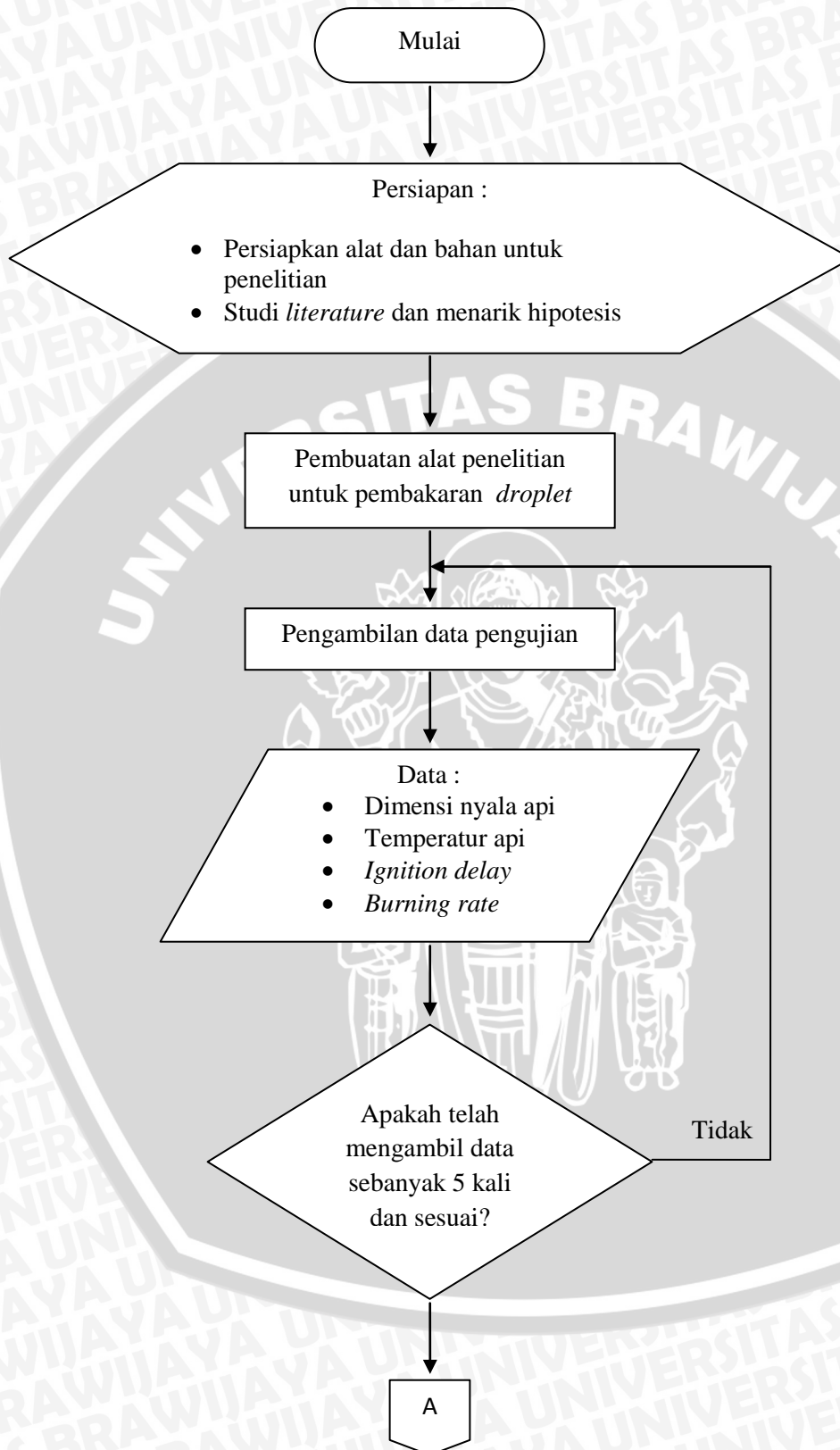
3.6 Prosedur Pengambilan Data

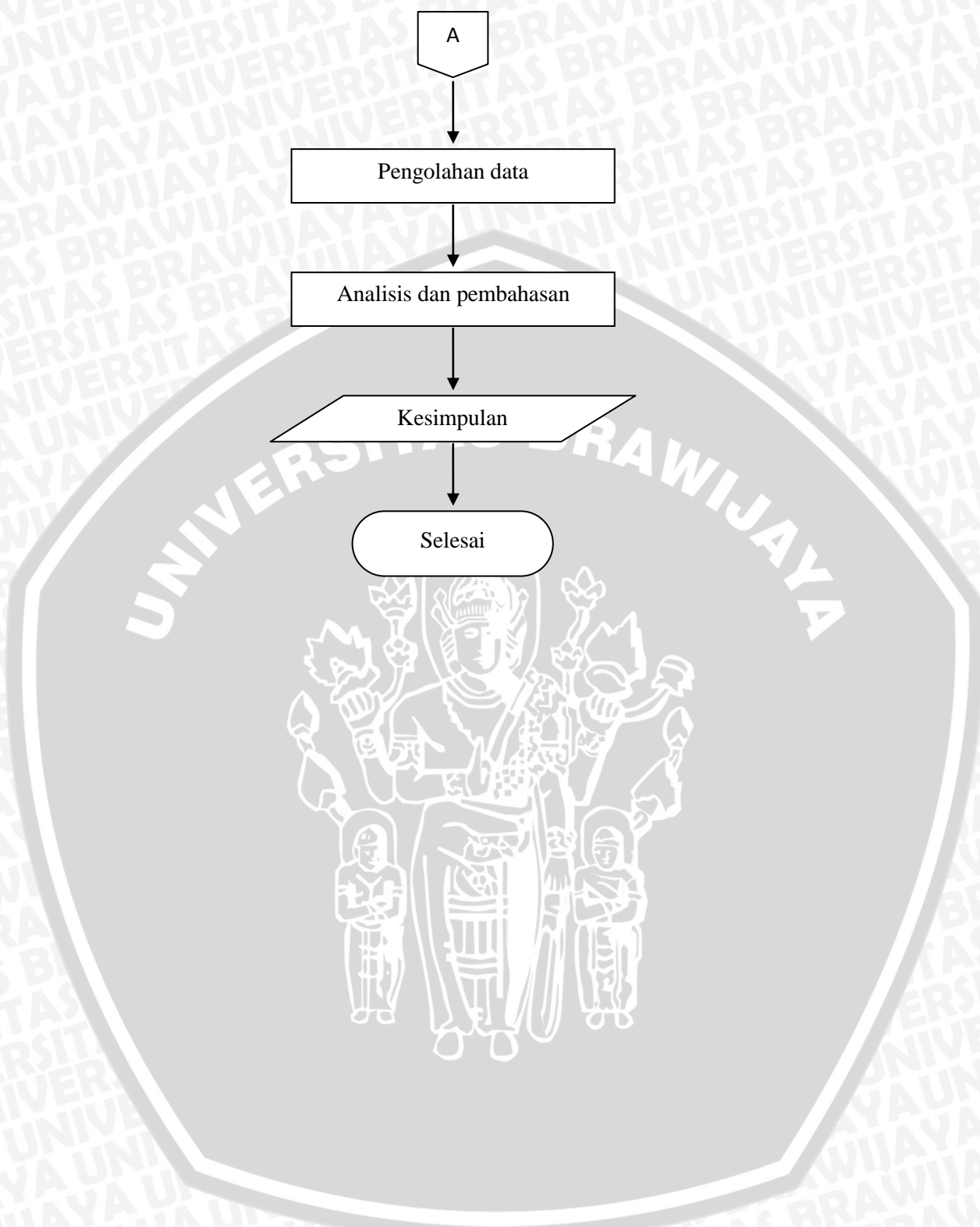
Prosedur pengambilan data meliputi hal-hal berikut :

- Proses pembuatan *droplet* minyak kelapa sawit dengan karbon aktif.
 - a. Minyak kelapa sawit dicampur secara mekanik dengan karbon aktif yang memiliki persentase 0 ppm, 100 ppm, 200 ppm dan 300 ppm karbon aktif dan massa total campuran adalah 20 gram.
 - b. Masukkan campuran minyak kelapa sawit dengan karbon aktif ke dalam tabung suntik alat pembentuk *droplet*

- c. Mengatur banyaknya *droplet* yang dikeluarkan dengan cara memutar bagian kepala alat pembentuk *droplet* (gambar 3.1) sebanyak satu skala pada alat pembuat *droplet*.
 - d. Tekan kepala alat pembentuk *droplet* hingga terbentuk *droplet* pada ujung jarum suntik
 - e. Untuk membuat *droplet* selanjutnya, pastikan bahwa ujung jarum suntik kering.
- Prosedur pengambilan data.
 - a. Atur dan pasangankan semua peralatan penelitian ruang uji bakar *droplet* sesuai dengan skema penelitian pada gambar 3.2.
 - b. Pasang kamera(8) di depan ruang uji bakar *droplet* untuk melihat *drople*(1) dengan jarak 20 cm dan fokus hingga gambar ujung *thermocouple*(2) jelas tergambar pada layar kamera.
 - c. Pasang *data logger*(6) pada *thermocouple*(2) dan laptop(7).
 - d. Nyalakan laptop(7), kemudian mulai jalankan aplikasi *software data logger* untuk membaca data dari *thermocouple*(2) dan *data logger*(6).
 - e. Bentuk *droplet*(1) dari alat pembentuk *droplet* dan letakkan *droplet*(1) pada ujung *thermocouple*(2).
 - f. Ambil gambar *droplet* (1) sebelum dibakar.
 - g. Klik tombol *start* pada program DAQNav 3.2.8.0
 - h. Tekan tombol rekam pada kamera (8) bersamaan dengan menyalakan *heater* pada saklar heater (5).
 - i. Matikan saklar *heater* (5) 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 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 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 pembakaran dari campuran minyak kelapa sawit dengan berbagai variasi penambahan karbon aktif yaitu sebesar 0 ppm, 100 ppm, 200 ppm dan 300 ppm. Data diperoleh dari perekaman nyala api dan data *logger* selama proses pembakaran berlangsung. Data visualisasi api dan *burning lifetime* didapatkan dari perekaman nyala api menggunakan kamera. Sedangkan data temperatur dan waktu saat pembakaran *droplet* didapatkan dari data *logger*. Untuk mendapatkan nilai *burning rate*, data dari diameter *droplet* dan *burning lifetime* disubstitusikan dalam persamaan sebagai berikut:

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

Keterangan:

D : diameter *droplet* pada waktu tertentu (mm)

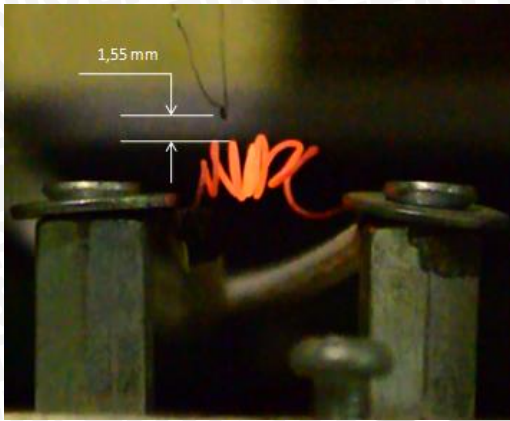
D_0 : diameter *droplet* awal (mm)

K_c : *burning rate constant* ($\text{mm}^2 \times \text{s}^{-1}$)

t : *burning lifetime* (s)

4.1.1 Diameter Droplet

Pada penelitian ini, *droplet* yang terbentuk dari setiap sampel berukuran 0,5 mm. *Droplet* digantungkan pada *thermocouple* yang berjarak 1,55 mm di atas *heater*. Gambar 4.1 menunjukkan jarak antara *thermocouple* dan *heater*.



Gambar 4.1 Jarak antara *thermocouple* dan heater

4.1.2 Tabel Data Hasil Penelitian

Berikut merupakan data hasil penelitian yang telah dilakukan.

Tabel 4.1
Pencampuran Minyak Kelapa Sawit dengan Karbon Aktif

| Keterangan Sampel | Minyak Kelapa Sawit (%) | Karbon Aktif Batok Kelapa (ppm) | Karbon Aktif Sekam Padi (ppm) |
|-------------------|-------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| A | 100 | 0 | 0 |
| B1 | 99.99 | 100 | 0 |
| B2 | 99.98 | 200 | 0 |
| B3 | 99.97 | 300 | 0 |
| C1 | 99.99 | 0 | 100 |
| C2 | 99.98 | 0 | 200 |
| C3 | 99.97 | 0 | 300 |

Sumber : Dokumentasi Pribadi (2016)

Tabel 4.2
Data *Burning Lifetime* dan *Burning Rate* Hasil Pembakaran

| Sampel | <i>Burning lifetime</i> (s) | <i>Burning rate</i> (mm ² ×s ⁻¹) |
|--------|-----------------------------|---|
| A | 0.271 | 0.922 |
| B1 | 0.254 | 0.984 |
| B2 | 0.237 | 1.054 |
| B3 | 0.237 | 1.054 |
| C1 | 0.423 | 0.591 |
| C2 | 0.406 | 0.615 |
| C3 | 0.338 | 0.739 |

Sumber : Dokumentasi Pribadi (2016)

Tabel 4.3
Data *Ignition Delay* Hasil Pembakaran

| Sampel | <i>Ignition delay</i> (s) |
|--------|---------------------------|
| A | 2.3 |
| B1 | 2.2 |
| B2 | 2.1 |
| B3 | 1.9 |
| C1 | 3 |
| C2 | 2.6 |
| C3 | 2.6 |

Sumber : Dokumentasi Pribadi (2016)

Tabel 4.4
Data Tinggi dan Lebar Api Hasil Pembakaran

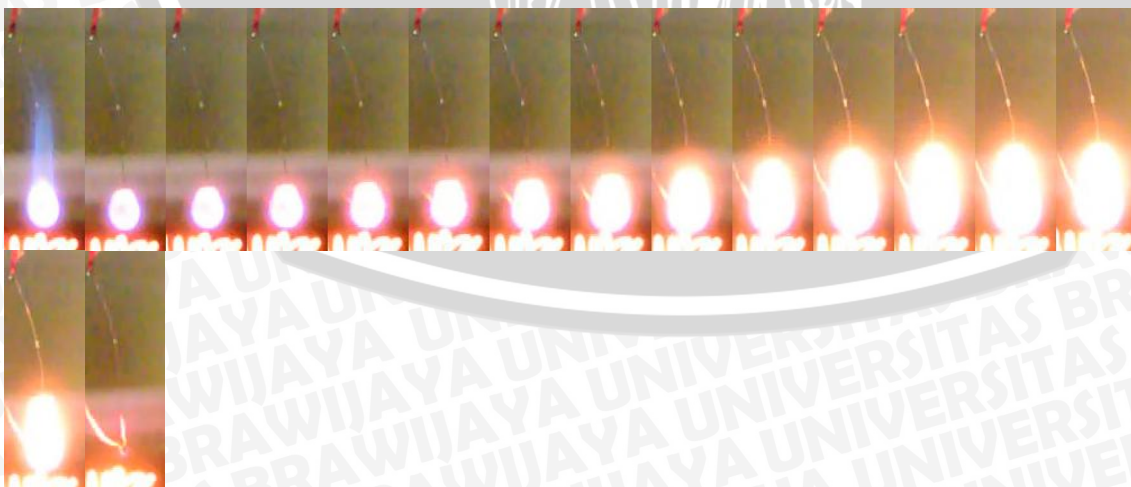
| Sampel | Tinggi api (mm) | Lebar api (mm) |
|--------|-----------------|----------------|
| A | 7.66 | 4.41 |
| B1 | 7.76 | 5.27 |
| B2 | 7.72 | 4.31 |
| B3 | 6.42 | 4.12 |
| C1 | 8.81 | 4.98 |
| C2 | 8.62 | 4.98 |
| C3 | 7.95 | 4.60 |

Sumber : Dokumentasi Pribadi (2016)

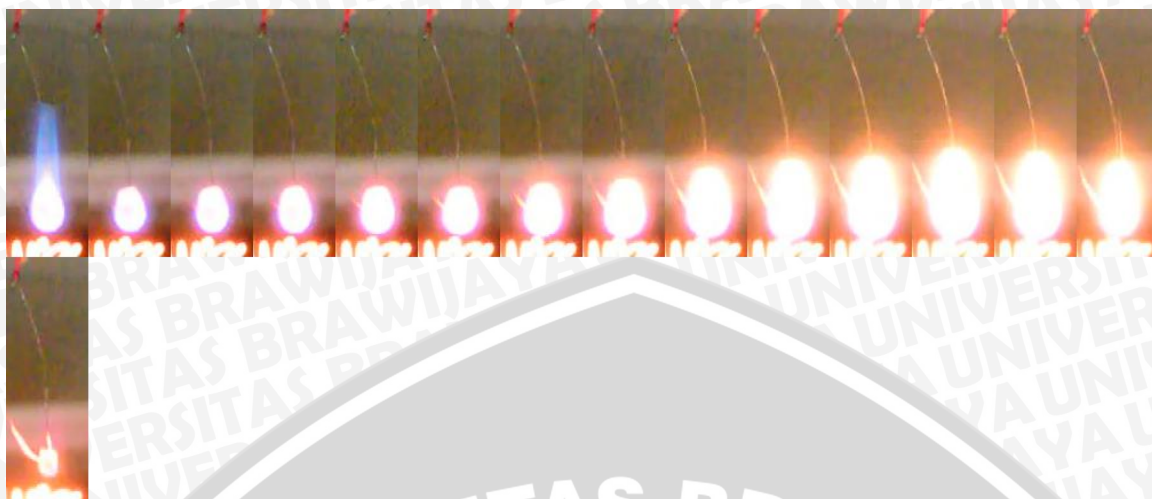
4.2 Analisis dan Pembahasan

4.2.1 Hubungan Variasi Penambahan Karbon Aktif terhadap Visualisasi Api Pembakaran *Droplet* Minyak Kelapa Sawit

Melalui rekaman video yang diambil saat *droplet* dibakar, dapat dibuat rentetan gambar per-*frame* untuk menunjukkan visualisasi api saat proses pembakaran berlangsung. Visualisasi api yang diamati berupa tinggi dan lebar api. Berikut ini adalah gambar per-*frame* saat proses pembakaran *droplet* minyak kelapa sawit berlangsung dari berbagai variasi.



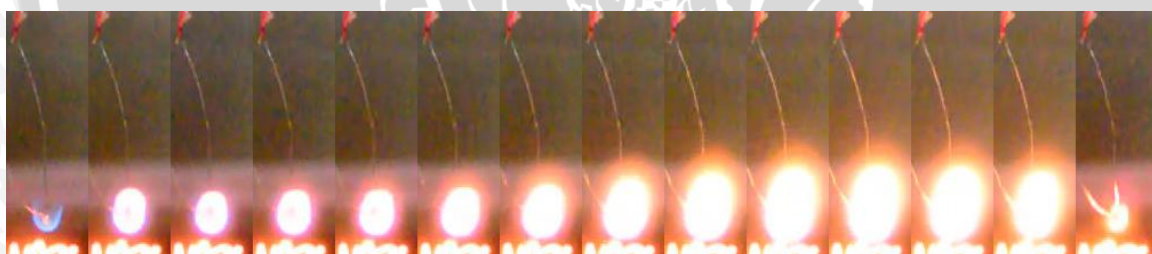
Gambar 4.2 Visualisasi api pada minyak kelapa sawit (tanpa perlakuan)



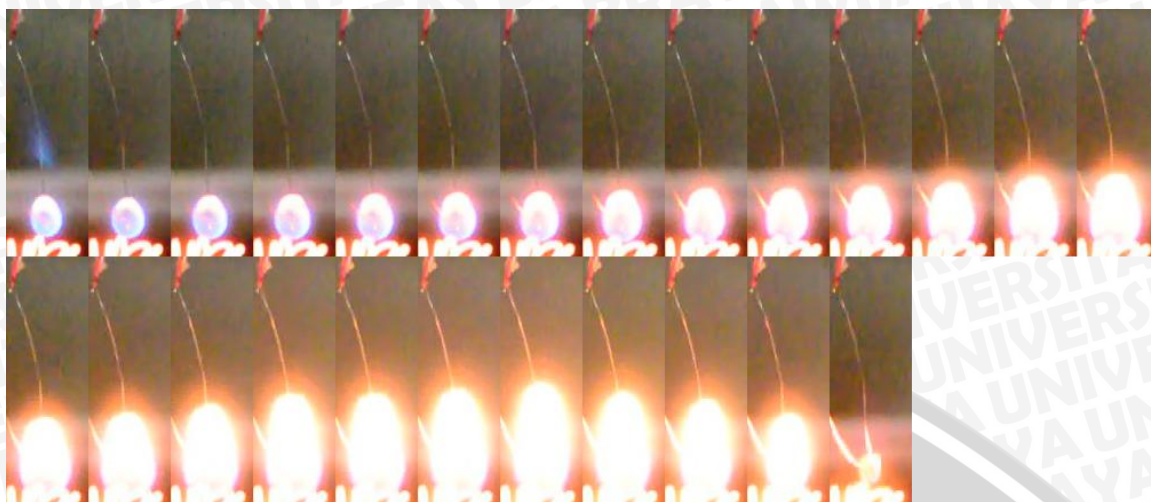
Gambar 4.3 Visualisasi api pada minyak kelapa sawit+karbon aktif batok kelapa 100 ppm



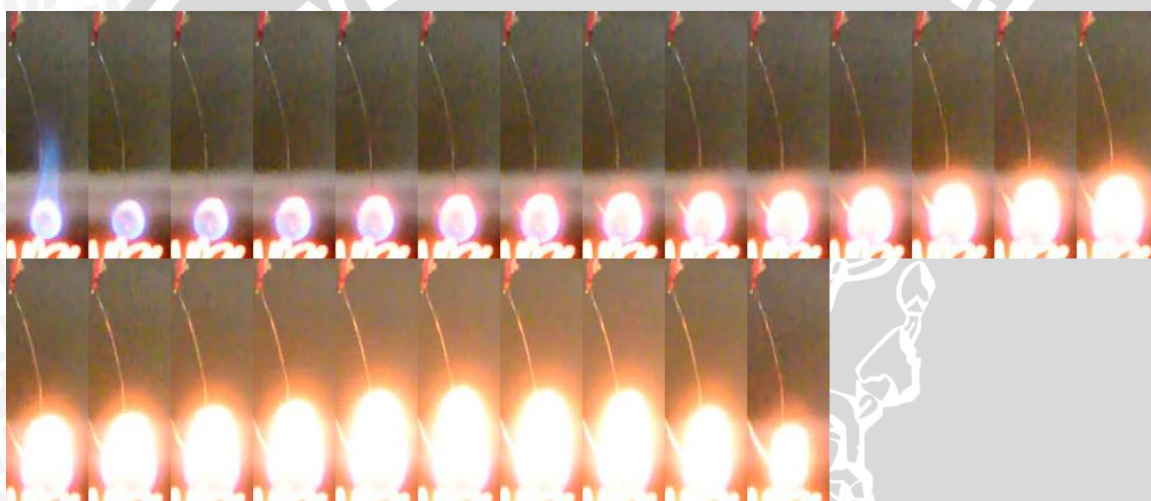
Gambar 4.4 Visualisasi api pada minyak kelapa sawit+karbon aktif batok kelapa 200 ppm



Gambar 4.5 Visualisasi api pada minyak kelapa sawit+karbon aktif batok kelapa 300 ppm



Gambar 4.6 Visualisasi api pada minyak kelapa sawit+karbon aktif sekam 100 ppm



Gambar 4.7 Visualisasi api pada minyak kelapa sawit+karbon aktif sekam 200 ppm



Gambar 4.8 Visualisasi api pada minyak kelapa sawit+karbon aktif sekam 300 ppm

Gambar-gambar diatas adalah visualisasi nyala api dari proses pembakaran *droplet* pada minyak kelapa sawit yang telah diuji. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa penambahan karbon aktif yang berasal dari batok kelapa dalam minyak kelapa sawit menyebabkan bentuk api cenderung membulat, sedangkan dengan penambahan karbon aktif sekam padi cenderung menyebabkan bentuk api memanjang.

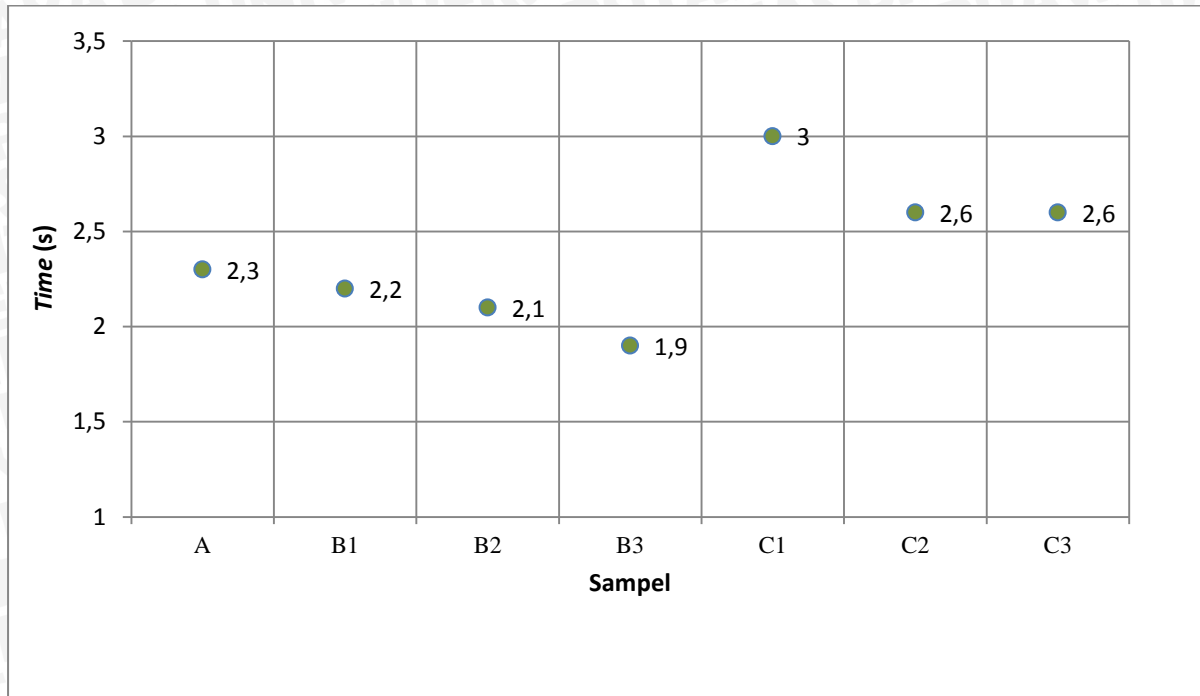
Pengukuran dilakukan dengan cara mengkonversi video menjadi gambar, kemudian dipilih gambar dengan penampakan api. Setelah itu dengan menggunakan *software* KLONG *Image Measurement* diambil perbandingan skala *pixel* per milimeter dengan acuan penggaris yang ada dalam gambar. Kemudian skala tersebut digunakan untuk mengukur tinggi dan lebar api.

Dari tabel 4.4 dapat diketahui tinggi api dari pembakaran minyak kelapa sawit tanpa penambahan karbon aktif, minyak kelapa sawit + 100 ppm karbon aktif batok kelapa, minyak kelapa sawit + 200 ppm karbon aktif batok kelapa, minyak kelapa sawit + 300 ppm karbon aktif batok kelapa, minyak kelapa sawit + 100 ppm karbon aktif sekam padi, minyak kelapa sawit + 200 ppm karbon aktif sekam padi, minyak kelapa sawit + 300 ppm karbon aktif sekam padi berturut-turut adalah 7.66mm; 7.76mm; 7.72mm; 6.42mm; 8.81mm; 8.62mm; 7.95mm dan lebar apinya berturut-turut adalah 4.41mm; 5.27mm; 4.31mm; 4.12mm; 4.98mm; 4.98mm; dan 4.60mm. minyak kelapa sawit + 100 ppm karbon aktif sekam padi memiliki nilai tinggi api terbesar dan minyak kelapa sawit + 300 ppm karbon aktif batok kelapa memiliki nilai tinggi api terendah. Lalu minyak kelapa sawit + 100 ppm karbon aktif batok kelapa memiliki nilai lebar api terbesar dan minyak kelapa sawit + 300 ppm karbon aktif kelapa sawit memiliki nilai tinggi api terendah.

Penambahan karbon aktif batok kelapa menyebabkan menurunnya dimensi api karena penambahan ini menyebabkan proses pembakaran semakin cepat. Proses pembakaran yang cepat berarti reaksi pembakarannya juga cepat yang diakibatkan difusivitas molekulnya kecil. Panjang api berbanding terbalik dengan difusivitas molekuler (Wardana, 2008:190).

Namun pada penambahan karbon aktif sekam padi menyebabkan reaksi pembakaran semakin lama dan akibatnya dimensi api memanjang dan besar. Hal ini diakibatkan kandungan silikon pada sekam padi bersifat isolator sehingga menyebabkan sebagian panas yang harusnya dapat langsung digunakan dalam reaksi dihambat oleh silikon.

4.2.2 Pengaruh Variasi Penambahan Karbon Aktif terhadap *Ignition Delay* Pembakaran *Droplet* Minyak Kelapa Sawit



Gambar 4.9 Grafik pengaruh variasi penambahan karbon aktif terhadap *ignition delay* pembakaran *droplet* minyak kelapa sawit

Gambar 4.9 menunjukkan pengaruh variasi penambahan karbon aktif terhadap *ignition delay* pembakaran *droplet* minyak kelapa sawit. Dari grafik tersebut dapat dilihat jeda waktu *droplet* sejak diberi energi panas hingga mulai terbakar dengan sampel minyak kelapa sawit tanpa penambahan karbon aktif, minyak kelapa sawit + 100 ppm karbon aktif batok kelapa, minyak kelapa sawit + 200 ppm karbon aktif batok kelapa, minyak kelapa sawit + 300 ppm karbon aktif batok kelapa, minyak kelapa sawit + 100 ppm karbon aktif sekam padi, minyak kelapa sawit + 200 ppm karbon aktif sekam padi, minyak kelapa sawit + 300 ppm karbon aktif sekam padi berturut-turut adalah 2.3 s; 2.2 s; 2.1 s; 1.9 s; 3 s; 2.6 s; dan 2.6 s. Minyak kelapa sawit + 100 ppm karbon aktif sekam padi memiliki nilai paling tinggi dan minyak kelapa sawit + 300 ppm karbon aktif batok kelapa memiliki nilai terendah.

Pada pembakaran minyak kelapa sawit dengan penambahan persentase karbon aktif batok kelapa menunjukkan penurunan nilai *ignition delay*, hal ini diakibatkan karbon aktif dapat menurunkan energi aktivasi pembakaran. Karbon aktif berperan dalam reaksi adisi ikatan rangkap yang terkandung dalam minyak kelapa sawit, yaitu asam oleat (C18:1) sejumlah 39.2% dan asam linoleat (C18:2) sejumlah 10.1% (Ogan, 2015). Karbon aktif menyebabkan ikatan ganda kehilangan elektron dan menyebabkan minyak bermuatan,

sehingga reaktif dan lebih mudah terjadi reaksi pembakaran, yang berarti nilai *ignition delay* lebih rendah. Semakin banyak kadar karbon aktif batok kelapa yang ditambahkan menyebabkan nilai *ignition delay* semakin menurun.

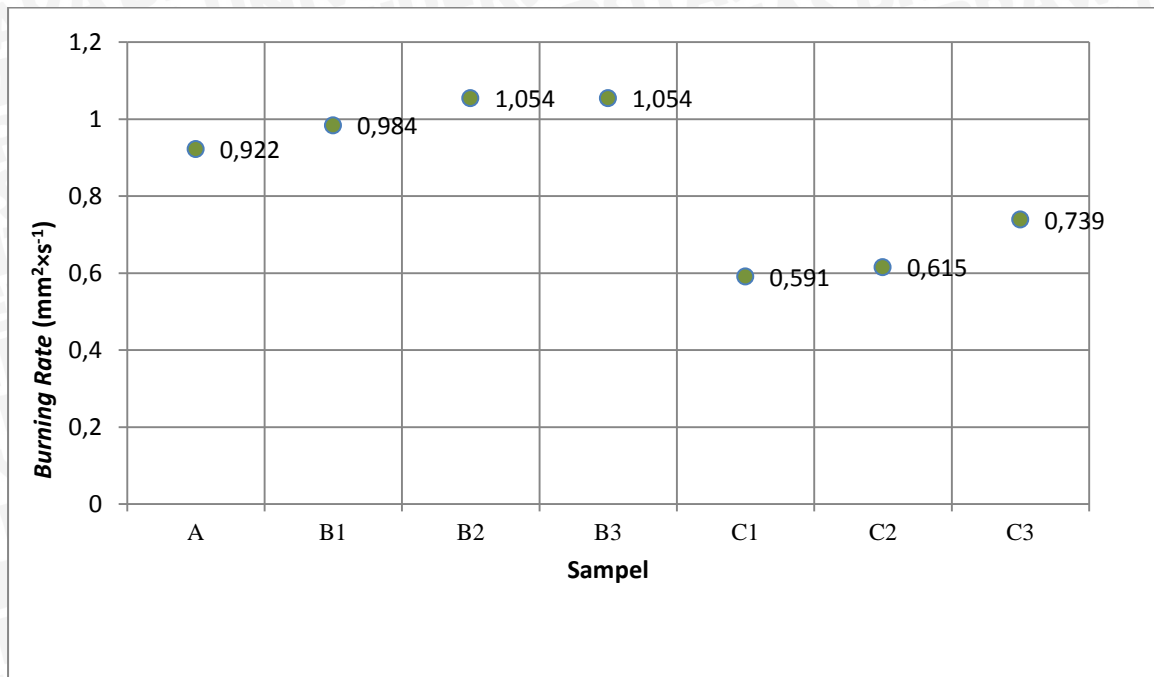
Akan tetapi penambahan karbon aktif dari sekam padi justru menyebabkan nilai *ignition delay* meningkat. Hal ini disebabkan kandungan silika pada karbon aktif sekam padi. Silika bersifat isolator pada suhu rendah sehingga menghambat transfer panas yang digunakan sebagai energi aktivasi pada proses reaksi pembakaran. Karena penghambatan oleh silika inilah yang menyebabkan penambahan karbon aktif sekam padi pada pembakaran minyak kelapa sawit memiliki nilai *ignition delay* semakin tinggi.

Hal tersebut didukung oleh Nagai et al, yang meneliti tentang pengaruh ikatan Si-C terhadap resistivitas dan konduktivitas termal bahwa semakin banyak senyawa tersebut terbentuk, mengakibatkan peningkatan nilai resistivitas dan disertai penurunan nilai konduktivitas termal (*Thermoelectric Handbook Macro to Nano:19-12*).

Meskipun demikian, penambahan persentase karbon aktif sekam padi menyebabkan penurunan nilai *ignition delay*, hal ini dapat dilihat dari data *ignition delay* pada pembakaran minyak kelapa sawit + 100 ppm karbon aktif sekam padi lebih lama jika dibandingkan dengan *ignition delay* pada minyak kelapa sawit + 200 ppm karbon aktif sekam padi dan minyak kelapa sawit + 300 ppm karbon aktif sekam padi. Artinya, kandungan silikon pada karbon aktif bersifat acak sehingga penambahan karbon aktif sekam padi tersebut tidak selalu mengindikasikan bertambahnya kandungan silikon didalamnya.



4.2.3 Pengaruh Variasi Penambahan Karbon Aktif terhadap *Burning Rate* Pembakaran *Droplet* Minyak Kelapa Sawit



Gambar 4.10 Grafik pengaruh variasi penambahan karbon aktif terhadap *burning rate* pembakaran *droplet* minyak kelapa sawit

Gambar 4.10 menunjukkan pengaruh variasi penambahan karbon aktif terhadap *burning rate* pembakaran *droplet* minyak kelapa sawit. *Burning rate* dapat didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan *droplet* dari mulai terbakar hingga habis. Dari grafik tersebut dapat dilihat nilai *burning rate* dari pembakaran minyak kelapa sawit tanpa penambahan karbon aktif, minyak kelapa sawit + 100 ppm karbon aktif batok kelapa, minyak kelapa sawit + 200 ppm karbon aktif batok kelapa, minyak kelapa sawit + 300 ppm karbon aktif batok kelapa, minyak kelapa sawit + 100 ppm karbon aktif sekam padi, minyak kelapa sawit + 200 ppm karbon aktif sekam padi, minyak kelapa sawit + 300 ppm karbon aktif sekam padi berturut-turut adalah $0.922 \text{ mm}^2 \times \text{s}^{-1}$; $0.984 \text{ mm}^2 \times \text{s}^{-1}$; $1.054 \text{ mm}^2 \times \text{s}^{-1}$; $1.054 \text{ mm}^2 \times \text{s}^{-1}$; $0.591 \text{ mm}^2 \times \text{s}^{-1}$; $0.615 \text{ mm}^2 \times \text{s}^{-1}$; dan $0.739 \text{ mm}^2 \times \text{s}^{-1}$. Minyak kelapa sawit + 100 ppm karbon aktif sekam padi memiliki nilai *burning rate* paling rendah dan minyak kelapa sawit + 300 ppm karbon aktif batok kelapa memiliki nilai tertinggi.

Untuk menghitung nilai *burning rate*, data yang diperlukan yaitu diameter *droplet* dan *burning lifetime*. Contoh perhitungan *burning rate* dapat dilihat sebagai berikut. Contoh perhitungan dilakukan pada percobaan pembakaran minyak kelapa sawit tanpa tambahan karbon aktif.

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

Keterangan:

D : diameter *droplet* pada waktu tertentu (mm)

D_0 : diameter awal *droplet* (mm)

K_c : *burning rate constant* (mm²/s)

t : *burning lifetime* (s)

$$K_c = - \left(\frac{D^2 - D_0^2}{t} \right)$$

Contoh perhitungan:

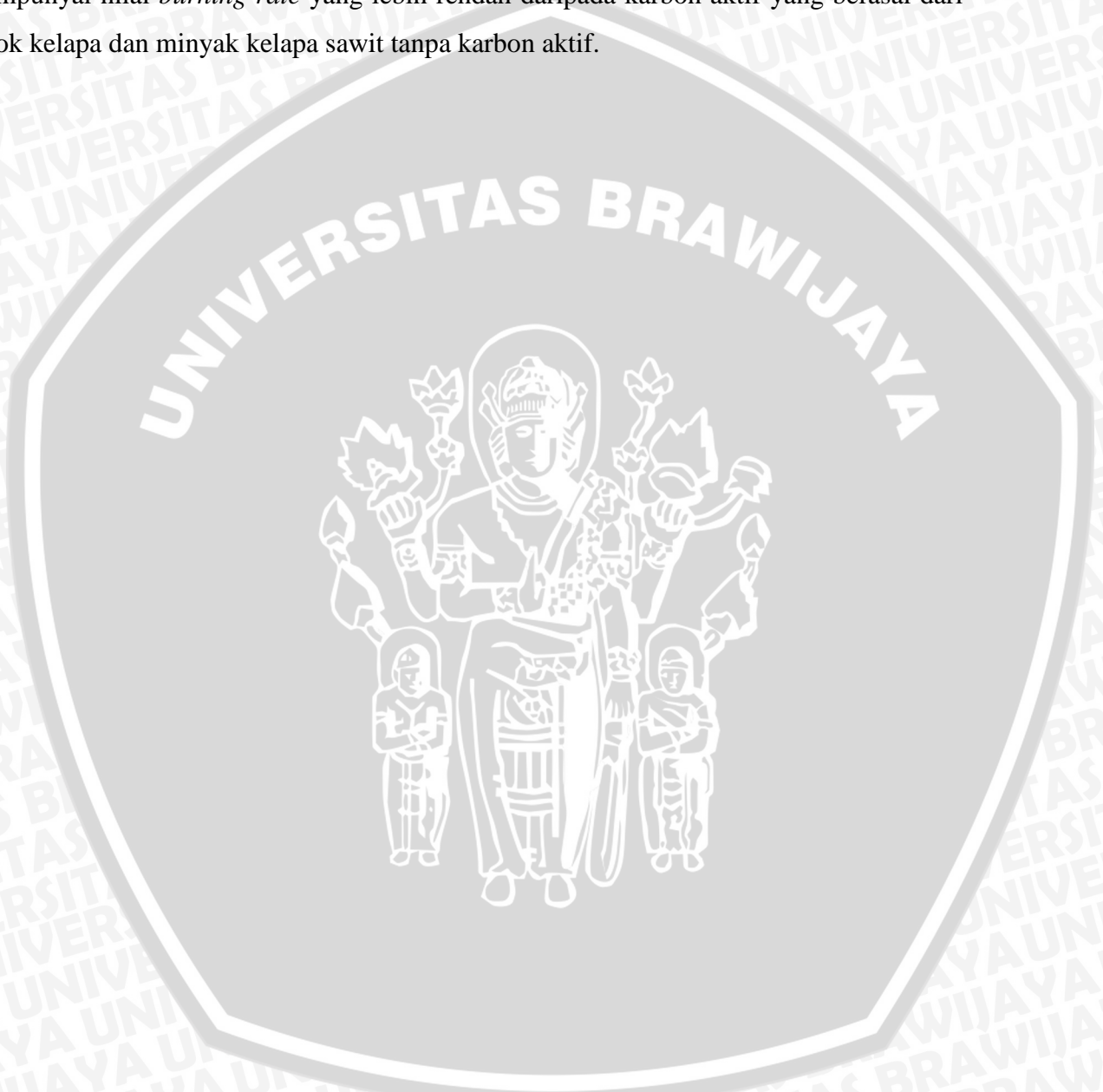
$$K_c = - \left(\frac{0^2 - 0.5^2}{0.221} \right)$$

$$K_c = 1.131 \text{ mm}^2 \times \text{s}^{-1}$$

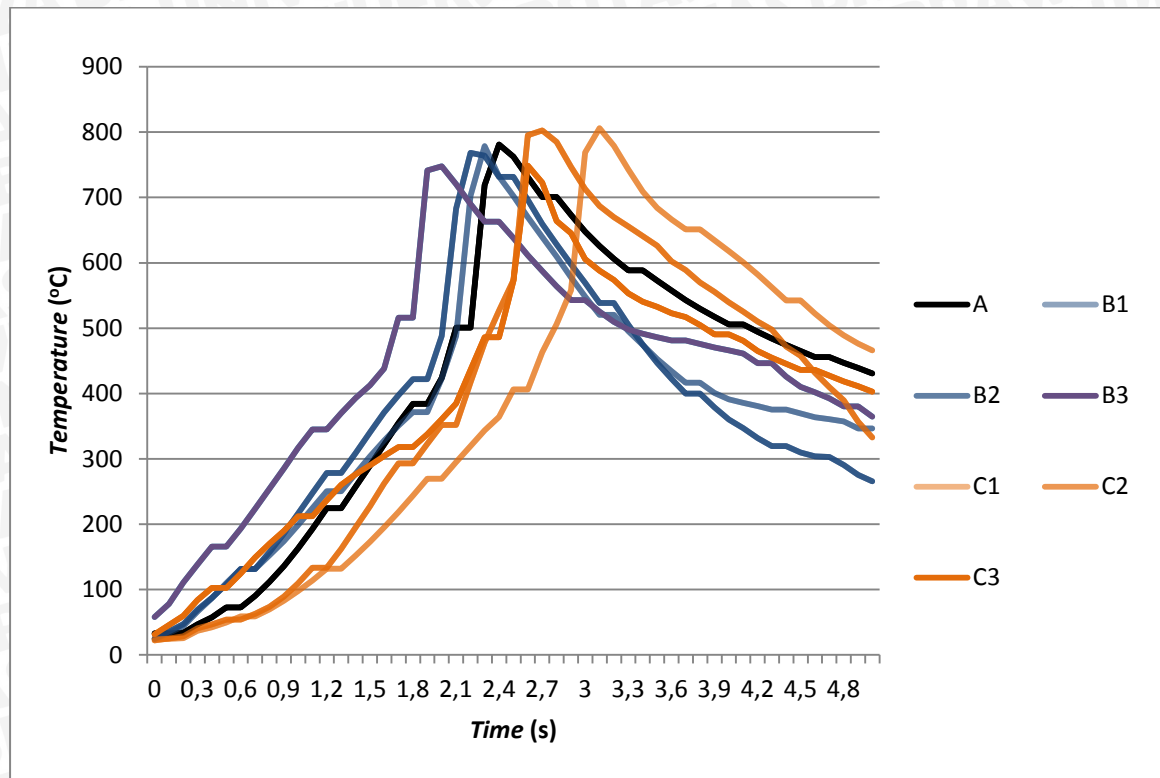
Pembakaran minyak kelapa sawit dengan tambahan katalis karbon aktif menunjukkan nilai *burning rate* yang tinggi. Karbon aktif berfungsi membuat molekul kelapa sawit menjadi bermuatan dan lebih mudah berdifusi dengan oksigen dalam reaksi pembakaran, dikarenakan karbon aktif memiliki jumlah proton yang lebih sedikit dibandingkan oksigen, sehingga karbon aktif cenderung melepaskan elektronnya ke oksigen. Elektron dari karbon aktif diberikan kepada oksigen yang menyebabkan oksigen bermuatan negatif dan karbon aktif bermuatan positif. Setelah karbon aktif yang bermuatan positif dicampur dengan minyak kelapa sawit, maka karbon aktif cenderung menarik elektron yang ada pada ikatan rangkap minyak kelapa sawit. Kemudian terjadi reaksi adisi yang menyebabkan ikatan rangkap yang terdapat pada minyak kelapa sawit diputus menjadi ikatan tunggal dan mengakibatkan minyak kelapa sawit bermuatan positif. Dengan kondisi minyak kelapa yang bermuatan positif dan oksigen disekitar *droplet* bermuatan negatif maka akan saling tarik menarik yang diakibatkan oleh beda potensial dan memudahkan terjadinya proses difusi. hal inilah yang membuat pembakaran akan terjadi semakin cepat dan nilai *burning rate* akan tinggi karena nilai *burning rate* berbanding terbalik dengan *burning lifetime*.

Grafik pengaruh variasi penambahan karbon aktif terhadap *burning rate* pembakaran *droplet* minyak kelapa sawit menunjukkan bahwa karbon aktif yang berasal dari batok kelapa memiliki nilai *burning rate* lebih tinggi daripada karbon aktif sekam padi. Hal ini disebabkan karbon aktif sekam padi mengandung banyak silika. Silika

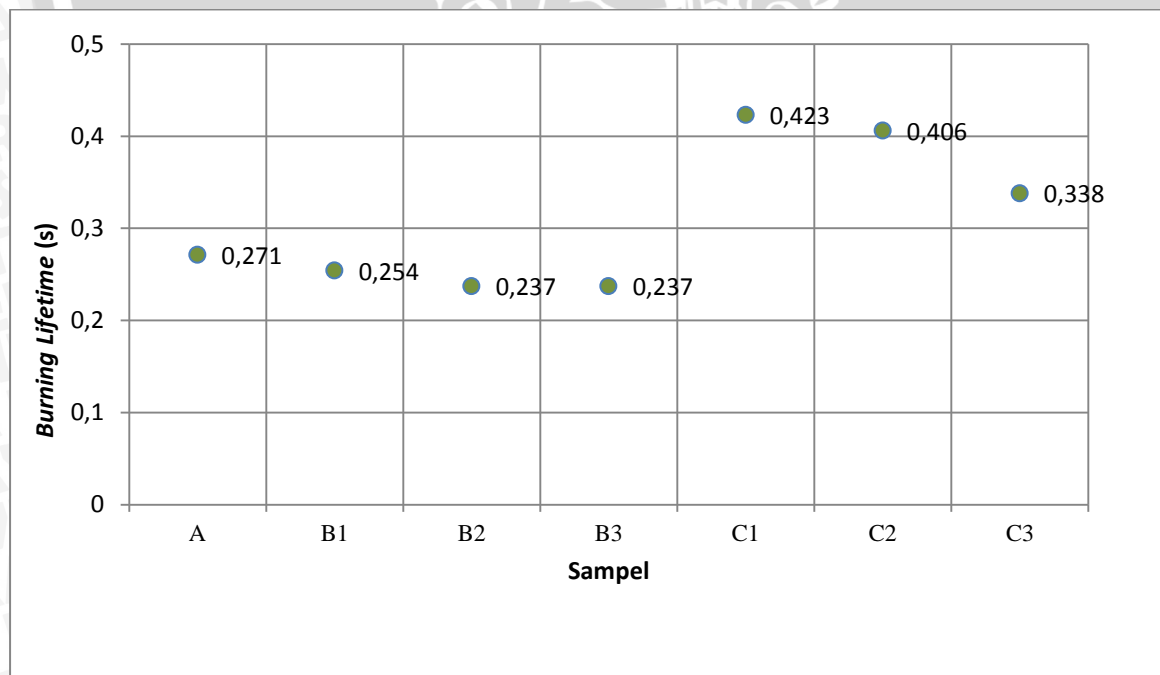
bersifat isolator pada suhu rendah sehingga menghambat transfer panas yang digunakan sebagai energi aktivasi pada proses reaksi pembakaran. Karena penghambatan oleh silika inilah yang menyebabkan penambahan karbon aktif sekam padi pada pembakaran minyak kelapa sawit memiliki nilai *burning rate* rendah. Karena mengandung banyak silika, maka pembakaran *droplet* minyak kelapa sawit dengan tambahan karbon aktif sekam padi mempunyai nilai *burning rate* yang lebih rendah daripada karbon aktif yang berasal dari batok kelapa dan minyak kelapa sawit tanpa karbon aktif.



4.2.4 Pengaruh Variasi Penambahan Karbon Aktif terhadap Kecepatan Reaksi Pembakaran *Droplet* Minyak Kelapa Sawit



Gambar 4.11 Grafik pengaruh variasi penambahan karbon aktif terhadap kecepatan reaksi pembakaran *droplet* minyak kelapa sawit



Gambar 4.12 Grafik pengaruh variasi penambahan karbon aktif terhadap *burning lifetime* pembakaran *droplet* minyak kelapa sawit

Gambar 4.11 menunjukkan hubungan variasi penambahan karbon aktif terhadap kecepatan reaksi pembakaran *droplet* minyak kelapa sawit. Grafik tersebut berisi data temperatur pada sisi vertikal dan waktu pada sisi horisontal, maka dapat dikatakan bahwa kecepatan reaksi pembakaran adalah gradien atau kemiringan dari garis pada grafik tersebut. Semakin tegak garis tersebut berarti menunjukkan kecepatan reaksi pembakarannya berlangsung cepat, begitu juga sebaliknya semakin miring gradien garis grafiknya menunjukkan bahwa reaksi pembakarannya berlangsung lebih lambat.

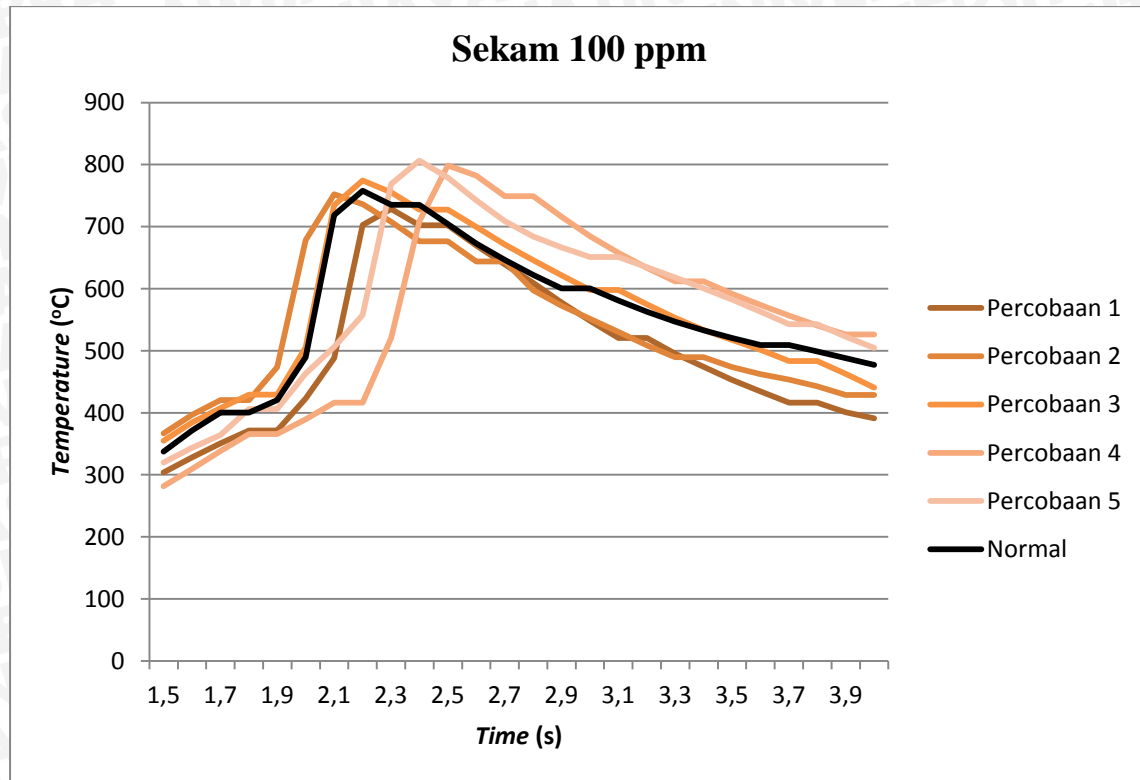
Selain dari gradien garis grafik tersebut, waktu berlangsungnya reaksi pembakaran juga bisa diketahui dari *burning lifetime* pembakaran *droplet* minyak kelapa sawit. Dari gambar 4.12 diketahui nilai *burning lifetime* pembakaran *droplet* minyak kelapa sawit tanpa tambahan karbon aktif, minyak kelapa sawit + 100 ppm karbon aktif batok kelapa, minyak kelapa sawit + 200 ppm karbon aktif batok kelapa, minyak kelapa sawit + 300 ppm karbon aktif batok kelapa, minyak kelapa sawit + 100 ppm karbon aktif sekam padi, minyak kelapa sawit + 200 ppm karbon aktif sekam padi, minyak kelapa sawit + 300 ppm karbon aktif sekam padi berturut-turut adalah 0.271 s, 0.254 s, 0.237 s, 0.237 s, 0.423 s, 0.406 s, dan 0.338 s. Reaksi pembakaran paling cepat terjadi pada pembakaran *droplet* minyak kelapa sawit + 300 ppm karbon aktif batok kelapa dan paling lambat terjadi pada pembakaran *droplet* minyak kelapa sawit + 100 ppm karbon aktif sekam padi.

Pada pembakaran minyak kelapa sawit dengan penambahan karbon aktif batok kelapa menunjukkan penurunan nilai *burning lifetime*, hal ini diakibatkan karbon aktif dapat menyebabkan ikatan ganda kehilangan elektron dan menyebabkan minyak bermuatan sehingga menjadi lebih reaktif, artinya molekul dari minyak tersebut lebih aktif mencari pasangan untuk berikatan ketika proses reaksi terjadi, karena lebih reaktif tersebut maka proses reaksi menjadi lebih singkat sehingga nilai *burning lifetime* menjadi rendah. Semakin banyak kadar karbon aktif batok kelapa yang ditambahkan menyebabkan nilai *burning lifetime* semakin menurun.

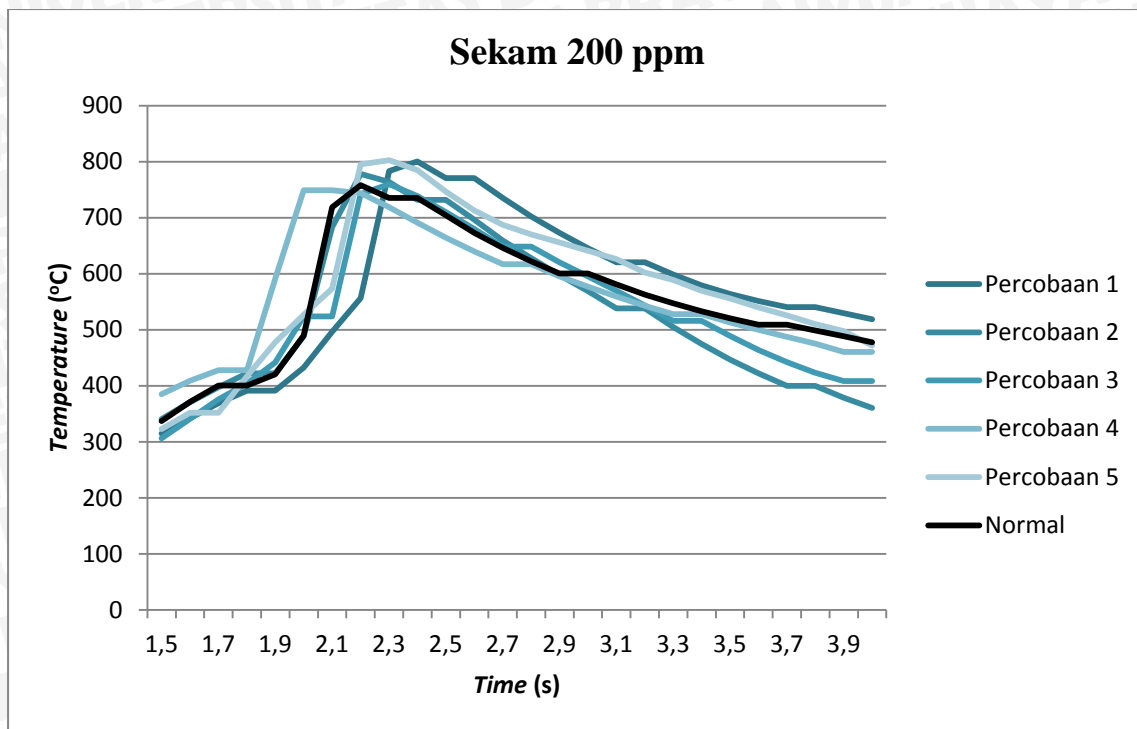
Gambar 4.12 menunjukkan karbon aktif yang berasal dari batok kelapa memiliki nilai *burning lifetime* lebih rendah daripada karbon aktif sekam padi. Hal ini disebabkan karbon aktif sekam padi mengandung banyak silika. Silika bersifat isolator pada suhu rendah sehingga menghambat transfer panas yang digunakan sebagai energi aktivasi pada proses reaksi pembakaran. Karena penghambatan oleh silika inilah yang menyebabkan penambahan karbon aktif sekam padi pada pembakaran minyak kelapa sawit memiliki nilai *burning lifetime* tinggi. Karena mengandung banyak silika maka pembakaran *droplet* minyak kelapa sawit dengan tambahan karbon aktif sekam padi mempunyai nilai *burning*

lifetime yang lebih tinggi daripada karbon aktif yang berasal dari batok kelapa dan minyak kelapa sawit tanpa karbon aktif.

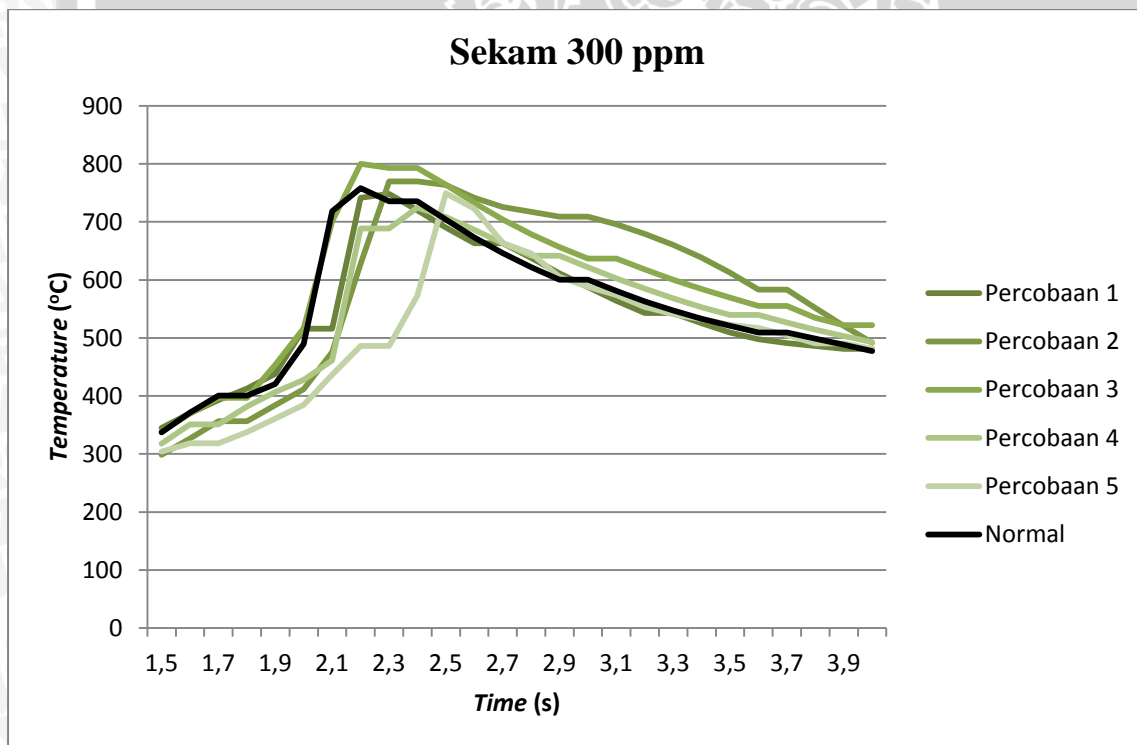
4.2.5 Pengaruh Variasi Penambahan Karbon Aktif Sekam Padi terhadap Temperatur Pembakaran *Droplet* Minyak Kelapa Sawit



Gambar 4.13 Grafik pengaruh variasi penambahan karbon aktif sekam padi 100 ppm terhadap pembakaran *droplet* minyak kelapa sawit



Gambar 4.14 Grafik pengaruh variasi penambahan karbon aktif sekam padi 200 ppm terhadap pembakaran *droplet* minyak kelapa sawit



Gambar 4.15 Grafik pengaruh variasi penambahan karbon aktif sekam padi 300 ppm terhadap pembakaran *droplet* minyak kelapa sawit.

Tiga gambar berturut-turut diatas merupakan grafik pengaruh variasi penambahan karbon aktif sekam padi terhadap pembakaran *droplet* minyak kelapa sawit pada

persentase karbon aktif 100 ppm; 200 ppm; dan 300 ppm yang dilakukan masing-masing sebanyak 5 kali percobaan dan dibandingkan dengan pembakaran *droplet* minyak kelapa sawit tanpa tambahan karbon aktif. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa kecenderungan pembakaran dengan penambahan karbon aktif sekam padi lebih lambat jika dibandingkan dengan pembakaran *droplet* minyak kelapa sawit tanpa tambahan karbon aktif. Seperti yang sudah saya sebutkan diatas bahwa ini dapat terjadi akibat adanya kandungan silika pada karbon aktif sekam padi.

Silika bersifat isolator pada suhu rendah sehingga menghambat transfer panas yang digunakan sebagai energi aktivasi pada proses reaksi pembakaran. Karena penghambatan oleh silika inilah yang menyebabkan penambahan karbon aktif sekam padi pada pembakaran minyak kelapa sawit memiliki nilai *ignition delay* semakin tinggi atau pembakarannya lebih lambat dibandingkan dengan pembakaran *droplet* minyak kelapa sawit tanpa tambahan karbon aktif. Sifat sebenarnya dari silika adalah semikonduktor, yang berarti silika tersebut dapat menjadi isolator maupun konduktor. Namun pada kasus ini, yaitu pembakaran menggunakan minyak kelapa sawit, silika tersebut bersifat isolator karena selain diakibatkan suhu yang rendah, susunan kimia minyak kelapa sawit hanya berisi sedikit ikatan rangkap.

Silika dapat menjadi konduktor ketika silika tersebut kekurangan atau kelebihan elektron. Namun pada umumnya, yang dilakukan adalah menambahkan elektron pada silika, penambahan elektron pada silika biasa disebut proses *doping*. Penambahan elektron menyebabkan adanya beda potensial sehingga menyebabkan elektron menjadi aktif bergerak. Elektron yang aktif bergerak inilah yang mampu menghantarkan listrik maupun panas atau dengan nama lain disebut sifat konduktor. Ketika elektron dari silika tersebut utuh, maka silika bersifat isolator. Proses *doping* dapat terjadi apabila kandungan ikatan rangkap pada minyak nabati berjumlah banyak karena dengan semakin banyak ikatan rangkap pada suatu minyak nabati berarti semakin besar kemungkinan terjadinya loncatan elektron dari minyak nabati menuju silika sehingga menyebabkan silika menjadi konduktor.



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari analisa dan pembahasan data penelitian tentang pengaruh penambahan karbon aktif terhadap karakteristik pembakaran *droplet* minyak kelapa sawit yang meliputi dimensi nyala api, *ignition delay*, *burning rate* dan kecepatan reaksi, dapat dipetik kesimpulan berikut:

1. Penambahan karbon aktif pada minyak kelapa sawit dapat mempengaruhi karakteristik pembakarannya yang meliputi dimensi nyala api, *ignition delay*, *burning rate* dan kecepatan reaksi pembakaran.
2. Penambahan karbon aktif yang berasal dari batok kelapa mempunyai efek yang berbeda terhadap karakteristik pembakarannya jika dibandingkan dengan karbon aktif yang berasal dari sekam padi.
3. Penambahan karbon aktif batok kelapa pada minyak kelapa sawit dapat meningkatkan nilai *burning rate*, dan menurunkan nilai *ignition delay*, dimensi api, serta mempercepat reaksi pembakaran. Sebaliknya penambahan karbon aktif sekam padi terhadap minyak kelapa sawit dapat menyebabkan turunnya nilai *burning rate*, dan meningkatkan nilai *ignition delay*, dimensi api dan memperlambat reaksi pembakaran.
4. Penambahan persentase karbon aktif baik yang berasal dari batok kelapa maupun sekam padi pada minyak kelapa sawit dapat meningkatkan nilai *burning rate*, dan menurunkan nilai *ignition delay*, dimensi api, serta mempercepat reaksi pembakaran.
5. Karbon aktif sekam padi mengandung silika sehingga menyebabkan nilai *burning rate* menurun, dan meningkatkan nilai *ignition delay*, dimensi api dan memperlambat reaksi pembakaran.

5.2 Saran

1. *Thermocouple* yang digunakan dalam penelitian perlu diganti dengan *thermocouple* yang memiliki sensitifitas lebih tinggi sehingga dapat menyajikan data temperatur yang lebih detail.
2. Perlu dibuat otomatis antara saklar dan perekam data sehingga penyalaan *heater* dan perekam data dapat berjalan bersamaan.

3. Dalam penelitian berikutnya, diharapkan dapat meneliti pengaruh penambahan karbon aktif yang berasal dari serat kayu, eceng gondok dan lain sebagainya terhadap karakteristik pembakaran berbagai minyak nabati.

