



**KARAKTERISTIK PEMBAKARAN DIFUSI SOLAR DENGAN  
PENAMBAHAN BIODIESEL MINYAK AMPAS KELAPA  
(*COCOS NUCIFERA*)**

**SKRIPSI**

Oleh

**Bagus Bayazid Busthomi**

**NIM 151910101017**

**PROGRAM STUDI STRATA SATU TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2019**



**KARAKTERISTIK PEMBAKARAN DIFUSI SOLAR DENGAN  
PENAMBAHAN BIODIESEL MINYAK AMPAS KELAPA  
(*COCOS NUCIFERA*)**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**Bagus Bayazid Busthomi**

**NIM 151910101017**

**PROGRAM STUDI STRATA SATU TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2019**

## PERSEMBAHAN

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT dengan tulus dan ikhlas serta kerendahan hati, saya persembahkan skripsi ini kepada :

1. Keluargaku, Ibu Aniq Jannti, Ayah Aminuddin Aziz, Adik Satria Budi Mulia, Adik Ayu Intan Khadijah dan Adik Bunga Intan Aisyah yang terkasih dan tersayang. Terimakasih atas segala bentuk dukungan, cinta, kasih sayang, perhatian, doa, perhatian, pengorbanan, semangat, motivasi dan bimbingan;
2. Seluruh dosen serta civitas akademik jurusan Teknik Mesin Universitas Jember. Terima kasih telah sabar membimbing dan memberikan ilmunya terutama Bapak Boy Arief Fachri, S.T., M.T., Ph.D selaku dosen pembimbing utama, Ibu Rika Dwi Hidayatul Qoryah, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing anggota, Bapak Dr. Robertoes Koekoeh Koentjoro., S.T., M.Eng. selaku dosen penguji I, Bapak Hary Sutjahjono, S.T., M.T. selaku dosen penguji II dan Dr. Salahuddin Junus, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing akademik;
3. Almamater Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Jember.

**MOTO**

Aku telah membuktikan bahwa kenikmatan hidup itu ada pada kesabaran kita dalam berkorban.

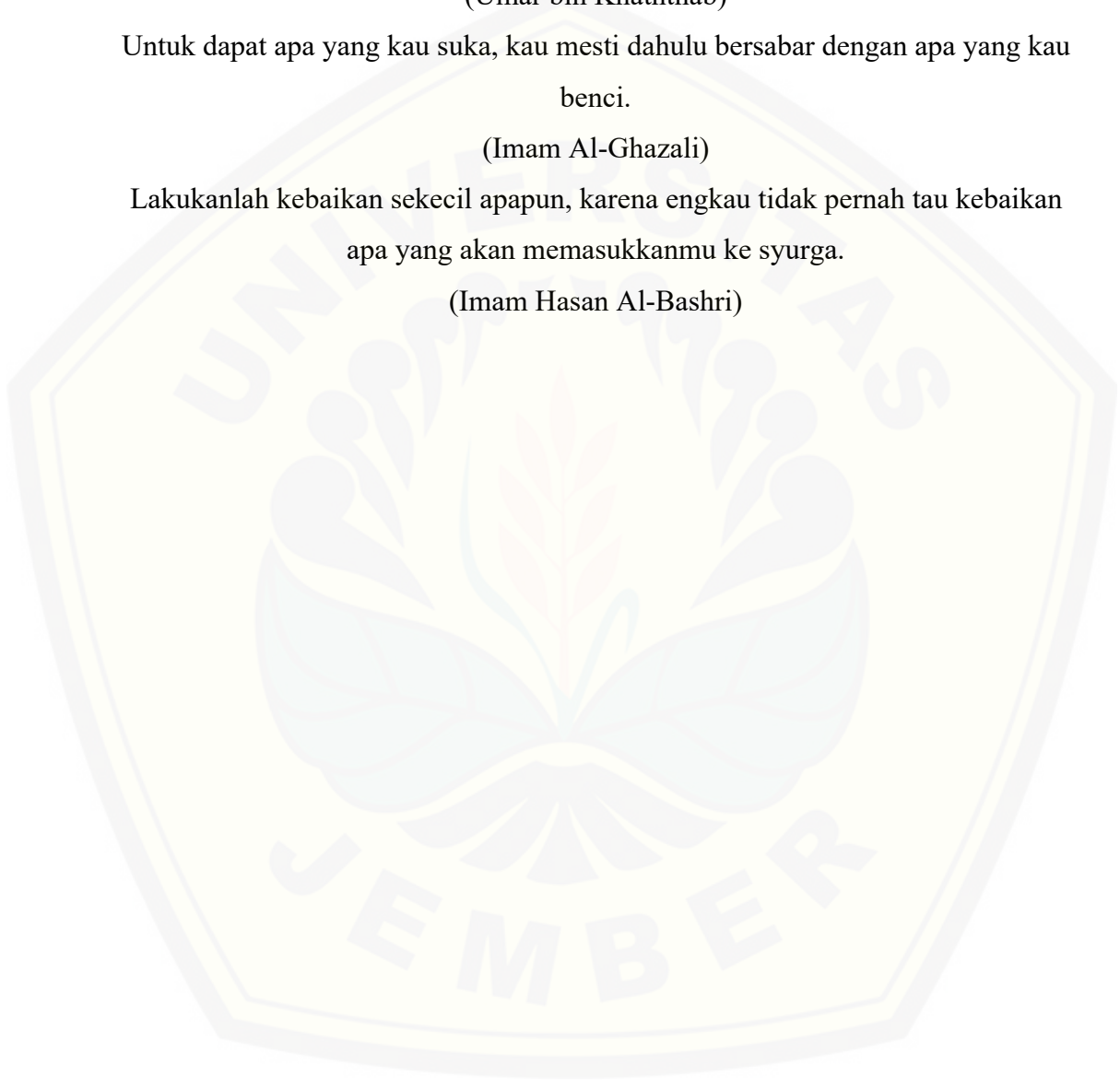
(Umar bin Khaththab)

Untuk dapat apa yang kau suka, kau mesti dahulu bersabar dengan apa yang kau benci.

(Imam Al-Ghazali)

Lakukanlah kebaikan sekecil apapun, karena engkau tidak pernah tau kebaikan apa yang akan memasukkanmu ke surga.

(Imam Hasan Al-Bashri)



**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Bagus Bayazid Busthomi

Nim : 151910101017

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Karakteristik Pembakaran Difusi Solar dengan Penambahan Biodiesel Minyak Ampas Kelapa (*Cocos Nucifera*)” adalah benar-benar karya sendiri kecuali jika dalam pengutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada intitusi manapun dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapatkan sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 20 Februari 2019

Yang menyatakan,

Bagus Bayazid Busthomi

NIM 151910101017

**SKRIPSI**

**KARAKTERISTIK PEMBAKARAN DIFUSI SOLAR DENGAN  
PENAMBAHAN BIODIESEL MINYAK AMPAS KELAPA (*COCOS  
NUCIFERA* )**

Oleh

Bagus Bayazid Busthomi

NIM 151910101017

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Boy Arief Fachri, S.T., M.T., Ph.D

Dosen Pembimbing Anggota : Rika Dwi Hidayatul Qoryah, S.T., M.T.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Karakteristik Pembakaran Difusi Solar dengan Penambahan Biodiesel Minyak Ampas Kelapa (*Cocos Nucifera* )” karya Bagus Bayazid Busthomi telah diuji dan disahkan pada :

hari, tanggal : Rabu, 20 Februari 2019

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji :

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota

Boy Arief Fachri, S.T., M.T., Ph.D

Rika Dwi Hidayatul Q., S.T., M.T.

NIP. 197409011999031002

NIP. 760014642

Penguji I,

Penguji II,

Dr. R. Koekoeh KW., S.T., M. Eng.

Hary Sutjahjono, S.T., M.T.

NIP. 196707081994121001

NIP. 196812051997021002

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember

Dr. Ir. Entin Hidayah , M. UM

NIP. 196612151995032001

## RINGKASAN

### **KARAKTERISTIK PEMBAKARAN DIFUSI SOLAR DENGAN PENAMBAHAN BIODIESEL MINYAK AMPAS KELAPA (*COCOS NUCIFERA*);**

Bagus Bayazid Busthomi; 151910101017; 2019; 44 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Biodiesel salah satu bagian biofuel yang dapat menggantikan bahan bakar fosil saat krisis bahan bakar dan krisis polusi lingkungan. Ampas kelapa adalah salah satu bahan baku berpotensi untuk dikonversi sebagai bahan bakar alternatif biodiesel. Pemanfaatan ampas kelapa sebagai biodiesel karena mengandung trigliserida, tidak berkompetisi dengan kebutuhan pangan, dan juga bahan baku ini mudah didapatkan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik pembakaran difusi solar dengan penambahan biodiesel minyak ampas kelapa. Parameter yang digunakan dalam penelitian yaitu temperatur api, tinggi api, dan kecepatan pembakaran. Variasi komposisi bahan bakar yang akan digunakan dalam penelitian yaitu B20 (80% solar dan 20% biodiesel), B30 (70% solar dan 30% biodiesel), dan B40 (60% solar dan 40% biodiesel). Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan pembakaran difusi pada *mini glass tube*. Alat ukur yang digunakan yaitu : termokopel untuk menentukan temperatur api dan kamera digunakan untuk mengambil gambar api agar dapat menentukan tinggi api dan kecepatan pembakaran. Pengambilan data temperatur api menggunakan termokopel yang dipasang sebanyak 3 titik meliputi suhu atas api, suhu tengah api, dan suhu bawah api. Pengambilan data tinggi api diperoleh dari gambar api yang dilakukan pengukuran dengan bantuan software Image J. Data kecepatan pembakaran didapatkan dengan mengetahui sudut api terlebih dahulu. Pengambilan data sudut api diperoleh dari gambar api yang dilakukan pengukuran dengan bantuan software Image J. Setelah mengetahui sudut api, kemudian melakukan perhitungan untuk menentukan kecepatan pembakaran.



Hasil penelitian ini didapatkan bahwa semakin besar kandungan biodiesel pada variasi bahan bakar maka semakin kecil nilai temperatur apinya. Nilai temperatur api tertinggi pada bahan bakar B20 yaitu sebesar 769,2 °C. Nilai temperatur api terendah pada bahan bakar B40 yaitu sebesar 267,9 °C. Semakin besar kandungan biodiesel pada variasi bahan bakar maka semakin besar nilai tinggi apinya. Nilai tinggi api tertinggi pada bahan bakar B40 yaitu sebesar 4,100 cm. Nilai tinggi api terendah pada bahan bakar B20 yaitu sebesar 3,767 cm. Semakin besar kandungan biodiesel pada variasi bahan bakar maka semakin kecil nilai kecepatan pembakaran. Nilai kecepatan pembakaran tertinggi pada bahan bakar B20 yaitu sebesar 0,015 cm/s. Nilai kecepatan pembakaran terendah pada bahan bakar B40 yaitu sebesar 0,013 cm/s.

**SUMMARY**

***CHARACTERISTIC COMBUSTION DIFFUSION OF DIESEL FUEL WITH ADDITION OF BIODIESEL FROM COCONUT PULP OIL (COCOS NUCIFERA);***

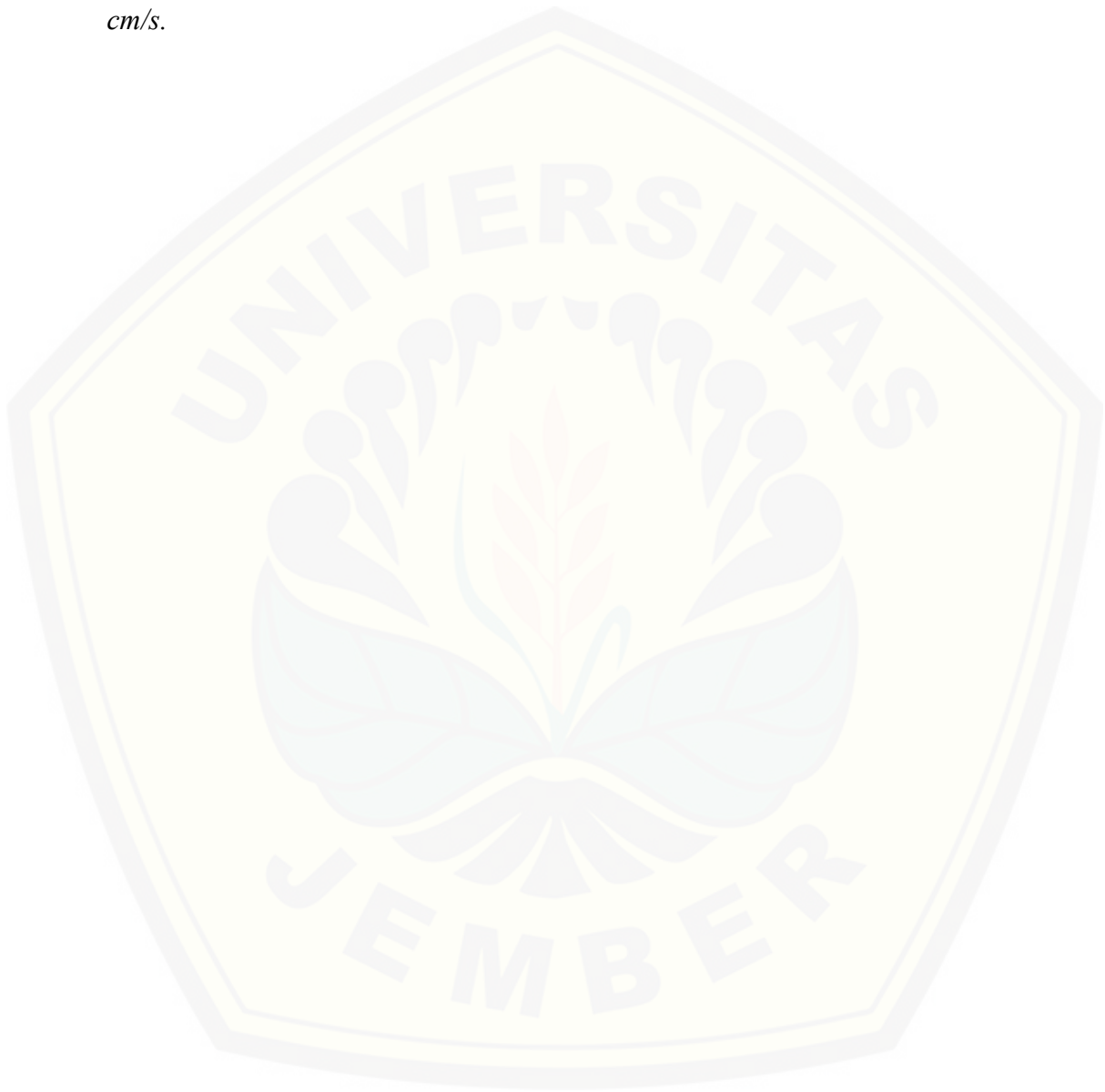
*Bagus Bayazid Busthomi; 151910101017; 2019; 44 pages; Mechanical Engineering Department, Engineering Faculty; Jember University.*

*Biodiesel is a kind of biofuels that can replace fossil fuels during fuel crisis and environmental pollution crisis. Coconut pulp is a potential raw materials to be converted as alternative biodiesel fuel. The use of coconut pulp as biodiesel because it contains triglycerides, does not compete with food needs, and also this raw material is easily obtained.*

*The purpose of the research was to determine the characteristics of diesel fuel diffusion combustion with adding coconut pulp oil biodiesel. The parameters used in this reseacrh are flame temperature, flame height, and burning speed. Variations of fuel composition in this reasearch are B20 (80% diesel and 20% biodiesel), B30 (70% diesel and 30% biodiesel), and B40 (60% diesel and 40% biodiesel). This research uses an experimental method with diffusion combustion on a mini glass tube. Measuring instruments used are: thermocouples to determine the flame temperature and the camera is used to take pictures of fire to determine the flame height and the burning speed. Taking flame temperature data using a thermocouple in 3 points at top point, middle point and bottom point of flame. Taking flame height data is obtained from flame images which are measured with the software Image J. Burning speed data is obtained from measuring the angle of flame first. Taking flame angle data is obtained from fire images that are measured with the software image Image J. After the flame angle has discovered, then calculate to determine burning speed.*

*The results of research found that the more content of biodiesel in the variations fuel have the lower value of flame temperature. The highest flame temperature value on B20 is 769,2 °C. The lowest flame temperature value on B40 is 267,9 °C. The more content of biodiesel in the variations fuel have the higher*

*value of flame height. The highest value of flame height on B40 is 4.100 cm. The lowest of flame height on B20 is 3.767 cm. The more content of biodiesel in the variations fuel have lower value of burning speed. The highest value of burning speed on B20 is 0.015 cm/s. The lowest value of burning speed on B40 is 0.013 cm/s.*



## PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Karakteristik Pembakaran Difusi Solar dengan Penambahan Biodiesel Minyak Ampas Kelapa (*Cocos Nucifera*)”. Skripsi ini merupakan mata kuliah wajib dan sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik pada Fakultas teknik Jurusan S1 Teknik Mesin Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk menyelesaikan proyek akhir ini;
2. Ketua Jurusan Teknik Mesin Hari Arbiantara B., S.T., M.T. atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk menyelesaikan proyek akhir ini;
3. Boy Arief Fachri, S.T., M.T., Ph.D selaku Dosen Pembimbing Utama dan Rika Dwi Hidayatul Qoryah, S.T., M.T.. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang penuh kesabaran memberi bimbingan, dorongan, meluangkan waktu, pikiran, perhatian dan saran kepada penulis selama penyusunan proyek akhir ini sehingga dapat terlaksana dengan baik;
4. Dr. Robertoes Koekoeh Koentjoro., S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji I dan Hary Sutjahjono, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji II, terima kasih atas saran dan kritiknya;
5. Dr. Salahuddin Junus, S.T., M.T.. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang selalu memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis selama kuliah;
6. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah memberikan ilmu, bimbingan, pengorbanan, saran dan kritik kepada penulis;
7. Ibunda Aniq Jannati dan Ayahanda Aminuddin Aziz yang telah memberikan segalanya kepada penulis;

8. Adik kadung saya Satria Budi Mulia, Ayu Intan Khadijah, dan Bunga Intan Aisyah yang telah memberikan do'a dan semangat untuk penulis;
9. Para sahabat Salman Al Farisi, Fitria Nurhayati, Jihan Zeinyuta Rosafira, Haidar Fahmi Al Mahbuby, dan Radinal Raka Ravsanzeni yang telah membantu tenaga dan fikiran dalam penelitian ini;
10. Teman-teman seperjuangan DIII dan S1 Teknik Mesin 2015 yang selalu memberi dukungan dan saran kepada penulis;
11. Sahabat saya Novis Adrianto Wahab, M. Hafidz Khoiruddin, Abdul Kharis Ismail, Aditya Arga Aprilia, dan Dimas Robi Alwi yang memberi dukungan serta do'a kepada penulis;
12. Teman teman KKN 03 yang telah memberikan semangat. Bayu, Putra, Raffi, Hilda, Shinta, Yessi, Iyem, Devi, dan Nuril yang telah mengajarkan banyak hal selama 45 hari.
13. Tim divisi roket teknik mesin dan kerohanian islam teknik Universitas Jember yang telah menyediakan wadah untuk mengembangkan skill dan pengalaman organisasi kepada peneliti
14. Pihak lain yang tidak bisa disebutkan satu-persatu.

Skripsi ini disusun berdasarkan data-data yang di peroleh dari studi lapangan dan studi kepustakaan serta uji coba yang dilakukan, walaupun ada kekurangan itu diluar kemampuan saya sebagai penulis, oleh karena itu penulis senantiasa terbuka untuk menerima kritik dan saran dalam upaya penyempurnaan skripsi ini.

DAFTAR ISI

|  | Halaman   |
|--|-----------|
| HALAMAN JUDUL .....                      | i         |
| HALAMAN PERSEMBAHAN .....                | ii        |
| HALAMAN MOTO .....                       | iii       |
| HALAMAN PERNYATAAN.....                  | iv        |
| HALAMAN PEMBIMBINGAN.....                | v         |
| HALAMAN PENGESAHAN.....                  | vi        |
| RINGKASAN .....                          | vii       |
| PRAKATA.....                             | xi        |
| DAFTAR ISI .....                         | xiii      |
| DAFTAR GAMBAR.....                       | xvi       |
| DAFTAR TABEL .....                       | xvii      |
| DAFTAR LAMPIRAN .....                    | xviii     |
| <b>BAB 1. PENDAHULUAN .....</b>          | <b>1</b>  |
| <b>1.1 Latar Belakang .....</b>          | <b>1</b>  |
| <b>1.2 Rumusan Masalah .....</b>         | <b>2</b>  |
| <b>1.3 Tujuan.....</b>                   | <b>2</b>  |
| <b>1.4 Manfaat.....</b>                  | <b>3</b>  |
| <b>1.5 Batasan Masalah.....</b>          | <b>3</b>  |
| <b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>      | <b>4</b>  |
| <b>2.1 Pohon Kelapa .....</b>            | <b>4</b>  |
| <b>2.2 Ampas Kelapa .....</b>            | <b>6</b>  |
| <b>2.3 Minyak Ampas Kealapa.....</b>     | <b>7</b>  |
| <b>2.4 Biodiesel.....</b>                | <b>8</b>  |
| <b>2.5 Pembuatan Biodiesel .....</b>     | <b>10</b> |
| 2.5.1 Ekstraksi Minyak Ampas Kelapa..... | 10        |

|               |  |           |
|---------------|--|-----------|
| 2.5.2         | Trasnsesterifikasi.....                                  | 10        |
| 2.5.3         | Pencucian .....  | 11        |
| <b>2.6</b>    | <b>Pembakaran .....</b>                                  | <b>11</b> |
| <b>2.7</b>    | <b>Karakterisasi Pembakaran Difusi.....</b>              | <b>12</b> |
| <b>2.8</b>    | <b><i>Thermocouple</i> .....</b>                         | <b>12</b> |
| <b>2.9</b>    | <b><i>Software Image – J</i>.....</b>                    | <b>13</b> |
| <b>2.10</b>   | <b>Peneliti Terdahulu Pembuatan Biodiesel .....</b>      | <b>14</b> |
| <b>2.11</b>   | <b>Hipotesa .....</b>                                    | <b>14</b> |
| <b>BAB 3.</b> | <b>METODOLOGI PENELITIAN .....</b>                       | <b>16</b> |
| <b>3.1</b>    | <b>Metode Penelitian .....</b>                           | <b>16</b> |
| <b>3.2</b>    | <b>Tempat dan Waktu Penelitian.....</b>                  | <b>16</b> |
| 3.2.1         | Tempat Penelitian.....                                   | 16        |
| 3.2.2         | Waktu Penelitian .....                                   | 16        |
| <b>3.3</b>    | <b>Alat dan Bahan Penelitian .....</b>                   | <b>18</b> |
| 3.3.1         | Alat Pembuatan Biodiesel.....                            | 18        |
| 3.3.2         | Bahan Pembuatan Biodiesel.....                           | 18        |
| 3.3.3         | Pembuatan Alat Pengukur Karakteristik Pembakaran .....   | 18        |
| 3.3.4         | Penelitian Karakteristik Pembakaran .....                | 19        |
| <b>3.4</b>    | <b>Variabel Penelitian .....</b>                         | <b>19</b> |
| 3.4.1         | Variabel Bebas.....                                      | 19        |
| 3.4.2         | Variabel Terikat.....                                    | 19        |
| 3.4.3         | Variabel Kontrol.....                                    | 20        |
| <b>3.5</b>    | <b>Metode Pengumpulan dan Pengolahan Data .....</b>      | <b>20</b> |
| <b>3.6</b>    | <b>Pengamatan yang Dilakukan.....</b>                    | <b>20</b> |
| <b>3.7</b>    | <b>Tahap Penelitian .....</b>                            | <b>20</b> |
| 3.7.1         | Tahap Penyiapan Minyak Ampas Kelapa .....                | 20        |
| 3.7.2         | Tahap Pembuatan Biodiesel Minyak Ampas Kelapa ... ..     | 21        |
| 3.7.3         | Tahap Pembuatan Alat Penguji Karakteristik Pembakaran... | 22        |

|   |    |
|---|----|
| <b>3.8 Tahap Pengujian</b> .....                      | 24 |
| 3.8.1 Tahap Penyiapan Tempat .....                    | 24 |
| 3.8.2 Tahap Pengujian Temperatur Api.....             | 24 |
| 3.8.3 Tahap Pengujian Tinggi Api.....                 | 24 |
| 3.8.4 Tahap Pengujian Kecepatan Pembakaran.....       | 25 |
| <b>3.9 Rekap Pengambilan Data</b> .....               | 26 |
| 3.9.1 Pengambilan Data Temperatur Api .....           | 26 |
| 3.9.2 Pengambilan Data Tinggi Api .....               | 28 |
| 3.9.3 Pengambilan Data Kecepatan Pembakaran .....     | 30 |
| <b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....              | 33 |
| <b>4.1 Hasil Penyiapan Minyak Ampas Kelapa</b> .....  | 33 |
| <b>4.2 Hasil Pembuatan Biodiesel</b> .....            | 33 |
| <b>4.3 Hasil Pengujian Temperatur Api</b> .....       | 36 |
| <b>4.4 Hasil Pengujian Tinggi Api</b> .....           | 38 |
| <b>4.5 Hasil Pengujian Kecepatan Pembakaran</b> ..... | 40 |
| <b>BAB 5. PENUTUP</b> .....                           | 44 |
| <b>5.1 Kesimpulan</b> .....                           | 44 |
| <b>5.2 Saran</b> .....                                | 44 |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....                           | 45 |
| <b>LAMPIRAN PERHITUNGAN</b> .....                     | 49 |
| <b>LAMPIRAN KEGIATAN DAN HASIL</b> .....              | 68 |
| <b>LAMPIRAN NILAI KARAKTERISTIK BAHAN BAKAR</b> ..... | 74 |



DAFTAR GAMBAR

|   | Halaman |
|---|---------|
| Gambar 2.1 Ampas kelapa .....   | 7       |
| Gambar 2.2 Minyak ampas kelapa.....   | 8       |
| Gambar 2.3 Biodiesel minyak ampas kelapa .....                              | 10      |
| Gambar 2.4 Sistem pengukuran temperatur dengan <i>thermocouple</i> .....    | 13      |
| Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....                                     | 17      |
| Gambar 3.2 Proses pengepresan .....   | 21      |
| Gambar 3.3 Proses transesterifikasi .....                                   | 22      |
| Gambar 3.4 Skema pembakaran difusi <i>mini glass tube</i> .....             | 23      |
| Gambar 3.5 Pengujian temperatur api.....                                    | 25      |
| Gambar 3.6 Pengujian tinggi api dan kecepatan pembakaran .....              | 26      |
| Gambar 3.7 Pengambilan data temperatur api .....                            | 27      |
| Gambar 3.8 Perkiraan hubungan temperatur api dengan jenis bahan bakar ..... | 28      |
| Gambar 3.9 Pengambilan data tinggi api .....                                | 29      |
| Gambar 3.10 Perkiraan hubungan tinggi api dengan jenis bahan bakar .....    | 29      |
| Gambar 3.11 Pengambilan data sudut api.....                                 | 31      |
| Gambar 3.12 Perkiraan hubungan kecepatan pembakaran dengan bahan bakar .... | 32      |
| Gambar 4.1 Hubungan antara temperatur api dengan jenis bahan bakar.....     | 38      |
| Gambar 4.2 Hubungan antara tinggi api dengan jenis bahan bakar.....         | 40      |
| Gambar 4.3 Hubungan antara kecepatan pembakaran dengan bahan bakar .....    | 42      |

DAFTAR TABEL

|   | Halaman |
|---|---------|
| Tabel 2.1 Tingkat produktifitas perkebunan menurut jenis tanaman 2017.....              | 5       |
| Tabel 2.2 Komposisi kimia buah kelapa.....  | 6       |
| Tabel 2.3 Komposisi asam lemak minyak kelapa murni .....                                | 7       |
| Tabel 2.4 Standar Mutu Biodiesel.....   | 9       |
| Tabel 3.1 Data temperatur api, T (°C).....  | 27      |
| Tabel 3.2 Data tinggi api, h (cm) .....   | 29      |
| Tabel 3.3 Data kecepatan pembakaran, S <sub>L</sub> (cm/detik) .....                    | 31      |
| Tabel 4.1 Hasil proses transesterifikasi biodiesel minyak ampas kelapa.....             | 33      |
| Tabel 4.2 Hasil pencucian biodiesel minyak ampas kelapa.....                            | 35      |
| Tabel 4.3 Hasil pengujian karakteristik biodiesel minyak ampas kelapa .....             | 35      |
| Tabel 4.4 Karakteristik biodiesel standar nasional Indonesia 2015 .....                 | 36      |
| Tabel 4.5 Karakteristik minyak tanah .....  | 36      |
| Tabel 4.6 Karakteristik minyak solar .....  | 37      |
| Tabel 4.7 Hasil pengujian temperatur api, T (°C).....                                   | 37      |
| Tabel 4.8 Hasil pengujian tinggi api, h (cm).....                                       | 39      |
| Tabel 4.9 Hasil pengujian kecepatan pembakaran laminar, S <sub>L</sub> (cm/detik) ..... | 41      |

DAFTAR LAMPIRAN

|  | Halaman |
|--|---------|
| A.1 Pengukuran Temperatur Api .....                            | 49      |
| A.2 Pengukuran Tinggi Api .....                                | 53      |
| A.3 Perhitungan Kecepatan Pembakaran.....                      | 58      |
| B.1 Penjemuran Ampas Kelapa .....                              | 68      |
| B.2 Proses Pengepresan Minyak.....                             | 68      |
| B.3 Hasil Minyak Ampas Kelapa.....                             | 69      |
| B.4 Proses Transesterifikasi.....                              | 69      |
| B.5 Proses Pengendapan .....                                   | 69      |
| B.6 Hasil Methyl Ester Pengendapan .....                       | 70      |
| B.7 Proses Pencucian .....                                     | 70      |
| B.8 Hasil Biodiesel .....                                      | 70      |
| B.9 Proses Pengujian Temperatur Api.....                       | 71      |
| B.10 Proses Pengujian Tinggi Api dan Kecepatan Pembakaran..... | 71      |
| B.11 Api Laminar Bahan Bakar B0 .....                          | 72      |
| B.12 Api Laminar Bahan Bakar B20 .....                         | 72      |
| B.13 Api Laminar Bahan Bakar B30 .....                         | 72      |
| B.14 Api Laminar Bahan Bakar B40 .....                         | 73      |
| B.15 Api Laminar Bahan Bakar B100 .....                        | 73      |
| C.1 Karakteristik Biodiesel Minyak Ampas Kelapa.....           | 74      |

## BAB1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Krisis energi melanda Indonesia karena kebutuhan masyarakat maupun pelaku industri terhadap bahan bakar minyak (BBM) berbasis fosil semakin meningkat. Sedangkan ketersediaan BBM berbasis fosil semakin terbatas. Disamping itu, emisi gas buang pembakaran bahan bakar fosil mengakibatkan dampak pencemaran udara yang semakin parah. Upaya pengembangan sumber energi alternatif bersifat terbarukan dan ramah lingkungan seperti biofuel dapat menjadi solusi penyelesaian permasalahan (Thoai dkk., 2017). Biodiesel adalah bioenergi yang terbuat dari minyak nabati atau lemak hewani yang melalui proses transesterifikasi (Soltani dkk., 2015).

Ampas kelapa adalah suatu limbah padat dari sisa pengolahan kelapa. Ampas kelapa kurang dimanfaatkan secara optimal. Biasanya ampas kelapa hanya dimanfaatkan sebagai pakan ternak atau dibuang ke lingkungan sekitar. Sehingga dalam jangka panjang, ampas kelapa dapat mencemari lingkungan. Maka perlu adanya proses pemanfaatan lebih lanjut seperti menjadikan ampas kelapa sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Pemilihan pemanfaatan ampas kelapa sebagai bahan baku biodiesel karena ampas kelapa mengandung trigeliserida, tidak berkompetisi dengan kebutuhan pangan, dan juga bahan baku ini mudah didapatkan. Ampas kelapa mengandung minyak berkisar 17 – 24 % (Sulaiman dkk., 2014).

Pembuatan biodiesel memanfaatkan ampas kelapa telah dilakukan oleh Sulaiman dkk. (2014) melakukan pembuatan biodiesel ampas kelapa dengan transesterifikasi *in situ*. Novita dkk. (2014) melakukan pembuatan biodiesel ampas kelapa menggunakan sistem pemanasan secara konvensional. Maurina dkk. (2017) secara transesterifikasi *in situ* dengan bantuan *microwave*. Studi mengenai karakteristik pembakaran difusi pada biodiesel dari ampas kelapa pada campuran

solar masih belum ada. Maka pada penelitian ini akan membahas karakteristik pembakaran difusi pada solar yang ditambahkan biodiesel minyak ampas kelapa.

Proses pembakaran memerlukan energi aktivasi berupa energi panas untuk kelangsungan reaksinya. Maka dari itu pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik pembakarannya seperti perbandingan temperatur api, tinggi api dan kecepatan pembakaran solar dengan penambahan biodiesel minyak ampas kelapa menggunakan bantuan alat *mini glass tube burner*. Variasi penambahan biodiesel minyak ampas kelapa pada solar bertujuan untuk mengetahui kondisi optimum pembakaran. Pada penelitian ini, solar akan ditambahkan biodiesel minyak ampas kelapa dengan variasi B20 (solar 80%, biodiesel minyak ampas kelapa 20%), B30 (solar 70%, biodiesel minyak ampas kelapa 30%) dan B40 (solar 60%, biodiesel minyak ampas kelapa 40%). Berdasarkan penelitian ini pula kita dapat menganalisa tentang kelayakan bahan bakar biodiesel minyak ampas kelapa sebagai pengganti bahan bakar dalam pembakaran eksternal seperti minyak tanah.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian sebelumnya, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana temperatur api pada pembakaran difusi biodiesel minyak ampas kelapa, B20, B30 dan B40 ?
- b. Bagaimana tinggi api pada pembakaran difusi biodiesel minyak ampas kelapa, B20, B30 dan B40 ?
- c. Bagaimana kecepatan pembakaran pada pembakaran difusi biodiesel minyak ampas kelapa, B20, B30 dan B40 ?

## 1.3 Tujuan

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah:

- a. Mengetahui perbandingan temperatur api antara biodiesel minyak ampas kelapa, B20, B30 dan B40 pada pembakaran difusi.

- b. Mengetahui perbandingan tinggi api antara biodiesel minyak ampas kelapa, B20, B30 dan B40 pada pembakaran difusi.
- c. Mengetahui perbandingan kecepatan pembakaran antara biodiesel minyak ampas kelapa, B20, B30 dan B40 pada pembakaran difusi.

#### **1.4 Manfaat**

Adapun manfaat penelitian ini, yaitu sebagai berikut:

- a. Menjadi solusi krisis energi bahan bakar minyak fosil dengan memanfaatkan biodiesel dari minyak ampas kelapa.
- b. Upaya mengurangi pencemaran lingkungan akibat emisi gas buang bahan bakar minyak fosil.
- c. Mengurangi limbah ampas kelapa dengan menjadikan bahan baku alternatif berupa biodiesel.

#### **1.5 Batasan Masalah**

Berdasarkan permasalahan yang telah disebutkan, Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah:

- a. Kandungan kimia ampas kelapa seragam.
- b. Pengaruh angin diabaikan.
- c. Faktor kondisi suhu dan kelembapan tetap.
- d. Karena keterbatasan ketersediaan minyak solar sebagai basis penelitian, maka peneliti menggunakan biosolar sebagai campuran bahan bakar.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Kelapa

Kelapa adalah anggota tunggal dalam marga *Cocos* dari suku aren-arenan atau Arecaceae. Dalam Bahasa Inggris, kelapa dikenal dengan sebutan *coconut palm*, *coco palm* atau *coconut tree*. Kelapa merupakan salah satu hasil pertanian Indonesia yang cukup potensial. Produksi kelapa pada tahun 2017 dapat dilihat pada Tabel 2.1. Tumbuhan ini dimanfaatkan hampir semua bagiannya oleh manusia sehingga dianggap sebagai tumbuhan serba guna.. Seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk di Indonesia dari tahun ke tahun maka tingkat konsumsi kelapa di dalam negeri dari tahun ke tahun juga terus meningkat dengan laju 4,5% per tahun. Dalam tata nama tumbuhan (taksonomi), tumbuhan kelapa diberi nama *Cocos nucifera* yang secara lengkap pengklasifikasiannya mulai dari tingkat kingdom sampai dengan species sebagai berikut:

|             |                         |
|-------------|-------------------------|
| Kingdom     | : Plantae               |
| Divisio     | : Spermatophyta         |
| Sub Divisio | : Angiospermae          |
| Class       | : Monocotyledonae       |
| Ordo        | : Palmales              |
| Familia     | : Palmae                |
| Genus       | : <i>Cocos</i>          |
| Species     | : <i>Cocos nucifera</i> |

Industri pengolahan kelapa dalam negeri pada saat ini masih didominasi oleh produk setengah jadi berupa kopra dan *Coconut Crude Oil* (CCO) yang nilai jualnya masih rendah. Seiring dengan makin berkembangnya teknologi pengolahan kelapa yang dapat menghasilkan berbagai alternatif produk olahan kelapa maka Pemerintah juga mengupayakan agar kelapa dalam negeri diolah dulu sebelum diekspor sehingga mendapatkan nilai jual yang lebih tinggi yaitu dalam bentuk: *Virgin Coconut Oil* (VCO), *Oleochemical* (OC), *Desicated Coconut* (DC), *Coconut Milk* (CM), *Coconut Cream* (CC), *Coconut Charcoal* (CCL), *Coconut Fiber* (CF)

dll. Kelapa juga dimanfaatkan sebagai biofuel, bahan bakar yang ramah lingkungan (Mardiatmoko dkk., 2018).

Tanaman kelapa mulai berbunga dan berbuah berbeda-beda tergantung jenisnya yaitu sekitar 3-8 tahun. Buah mencapai ukuran maksimal sesudah berumur 9 – 10 bulan dengan berat 3-4 kg berisi cairan 0,3-0,4 liter. Pada umur 12-14 bulan buah telah cukup masak, tetapi beratnya turun menjadi 1,5 – 2,5 kg dan pada umur ini buah siap untuk dipanen atau gugur bila dibiarkan terus. Produk kelapa yang paling berharga adalah minyak kelapa, yang dapat diperoleh dari daging buah kelapa. Daging buah kelapa berwarna putih dengan ketebalan 8 – 10 mm. Daging buah yang telah dewasa tersusun atas air (52%), minyak (34%), protein (3%), zat gula (1,5%) dan abu (1%). Daging buah ini merupakan hasil utama dan dimanfaatkan manusia untuk kebutuhan rumah tangga, minyak, biofuel dan lain-lain (Mardiatmoko dkk., 2018). Komposisi kimia buah kelapa dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.1 Tingkat produktifitas perkebunan menurut jenis tanaman 2017

| Jenis Tanaman | Ribu Ton |
|---------------|----------|
| Sawit         | 2543,8   |
| Kelapa        | 12719,2  |
| Kopi          | 636,7    |
| Kakao         | 630,6    |
| Teh           | 48,5     |
| Pala          | 34,3     |
| Lada          | 83,5     |
| Cengkeh       | 121,8    |
| Gula tebu     | 1284,3   |
| Tembakau      | 151,8    |
| Nilam         | 2,1      |

Sumber : Badan Pusat Statistik, 2018.



Tabel 2.2 Komposisi kimia buah kelapa

| Bahan Terkandung               | Persentase (%) |
|--------------------------------|----------------|
| Air                            | 36,3           |
| Protein                        | 4,5            |
| Lemak                          | 41,6           |
| Karbohidrat                    | 13,0           |
| Serat                          | 3,6            |
| Mineral                        | 1,0            |
| CaO                            | 0,01           |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,24           |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1,7            |

Sumber : Mardiatmoko dkk., 2018.

## 2.2 Ampas Kelapa

Ampas kelapa merupakan salah satu limbah padat yang dihasilkan dari sisa pengolahan kelapa yang telah diambil santanya dengan cara di ekstrak baik menggunakan tangan maupun menggunakan mesin pres seperti dapat dilihat pada Gambar 2.1. Umumnya limbah ampas kelapa tersebut sebagian besar ditumpuk dan dibuang ke lingkungan sekitarnya dan hanya sebagian kecil diolah kembali menjadi produk lainnya yang bermanfaat seperti untuk bahan baku pembuatan pakan ternak, namun proses pengolahan tersebut masih menyisakan limbah ampas kelapa dalam jumlah yang besar. Dalam jangka panjang, limbah ampas kelapa tersebut dapat mencemari lingkungan di sekitarnya seperti tercemarnya sumber air tanah dan menimbulkan pencemaran udara dari bau busuk yang ditimbulkannya. Untuk mengatasi kendala tersebut, limbah ampas kelapa perlu diproses dimanfaatkan lebih lanjut. Salah satunya adalah untuk bahan baku pembuatan biodiesel (Maurina dkk., 2017). Minyak nabati ampas kelapa (*Cocos nucifera*) memiliki kandungan trigliserida yang dapat membentuk *fatty acid methyl ester* (FAME) dalam dapat diolah dan dimanfaatkan sebagai bahan baku alternatif biodiesel. Kandungan trigliserida yang tersisa dalam ampas buah kelapa dapat ditransesterifikasi sehingga terkumpul kandungan *fatty acid methyl ester* (FAME) ampas kelapa yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan alternatif biodiesel (Sulaiman dkk., 2014).



Gambar 2.1 Ampas kelapa

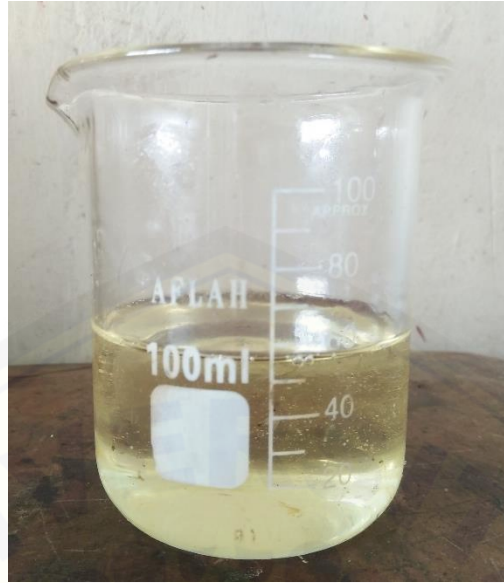
### 2.3 Minyak Ampas Kelapa

Produk kelapa yang paling berharga adalah minyak kelapa. Minyak kelapa dapat diperoleh dari daging buah kelapa. komposisi lemak minyak kelapa dapat dilihat pada Tabel 2.3. Pada penelitian ini memanfaatkan minyak ampas kelapa. Ampas kelapa memiliki kandungan minyak nabati sebesar 17-24 %. Jumlah tersebut cukup berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai biodiesel (Sulaiman dkk., 2014). Minyak ampas kelapa dapat dilihat pada Gambar 2.2.

Tabel 2.3 Komposisi asam lemak minyak kelapa murni

| Asam Lemak                | Persentase (%) |
|---------------------------|----------------|
| Asam Kaproat              | 0,187          |
| Asam Oktanoat             | 1,12           |
| Asam Siklopropanpentanoat | 0,54           |
| Asam Laurat               | 32,73          |
| Asam Miristat             | 28,55          |
| Asam Palmitat             | 17,16          |
| Asam Oleat                | 14,09          |
| Asam Stearat              | 5,68           |

Sumber : Novilla dkk., 2017



Gambar 2.2 Minyak ampas kelapa

#### 2.4 Biodiesel

Biodiesel adalah bahan bakar diesel alternatif yang diproduksi menggunakan metode transesterifikasi terbuat dari minyak nabati yang direaksikan dengan alkohol dengan bantuan katalis. Biodiesel sebagai bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar mesin diesel (Sulaiman dkk, 2014). Biodiesel terbuat dari bahan baku yang dapat diperbarui. Beberapa bahan baku yang digunakan antara lain kacang kedelai, biji bunga matahari, rapeseed, kelapa sawit, kelapa, jatropha, alga, limbah minyak goreng, dan lemak hewan. Penggunaan dan ketersediaan biodiesel belum banyak tersebar di dunia. Meskipun demikian, beberapa negara sudah terlibat dalam industri ini, termasuk dalam menggunakan dan memproduksi secara aktif. Produksi biodiesel tahunan dunia berkembang sangat pesat dari 59 juta barel pada tahun 2007 sampai 133 juta barel pada tahun 2011 (Budiman dkk., 2018).

Biodiesel memiliki titik nyala tinggi, yakni suhu terendah yang dapat menyebabkan uap biodiesel menyala, sehingga biodiesel lebih aman dari bahaya kebakaran pada saat disimpan maupun didistribusikan dari pada solar (Soltani dkk., 2015). Sebagai bahan bakar mesin diesel, biodiesel mampu mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil seperti minyak bumi, batu bara, dan gas

alam terbatas. Dalam beberapa tahun mendatang, sumber energi ini akan habis. Lain halnya dengan biodiesel, biodiesel dapat diproduksi dari minyak hasil pertanian, limbah minyak, maupun lemak hewan yang banyak terdapat di berbagai belahan dunia dan bersifat terbarukan. Pembakaran bahan bakar fosil dari masa lalu sampai saat ini secara dramatis telah meningkatkan level karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan gas rumah kaca lainnya yang dapat mengurung panas di atmosfer. Selain itu, masalah polusi udara yang disebabkan bahan bakar fosil mempunyai dampak penting bagi kesehatan. Polusi udara yang disebabkan oleh gas buang berupa karbon monoksida (CO), hidrokarbon, sulfur oksida ( $\text{SO}_x$ ), nitrogen oksida ( $\text{NO}_x$ ), dan debu-debu (*particulate matter*) dapat mengurangi tingkat kesehatan masyarakat. Penggunaan biodiesel sebagai pengganti bahan bakar fosil dapat mengurangi kecepatan peningkatan gas rumah kaca dan mengurangi polusi udara yang disebabkan oleh gas-gas buang bahan bakar fosil, terutama kandungan sulfur (Budiman dkk., 2018).

Biodiesel yang telah dibuat harus memiliki standar mutu agar dapat diaplikasikan ke dalam mesin diesel. Terdapat beberapa standar mutu biodiesel dibuat melalui suatu proses ekstraksi mekanik dilanjutkan dengan proses kimia yang disebut esterifikasi ataupun transesterifikasi. Standar mutu biodiesel berdasarkan SNI 7182: 2015 dapat disajikan seperti pada Tabel 2.4. Biodiesel minyak ampas kelapa dapat dilihat pada Gambar 2.3.

Tabel 2.4 Standar Mutu Biodiesel

| Parameter   | Satuan             | Nilai             |
|-------------|--------------------|-------------------|
| Massa Jenis | $\text{kg/m}^3$    | 850-890           |
| Viskositas  | cSt                | 2,3-6,0           |
| Titik Nyala | $^{\circ}\text{C}$ | Min. 100          |
| Nilai Kalor | cal/g              | 8956,725-9601,609 |

Sumber : Badan Standar Nasional, 2015.



Gambar 2.3 Biodiesel minyak ampas kelapa

## 2.5 Pembuatan Biodiesel

Proses pembuatan biodiesel sangat sederhana. Biodiesel dihasilkan melalui proses yang disebut reaksi transesterifikasi trigliserida dengan alkohol dengan bantuan katalis. Alkohol yang digunakan yaitu jenis metanol. Katalis yang digunakan untuk reaksi transesterifikasi adalah basa, biasanya kalium hidroksida (KOH) (Sulaiman dkk., 2014). Berikut dibawah ini adalah proses pembuatan biodiesel secara komersial antara lain.

### 2.5.1 Ekstraksi Minyak Ampas Kelapa

Langkah awal pembuatan biodiesel dengan mendapatkan minyak mentah (*Crude Oil*). Biasanya dilakukan secara konvensional dengan ekstraksi mekanis. Dengan menggunakan alat pengepres untuk didapatkan bahan baku minyaknya (Sabarish dkk., 2016).

### 2.5.2 Transesterifikasi

Transesterifikasi yaitu proses kimiawi yang memerlukan proses alkoholis pada senyawa ester dengan alkohol tahap konversi dari trigliserida (minyak nabati) menjadi alkyl ester dan menghasilkan produk samping yaitu gliserol. Transesterifikasi bertujuan untuk mengubah asam-asam lemak dari trigliserida

dalam bentuk ester. Untuk mempercepat reaksi ini diperlukan bantuan katalisator (Thoai dkk., 2017).

### 2.5.3 Pencucian

Setelah dilakukan pengendapan dan pemisahan antara gliserol dan biodiesel dengan transesterifikasi, maka proses terakhir yang perlu dilakukan adalah pencucian. Proses pencucian bertujuan untuk menghilangkan solven maupun sisa dari bahan pada saat tahap sebelumnya yang tidak dibutuhkan dalam kandungan biodiesel. Proses pencucian menggunakan air dengan suhu 90-100 °C. Kemudian dipisahkan kembali menggunakan corong pemisah (Alamsyah dkk., 2014).

## 2.6 Pembakaran

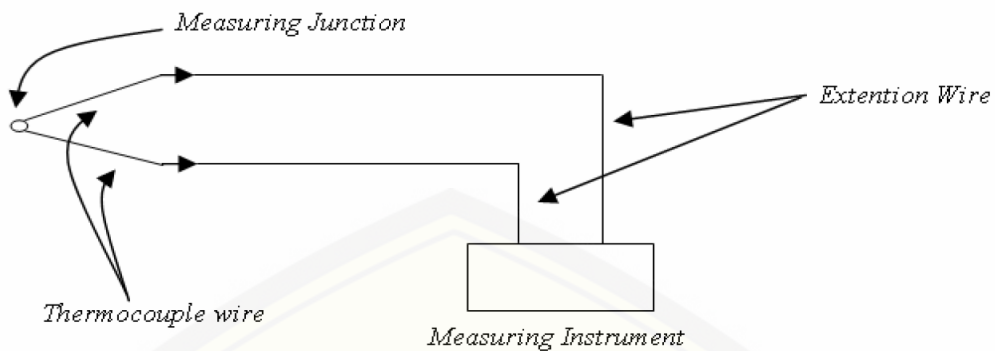
Ketika terjadi pembakaran kimia, ikatan-ikatan di dalam molekul-molekul dari reaktan-reaktan menjadi terputus, dan atom-atom dan electron-elektron tersusun ulang menjadi produk-produk. Di dalam reaksi pembakaran, elemen-elemen bahan bakar yang mudah terbakar mengalami oksidasi yang cepat sehingga menghasilkan pelepasan energi bersamaan dengan terbentuknya produk hasil pembakaran. Tiga elemen kimia utama yang mudah terbakar di dalam bahan bakar yang paling umum ditemukan adalah karbon, hidrogen, dan sulfur. Sulfur biasanya merupakan kontributor yang relatif tidak penting dalam pelepasan energi, tapi dapat menjadi signifikan karena permasalahan dengan polusi dan korosi yang disebabkan. Pembakaran dituntaskan ketika semua karbon yang terkandung di dalam bahan bakar telah habis terbakar menjadi karbon dioksida, semua hidrogen telah habis terbakar menjadi air, dan semua sulfur telah habis terbakar menjadi sulfur dioksida, dan semua elemen-elemen yang mudah terbakar lainnya telah teroksidasi. Jika kondisi-kondisi ini tidak terpenuhi, pembakaran menjadi tidak tuntas (Moran dkk., 1992).

## 2.7 Karakterisasi Pembakaran Difusi

Pada pembakaran *diffusion flame*, bahan bakar dan oksigen (udara) pada awalnya terpisah. Pembakaran akan berlangsung saat bahan bakar dan udara bercampur secara difusi pada ujung nosel (Banjari dkk., 2015). Pengetahuan mengenai karakteristik api dan sifat bahan bakar dapat dijadikan tolak ukur untuk membuat sistem pembakaran (Amirante dkk., 2017). Banjari dkk. (2015) melakukan pengujian karakterisasi pembakaran difusi campuran biodiesel dan solar dengan menggunakan *mini glass tube*. Lincoln dkk. (2017) melakukan karakterisasi pembakaran dengan menggunakan alat *laser induced incandescence* (LII). Alekseev (2015) berpendapat kecepatan pembakaran laminar dipengaruhi parameter temperatur nyala api. Pengaplikasian pengukuran kecepatan pembakaran agar mudah dilakukan diperlukan suhu api diatas standar yang telah ditetapkan yaitu sebesar 298 °K. Kumaran dkk. (2014) melakukan penelitian karakterisasi pembakaran difusi campuran biodiesel dan diesel yang digunakan pada mesin turbin. Berdasarkan penelitian tersebut diperoleh nilai temperatur semakin rendah seiring semakin banyak kandungan biodiesel. Amirante dkk. (2017) Kecepatan Pembakaran Laminer merupakan parameter penting dalam memberikan nilai laju penyebaran api laminar. Kecepatan nyala api laminar banyak diaplikasikan pada pembakaran seperti perancangan burner dan memprediksi ledakan. Sasongko (2018) melakukan penelitian karakterisasi pembakaran pada campuran biodiesel dan solar. Berdasarkan penelitian tersebut nilai kecepatan pembakaran semakin rendah seiring semakin banyak kandungan biodiesel pada campuran dan nilai tinggi api semakin rendah seiring semakin banyak kandungan biodiesel pada campuran.

## 2.8 Thermocouple

*Thermocouple* merupakan sistim pengukuran temperatur. Elemen sensor temperatur (measuring junction) menghasilkan beda tegangan atau *electromotive force* (emf), yang kemudian emf yang dihasilkan dibandingkan dengan skala konversi tertentu menjadi unit temperatur (Sutarya, 2008). Sistem pengukuran temperatur dengan *Thermocouple* dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Sistem pengukuran temperatur dengan *thermocouple*

(Sumber : Sutarya, 2008)

Elemen sensor sebuah *thermocouple* merupakan dua jenis logam konduktor yang berbeda yang disebut *thermo-element*, satu sama lain diisolasi kecuali pada bagian *junction*. Kabel ekstensi *thermocouple* yang dapat digunakan adalah sepasang kabel yang mempunyai karakteristik temperatur-emf relatif terhadap *thermocouple*-nya sehingga pada saat digunakan tidak memberikan pengaruh negatif (penyebab kesalahan) terhadap hasil pengukuran (Sutarya, 2008).

## 2.9 Software Image – J

Teknik karakterisasi untuk menentukan ukuran atau distribusi partikel dapat dilakukan dengan beberapa cara, salah satunya adalah menggunakan mikroskop elektron seperti SEM dan TEM, atau menggunakan *particle size analyser* (PSA). Data digital hasil karakterisasi menggunakan SEM atau TEM dapat diolah lebih lanjut sehingga didapat distribusi ukuran partikelnya melalui sarana media pengolahan data digital. Terdapat beberapa media pengolahan data digital untuk analisis partikel yang didapat dari *public domain*, diantaranya adalah NIH image, Scion image dan Image - J. NIH image dan Scion Image digunakan pada sistem operasi komputer Macintosh (Apple) dan Windows, sedangkan Image – J yang berbasis pemrograman Java dapat digunakan untuk sistem operasi Windows, Linux maupun Macintosh asalkan komputer tersebut terdapat *java runtime environment* (jre). Image – J adalah *software* untuk pengelolaan gambar digital berbasis Java yang dibuat oleh Wayne Rasband dari



Research Services Branch, National Institute of Mental Health, Bethesda, Maryland, USA. Penggunaan Image – J dalam analisis gambar digital telah digunakan secara luas dalam bidang kesehatan dan biologi (Kurniawan dkk., 2011).

### 2.10 Peneliti Terdahulu Pembuatan Biodiesel

Menurut Onukwuli dkk. (2017), faktor-faktor yang mempengaruhi hasil pembuatan biodiesel adalah suhu reaksi, waktu reaksi, konsentrasi katalis, dan rasio mol metanol. Musa dkk. (2016) berpendapat bahwa perbedaan jenis alkohol yang digunakan dapat mempengaruhi sifat fisiokimia biodiesel yang dihasilkan. Sulaiman dkk. (2014) melakukan pembuatan biodiesel ampas kelapa dengan transesterifikasi *in situ*. Novita dkk. (2014) melakukan pembuatan biodiesel ampas kelapa menggunakan sistem pemanasan secara konvensional. Maurina dkk. (2017) pembuatan biodiesel ampas kelapa secara transesterifikasi *in situ* dengan batuan *microwave*. Karnasuta dkk. (2015) melakukan pembuatan biodiesel dari minyak ampas kelapa melalui proses transesterifikasi dengan katalis KOH. Maitera dkk. (2017) melakukan pembuatan biodiesel dari minyak kelapa melalui proses transesterifikasi dengan katalis KOH. Krupa dkk. (2018) melakukan pembuatan biodiesel dari minyak ampas kelapa melalui proses transesterifikasi dengan katalis NaOH. Talha dkk. (2018) melakukan pembuatan biodiesel dari ampas kelapa melalui proses transesterifikasi *in situ* dengan katalis CaO. Suryanto dkk. (2015) melakukan pembuatan biodiesel dari minyak kelapa melalui proses transesterifikasi dengan katalis NaOH yang menggunakan *microwave*. Zanuttini dkk. (2014) melakukan pembuatan biodiesel dari minyak kelapa butia yatay melalui proses *degumming*, esterifikasi dan transesterifikasi. Musa dkk. (2016) melakukan pembuatan biodiesel dari minyak kelapa melalui proses *degumming* dan transesterifikasi.

### 2.11 Hipotesa

Mengacu pada tinjauan pustaka diatas, hipotesis yang disampaikan dalam penelitian karakteristik pembakaran difusi pada biodiesel minyak ampas kelapa,

B20, B30 dan B40 adalah nilai temperatur api tertinggi pada B20, nilai tinggi api tertinggi pada B40 dan nilai kecepatan pembakaran tertinggi pada B20.



## BAB 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, yaitu suatu metode yang digunakan untuk menguji karakteristik pembakaran difusi biodiesel minyak ampas kelapa, B20, B30, dan B40. Biodiesel minyak ampas kelapa, B20, B30, dan B40 digunakan sebagai bahan bakar pada *mini glass tube burner*. Pengujian tahap ini adalah untuk mengetahui perbandingan temperatur api, tinggi api, dan kecepatan pembakaran pada biodiesel minyak ampas kelapa, B20, B30, dan B40. Untuk mengetahui diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.

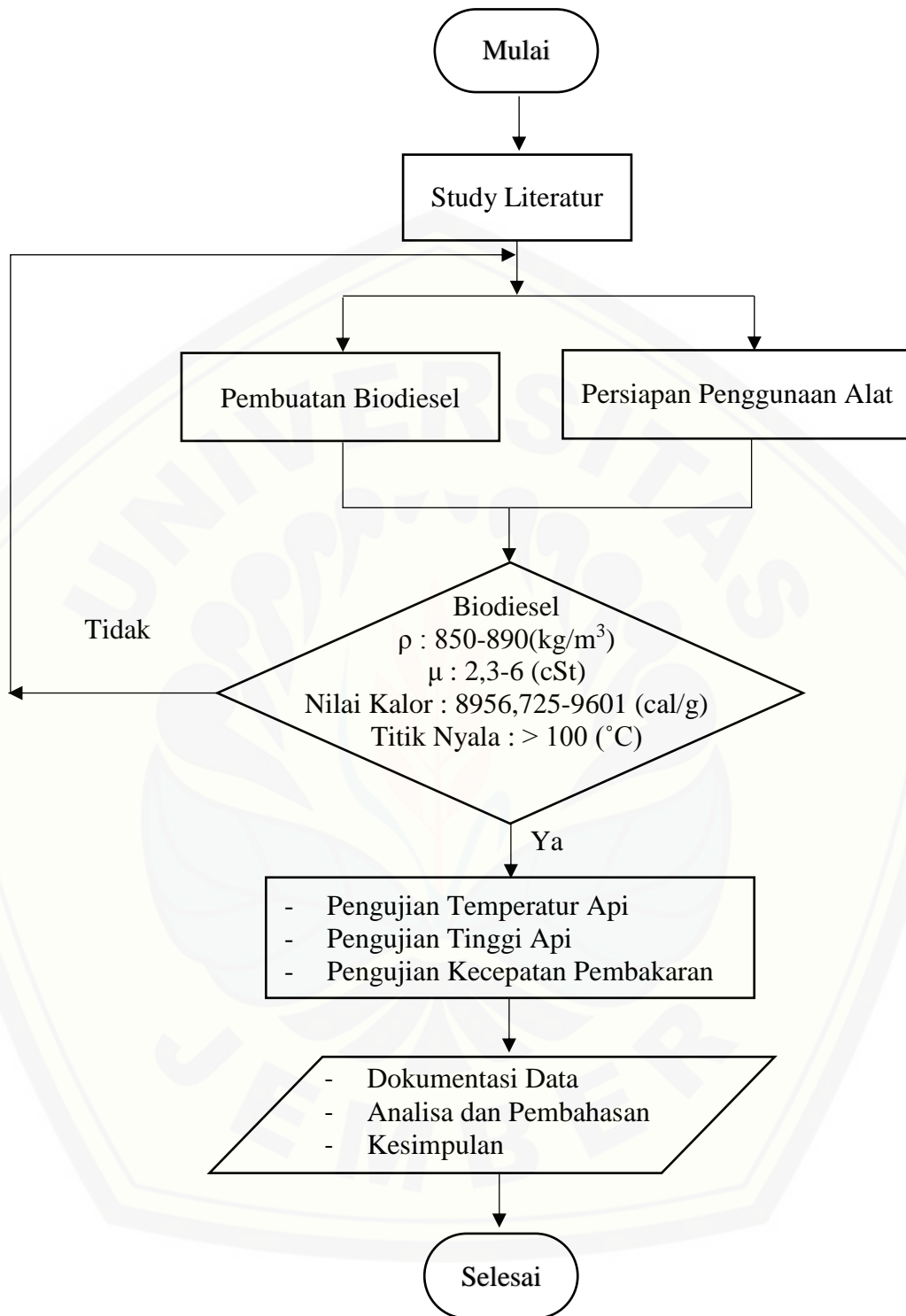
### 3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

#### 3.2.1 Tempat Penelitian

Pembuatan alat penelitian dan penelitian karakteristik pembakaran difusi biodiesel minyak ampas kelapa, B20, B30, dan B40 dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

#### 3.2.2 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama kurang lebih 5 bulan pada tanggal 1 Oktober 2018 –20 Februari.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

### 3.3 Alat dan Bahan Penelitian

#### 3.3.1 Alat Pembuatan Biodiesel Minyak Ampas Kelapa

Alat yang digunakan pada pembuatan biodiesel minyak ampas kelapa yaitu:

- a. Mesin Pres
- b. Gelas Ukur
- c. Pipet
- d. *Magnetic Stirrer*
- e. *Stopwatch*
- f. Spatula
- g. *Statip*
- h. Termometer

#### 3.3.2 Bahan Pembuatan Biodiesel Minyak Ampas Kelapa

Bahan yang digunakan pada pembuatan biodiesel minyak ampas kelapa yaitu:

- a. Ampas kelapa
- b. Kalium Hidroksida (KOH)
- c. Metanol
- d. Aqua

#### 3.3.3 Pembuatan Alat Pengukur Karakteristik Pembakaran

Alat dan bahan yang digunakan pada pembuatan alat pengukur karakteristik pembakaran yaitu:

- a. *Mini glass tube burner* dengan diameter 4 mm dan Tinggi 29,6 cm.
- b. Kawat nikelin dengan panjang 10 cm.
- c. Klem buret
- d. Penggaris
- e. Selang
- f. Kabel
- g. Obeng
- h. *Syringe pump Benefits SP 5*

### 3.3.4 Penelitian Karakteristik Pembakaran

Alat yang digunakan pada karakteristik pembakaran yaitu:

- a. *Mini glass tube*
- b. *Stopwatch*
- c. *Heater*
- d. *Thermocouple* tipe K
- e. *Infrared thermometer thermogun*
- f. Gelas Ukur
- g. Kamera Canon EOS Kiss X7

Bahan yang digunakan pada karakteristik pembakaran yaitu:

- a. Biodiesel minyak ampas kelapa
- b. Solar

## 3.4 Variabel Penelitian

### 3.4.1 Variabel Bebas

Variabel bebas yaitu variabel yang bebas ditentukan oleh peneliti sebelum melakukan penelitian. Variabel bebas yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a. Pengujian karakteristik pembakaran dengan pencampuran solar dan biodiesel minyak ampas kelapa (B20, B30 dan B40).
- b. Panjang pipa dan ukuran pipa.

### 3.4.2 Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang besarnya tidak dapat ditentukan sepenuhnya oleh peneliti, tetapi besarnya tergantung pada variabel bebasnya. Penelitian ini mempunyai variabel terikat yang meliputi data-data yang diperoleh pada pengujian temperatur api, tinggi api dan kecepatan pembakaran pada biodiesel minyak ampas kelapa, B20, B30, dan B40.

### 3.4.3 Variabel Kontrol

Variabel kontrol disebut juga sebagai variabel kendali. Variabel inilah yang menyebabkan hubungan diantara variabel bebas dan juga variabel terikat bisa tetap konstan. Variabel kontrol pada penelitian ini adalah debit bahan bakar.

## 3.5 Metode Pengumpulan dan Pengolahan Data

Data yang dipergunakan dalam pengujian ini meliputi:

- a. Data primer, merupakan data yang diperoleh langsung dari pengukuran karakteristik api pembakaran pada masing-masing pengujian biodiesel minyak ampas kelapa B20, B30 dan B40.
- b. Data sekunder, merupakan data yang diperoleh dari literatur perhitungan maupun hasil pengujian kecepatan pembakaran.

## 3.6 Pengamatan yang Dilakukan

Pada penelitian ini yang akan diamati adalah:

- a. Mengukur temperatur api.
- b. Mengukur ketinggian api.
- c. Menentukan kecepatan pembakaran.

## 3.7 Tahap Penelitian

Prosedur pengujian yang dilakukan adalah untuk mengetahui perbandingan karakteristik pembakaran difusi pada biodiesel minyak ampas kelapa, B20, B30, dan B40. Tahap prosedur yang dilakukan dalam pengujian adalah sebagai berikut:

### 3.7.1 Tahap Penyiapan Minyak Ampas Kelapa

Tahap penyiapan minyak ampas kelapa dimulai dengan mengumpulkan ampas kelapa dari rumah makan padang di sekitar Universitas Jember, Kecamatan Sumbersari, Kabupaten Jember. Lalu proses pengeringan selama 3 hari. Setelah itu dilakukan pengepresan sehingga menghasilkan minyak ampas kelapa seperti terlihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Proses pengepresan

### 3.7.2 Tahap Pembuatan Biodiesel Minyak Ampas Kelapa

Setelah melalui tahapan penyiapan minyak ampas kelapa, tahap berikutnya adalah pembuatan biodiesel minyak ampas kelapa. adapun tahapannya antara lain:

- a. Mempersiapkan bahan yang akan ditransesterifikasikan seperti minyak ampas kelapa sebanyak 100 ml (91,3 gr), metanol sebanyak 30% dari jumlah minyak ampas kelapa yaitu 30 ml (27,4 gr) dan KOH sebanyak 1% dari jumlah minyak ampas kelapa yaitu 0,9 gr.
- b. Memanaskan minyak ampas kelapa dengan menggunakan *heater* sampai mencapai suhu 60°C.
- c. Mencampurkan metanol dan KOH ke dalam minyak ampas kelapa.
- d. Melakukan pengadukan dengan *magnetic stirrer* selama 60 menit (Gambar 3.3).
- e. Mendinginkan hasil pengadukan Selama 24 jam.
- f. Melakukan pencucian menggunakan air dengan suhu 90-100 °C.
- g. Kemudian melakukan secara berulang dengan metode yang sama sampai mendapat biodiesel minyak ampas kelapa dalam jumlah yang diinginkan.



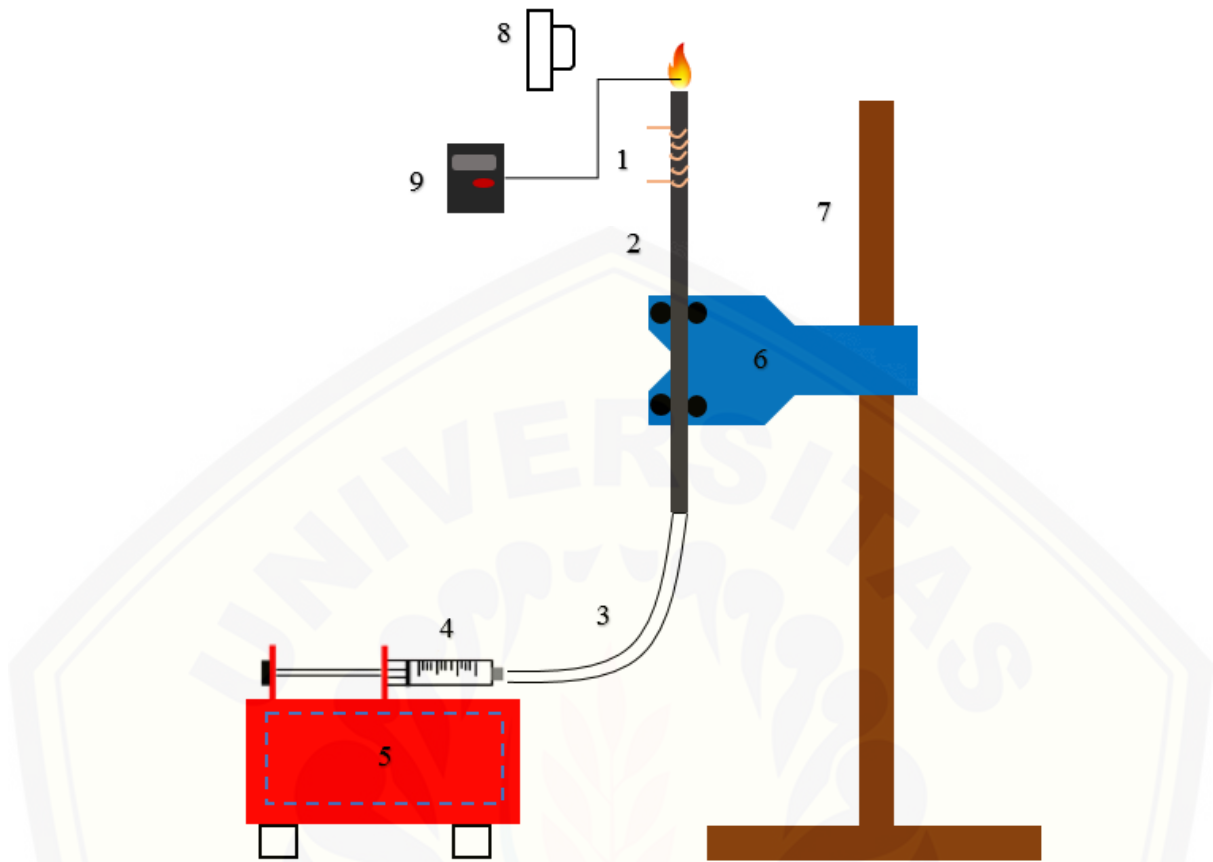


Gambar 3.3 Proses transesterifikasi

### 3.7.3 Tahap Pembuatan Alat Penguji Karakteristik Pembakaran

Tahap pembuatan alat penguji karakteristik pembakaran ini dengan menggunakan *mini glass tube burner* sebagai tempat *diffuser* bahan bakar. Skema pembakaran difusi dengan *mini glass tube* dapat dilihat pada Gambar 3.4. Berikut langkah pembuatannya:

- Membuat *heater*, dengan melilitkan kawat nikelin pada *mini glass tube*. Lalu ujung-ujungnya dihubungkan dengan kabel yang telah dipasang colokan agar dapat dihubungkan dengan listrik.
- Menghubungkan *mini glass tube* dengan selang.
- Menghubungkan selang dengan *syringe pump*.
- Menempatkan *mini glass tube* pada klem buret dan mengaitkannya pada batang penyangga.



Gambar 3.4 Skema pembakaran difusi *mini glass tube* (Banjari dkk.,2015)

Keterangan:

1. *Heater*
2. *Mini glass tube burner*
3. Selang bahan bakar
4. *Syringe*
5. *Syringe pump*
6. Klem buret
7. Batang penyangga
8. Kamera
9. *Thermocouple*

### 3.8 Tahap Pengujian

#### 3.8.1 Tahap Penyiapan Tempat

Tahap pengujian temperatur api, tinggi api, dan kecepatan pembakaran biodiesel minyak ampas kelapa dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember dengan keadaan cahaya gelap.

#### 3.8.2 Tahap Pengujian Temperatur Api

Tahapan pengujian temperatur api pada penelitian ini sebagai berikut :

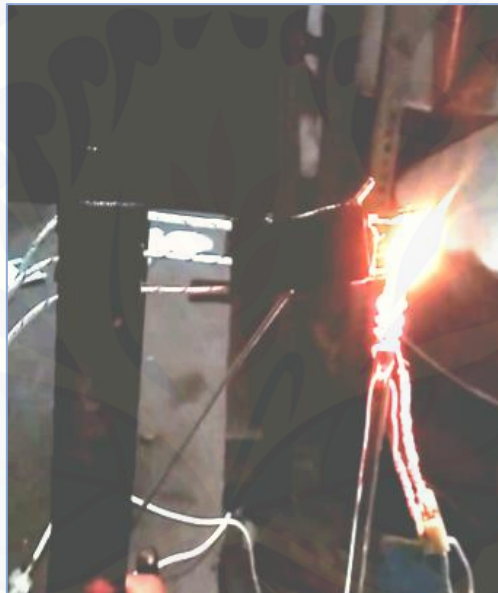
- a. Mempersiapkan bahan bakar solar dan biodiesel minyak ampas kelapa dengan dicampurkan terlebih dahulu dan diaduk sampai benar-benar bercampur dengan rasio B20 (solar 80%, biodiesel minyak ampas kelapa 20%), B30 (solar 70%, biodiesel minyak ampas kelapa 30%) dan B40 (solar 60%, biodiesel minyak ampas kelapa 40%).
- b. Setelah itu bahan bakar yang tercampur dimasukkan ke dalam *syringe pump*. Dan diinjeksikan hingga memasuki *mini glass tube* sampai pada bagian *mini glass tube* yang dililiti *heater*. Saat bahan bakar melewati *heater* akan menguap. Debit bahan bakar yang digunakan 4,5 ml/hr.
- c. Menyalakan api dengan bantuan pemantik di *mini glass tube burner*.
- d. Mencatat suhu bawah, tengah, atas pada api di *thermocouple* (Gambar 3.5).
- e. Mematikan api.
- f. Melakukan percobaan sebanyak 3 kali.
- g. Mencatat hasilnya dan menganalisa gambar.

#### 3.8.3 Tahap Pengujian Tinggi Api

Tahapan pengujian tinggi api pada penelitian ini sebagai berikut :

- a. Mempersiapkan bahan bakar solar dan biodiesel minyak ampas kelapa dengan dicampurkan terlebih dahulu dan diaduk sampai benar-benar bercampur dengan rasio B20 (solar 80%, biodiesel minyak ampas kelapa 20%), B30 (solar 70%, biodiesel minyak ampas kelapa 30%) dan B40 (solar 60%, biodiesel minyak ampas kelapa 40%).

- b. Setelah itu bahan bakar yang tercampur dimasukkan ke dalam *syringe pump* dan diinjeksikan hingga memasuki *mini glass tube* sampai pada bagian *mini glass tube* yang dililiti *heater*. Saat bahan bakar melewati *heater* akan menguap. Debit bahan bakar yang digunakan 4,5 ml/hr.
- c. Menyalakan api dengan bantuan pemantik di *mini glass tube burner*.
- d. Mengambil gambar api dengan menggunakan kamera (Gambar 3.6).
- e. Melakukan percobaan sebanyak 3 kali.
- f. Mematikan api.
- g. Mencatat hasilnya dan menganalisisnya.



Gambar 3.5 Pengujian temperatur api

#### 3.8.4 Tahap Pengujian Kecepatan Pembakaran

Tahapan pengujian kecepatan pembakaran pada penelitian ini sebagai berikut :

- a. Mempersiapkan bahan bakar solar dan biodiesel minyak ampas kelapa dengan dicampurkan terlebih dahulu dan diaduk sampai benar-benar bercampur dengan rasio B20 (solar 80%, biodiesel minyak ampas kelapa 20%), B30 (solar 70%, biodiesel minyak ampas kelapa 30%) dan B40 (solar 60%, biodiesel minyak ampas kelapa 40%).

- b. Setelah itu bahan bakar yang tercampur dimasukkan ke dalam *syringe pump* dan diinjeksikan hingga memasuki *mini glass tube* sampai pada bagian *mini glass tube* yang dililiti *heater*. Saat bahan bakar melewati *heater* akan menguap. Debit bahan bakar yang digunakan 4,5 ml/hr.
- c. Menyalakan api dengan bantuan pemantik di *mini glass tube burner*.
- d. Mengambil gambar api dengan menggunakan kamera (Gambar 3.6).
- e. Melakukan percobaan sebanyak 3 kali.
- f. Mematikan api.
- g. Mencatat hasilnya dan menganalisisnya.



Gambar 3.6 Pengujian tinggi api dan kecepatan pembakaran

### 3.9 Rekap Pengambilan Data

#### 3.9.1 Pengambilan Data Temperatur Api

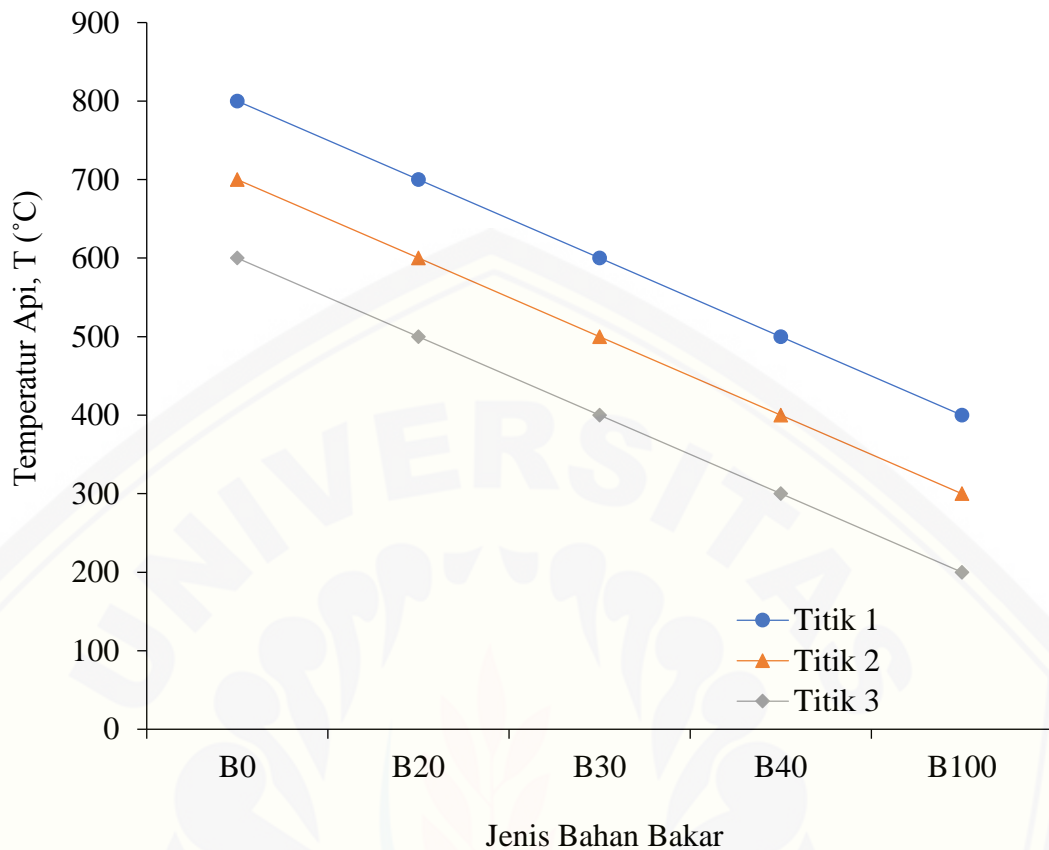
Pengujian temperatur api biodiesel minyak ampas kelapa, B20, B30 dan B40 menggunakan *mini glass tube*. Pengukuran temperature api menggunakan *thermocouple* (Gambar 3.7). Hasil pengujian temperatur api dapat dilihat pada Tabel 3.1 yang kemudian dapat disajikan dalam grafik seperti pada Gambar 3.8.

Tabel 3.1 Data temperatur api ( $^{\circ}\text{C}$ )

| Bahan Bakar | Titik | Percobaan           |                     |                     | Rata-rata pada titik |
|-------------|-------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
|             |       | 1                   | 2                   | 3                   |                      |
| B0          | 1     | T <sub>1,B0</sub>   | T <sub>1,B0</sub>   | T <sub>1,B0</sub>   | T <sub>1,B0</sub>    |
|             | 2     | T <sub>2,B0</sub>   | T <sub>2,B0</sub>   | T <sub>2,B0</sub>   | T <sub>2,B0</sub>    |
|             | 3     | T <sub>3,B0</sub>   | T <sub>3,B0</sub>   | T <sub>3,B0</sub>   | T <sub>3,B0</sub>    |
| B20         | 1     | T <sub>1,B20</sub>  | T <sub>1,B20</sub>  | T <sub>1,B20</sub>  | T <sub>1,B20</sub>   |
|             | 2     | T <sub>2,B20</sub>  | T <sub>2,B20</sub>  | T <sub>2,B20</sub>  | T <sub>2,B20</sub>   |
|             | 3     | T <sub>3,B20</sub>  | T <sub>3,B20</sub>  | T <sub>3,B20</sub>  | T <sub>3,B20</sub>   |
| B30         | 1     | T <sub>1,B30</sub>  | T <sub>1,B30</sub>  | T <sub>1,B30</sub>  | T <sub>1,B30</sub>   |
|             | 2     | T <sub>2,B30</sub>  | T <sub>2,B30</sub>  | T <sub>2,B30</sub>  | T <sub>2,B30</sub>   |
|             | 3     | T <sub>3,B30</sub>  | T <sub>3,B30</sub>  | T <sub>3,B30</sub>  | T <sub>3,B30</sub>   |
| B40         | 1     | T <sub>1,B40</sub>  | T <sub>1,B40</sub>  | T <sub>1,B40</sub>  | T <sub>1,B40</sub>   |
|             | 2     | T <sub>2,B40</sub>  | T <sub>2,B40</sub>  | T <sub>2,B40</sub>  | T <sub>2,B40</sub>   |
|             | 3     | T <sub>3,B40</sub>  | T <sub>3,B40</sub>  | T <sub>3,B40</sub>  | T <sub>3,B40</sub>   |
| B100        | 1     | T <sub>1,B100</sub> | T <sub>1,B100</sub> | T <sub>1,B100</sub> | T <sub>1,B100</sub>  |
|             | 2     | T <sub>2,B100</sub> | T <sub>2,B100</sub> | T <sub>2,B100</sub> | T <sub>2,B100</sub>  |
|             | 3     | T <sub>3,B100</sub> | T <sub>3,B100</sub> | T <sub>3,B100</sub> | T <sub>3,B100</sub>  |



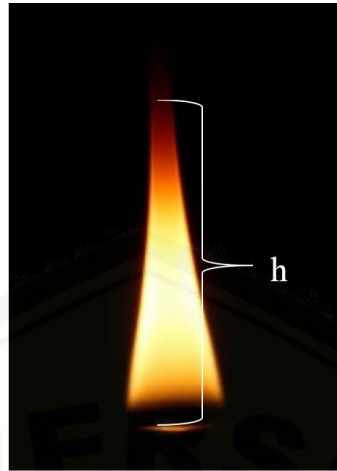
Gambar 3.7 Pengambilan data temperatur api



Gambar 3.8 Perkiraan hubungan antara temperatur api dengan jenis bahan bakar

### 3.9.2 Pengambilan Data Tinggi Api

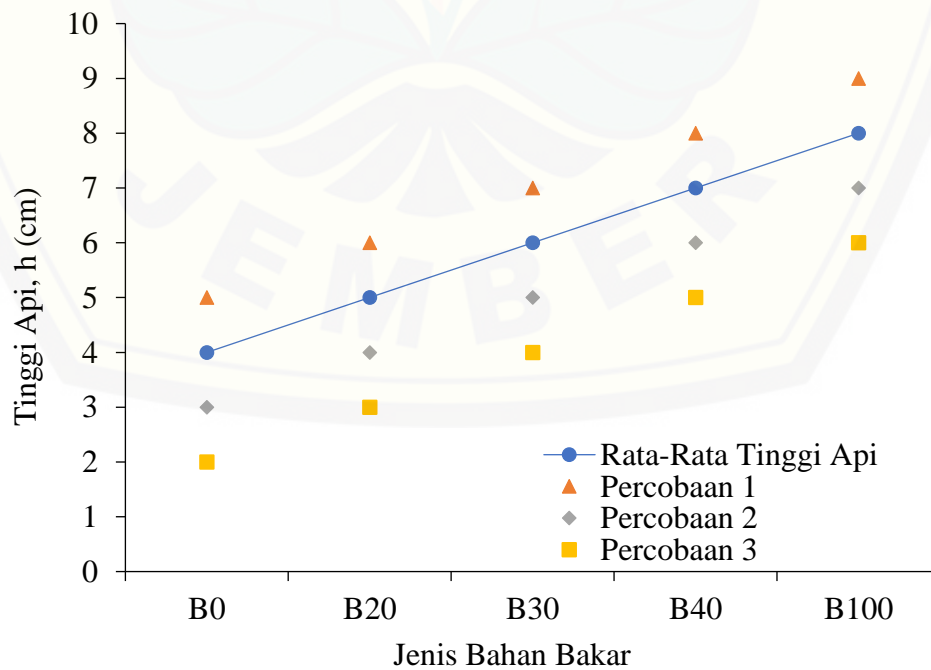
Pengambilan data tinggi api dengan cara pengamatan visual dengan bantuan kamera. Pengukuran tinggi api dengan menggunakan Image-J dari ujung mini glass tube sampai ujung api sesuai *point h* seperti Gambar 3.9. Hasil pengujian dapat dicatat seperti terlihat Tabel 3.2. Pengujian setidaknya 3 kali percobaan lalu dari ketiga hasil percobaan dihitung rata-rata tinggi apinya. Setelah mendapatkan data yang diharapkan, kemudian data yang ada diubah menjadi grafik seperti pada Gambar 3.10 menyajikan grafik tinggi api terhadap jenis bahan bakar. Kemudian grafik yang telah diperoleh dianalisa dan disimpulkan menjadi hasil penelitian ini.



Gambar 3.9 Pengambilan data tinggi api

Tabel 3.2 Data tinggi api h (cm)

| Bahan Bakar | Percobaan    |              |              | Rata-rata  |
|-------------|--------------|--------------|--------------|------------|
|             | 1            | 2            | 3            |            |
| B0          | $h_{1,B0}$   | $h_{2,B0}$   | $h_{3,B0}$   | $h_{B0}$   |
| B20         | $h_{1,B20}$  | $h_{2,B20}$  | $h_{3,B20}$  | $h_{B20}$  |
| B30         | $h_{1,B30}$  | $h_{2,B30}$  | $h_{3,B30}$  | $h_{B30}$  |
| B40         | $h_{1,B40}$  | $h_{2,B40}$  | $h_{3,B40}$  | $h_{B40}$  |
| B100        | $h_{1,B100}$ | $h_{2,B100}$ | $h_{3,B100}$ | $h_{B100}$ |



Gambar 3.10 Perkiraan hubungan antara tinggi api dengan jenis bahan bakar



### 3.9.3 Pengambilan Data Kecepatan Pembakaran

Untuk menentukan nilai kecepatan pembakaran menggunakan persamaan pada *mini glass tube burner* yaitu:

$$S_L = v \sin \alpha \quad (3.1)$$

Dengan :

$S_L$  = Kecepatan api laminar (cm/s)

$v$  = Kecepatan reaktan (cm/s)

$\alpha$  = Sudut api yang terbentuk ( $^\circ$ )

Nilai kecepatan bahan bakar dapat diketahui

$$v = \frac{Q}{A} \quad (3.2)$$

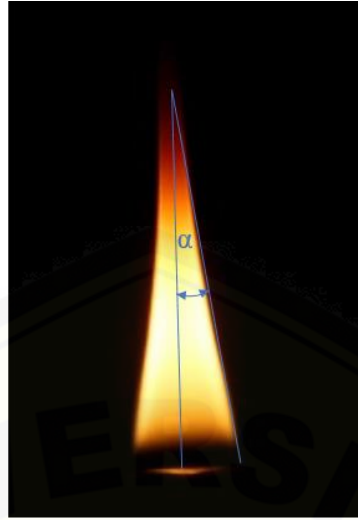
Dengan :

$v$  = kecepatan bahan bakar (cm/s)

$Q$  = debit bahan bakar (cm<sup>3</sup>/s)

$A$  = Luas permukaan *mini glass tube* (cm<sup>2</sup>)

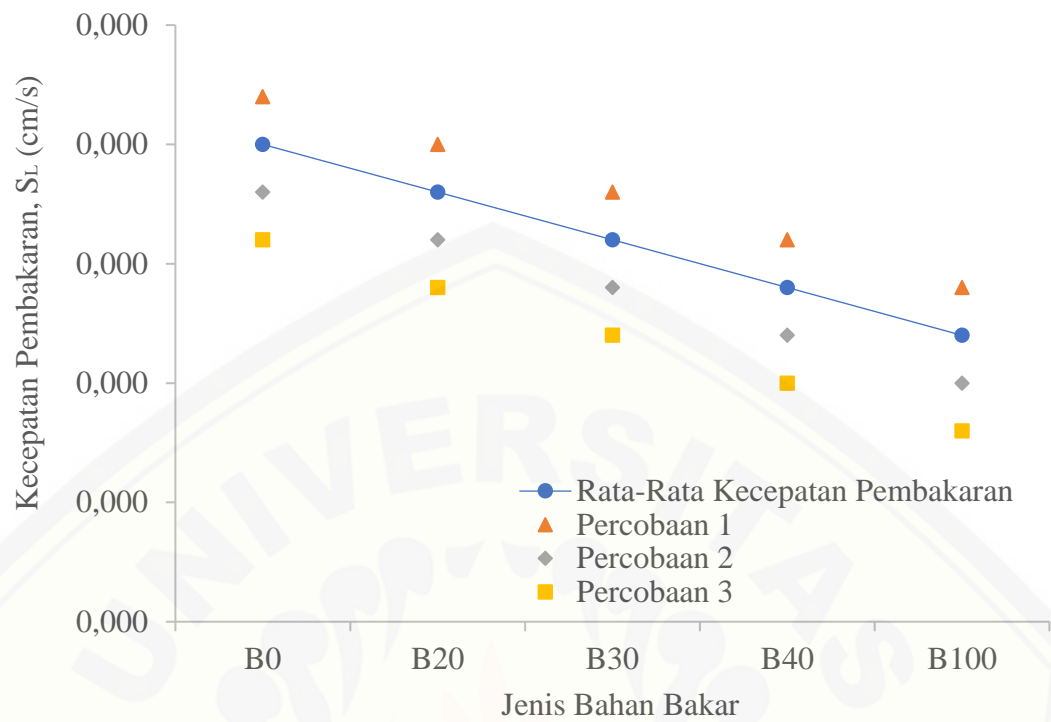
Pengujian kecepatan pembakaran dengan cara pengamatan visual dengan bantuan kamera. Pengukuran sudut api dengan menggunakan Image-J seperti Gambar 3.11. Setelah mendapat nilai sudut api, langkah selanjutnya melakukan perhitungan kecepatan pembakaran. Data hasil pengujian dapat dicatat seperti terlihat Tabel 3.3. Pengujian setidaknya 3 kali percobaan lalu dari ketiga hasil percobaan dihitung rata-rata kecepatan pembakarannya. Setelah mendapatkan data yang diharapkan, kemudian data yang ada diubah menjadi grafik seperti pada Gambar 3.12 menyajikan grafik kecepatan pembakaran terhadap jenis bahan bakar. Kemudian grafik yang telah diperoleh dianalisa dan disimpulkan menjadi hasil penelitian ini.



Gambar 3.11 Pengambilan data sudut api

Tabel 3.3 Data kecepatan pembakaran  $S_L$  (cm/detik)

| Bahan Bakar | Percobaan | Sudut Api, $\alpha$ ( $^\circ$ ) | Kecepatan Pembakaran, $S_L$ (cm/detik) | Rata-Rata Kecepatan Pembakaran, $S_L$ (cm/detik) |
|-------------|-----------|----------------------------------|--|--|
| B0          | 1         | $\alpha_{1, B0}$                 | $S_{L 1, B0}$                          | $S_{L B0}$                                       |
|             | 2         | $\alpha_{2, B0}$                 | $S_{L 2, B0}$                          |  |
|             | 3         | $\alpha_{3, B0}$                 | $S_{L 3, B0}$                          |  |
| B20         | 1         | $\alpha_{1, B20}$                | $S_{L 1, B20}$                         | $S_{L B20}$                                      |
|             | 2         | $\alpha_{2, B20}$                | $S_{L 2, B20}$                         |  |
|             | 3         | $\alpha_{3, B20}$                | $S_{L 3, B20}$                         |  |
| B30         | 1         | $\alpha_{1, B30}$                | $S_{L 1, B30}$                         | $S_{L B30}$                                      |
|             | 2         | $\alpha_{2, B30}$                | $S_{L 2, B30}$                         |  |
|             | 3         | $\alpha_{3, B30}$                | $S_{L 3, B30}$                         |  |
| B40         | 1         | $\alpha_{1, B40}$                | $S_{L 1, B40}$                         | $S_{L B40}$                                      |
|             | 2         | $\alpha_{2, B40}$                | $S_{L 2, B40}$                         |  |
|             | 3         | $\alpha_{3, B40}$                | $S_{L 3, B40}$                         |  |
| B100        | 1         | $\alpha_{1, B100}$               | $S_{L 1, B100}$                        | $S_{L B100}$                                     |
|             | 2         | $\alpha_{2, B100}$               | $S_{L 2, B100}$                        |  |
|             | 3         | $\alpha_{3, B100}$               | $S_{L 3, B100}$                        |  |



Gambar 3.12 Perkiraan hubungan kecepatan pembakaran dengan jenis bahan bakar

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, maka disimpulkan hal-hal sebagai berikut :

- a. Semakin besar kandungan biodiesel minyak ampas kelapa pada variasi bahan bakar maka semakin kecil nilai temperatur apinya. Nilai rata-rata temperatur api tertinggi pada bahan bakar B20 yaitu sebesar 769,2 °C. Nilai rata-rata temperatur api terendah pada bahan bakar B40 yaitu sebesar 267,9 °C.
- b. Semakin besar kandungan biodiesel minyak ampas kelapa pada variasi bahan bakar maka semakin besar nilai tinggi apinya. Nilai rata-rata tinggi api tertinggi pada bahan bakar B40 yaitu sebesar 4,1 cm. Nilai tinggi api terendah pada bahan bakar B20 yaitu sebesar 3,767 cm.
- c. Semakin besar kandungan biodiesel minyak ampas kelapa pada variasi bahan bakar maka semakin kecil nilai kecepatan pembakaran. Nilai rata-rata kecepatan pembakaran tertinggi pada bahan bakar B20 yaitu sebesar 0,015 cm/s. Nilai rata-rata kecepatan pembakaran terendah pada bahan bakar B40 yaitu sebesar 0,013 cm/s.

### 5.2 Saran

Dalam pelaksanaan pengujian temperatur api, tinggi api dan kecepatan pembakaran ini masih terdapat hal-hal yang perlu disempurnakan, antara lain:

- a. *Heater* yang digunakan dapat menghasilkan temperatur panas yang lebih tinggi.
- b. Melakukan pergantian *syringe* pada setiap pengujian agar menghindari karet *syringe* melar yang menghambat kerja *syringe pump* memberi tekanan.
- c. Pencucian dilakukan secara berulang-ulang sampai hasil biodiesel bersih dari pengotor, gliserol dan katalis.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Alamsyah, R. dan E. H. Loebis. 2014. Design and technical testing for crude biodiesel reactor using dry methods: comparison of energy analysis. *Energy Procedia*. 47: 235-241.
- Alekseev, V. 2015. Laminar Burning Velocity of Hydrogen and Flame Structure of Related Fuels for Detailed Kinetic Model Validation. *Disertasi*. Lund: Universitas Lund
- Amin, A., A. Gadallah, A.K. El Morsi, N.N. El Ibiari, dan G.I. El Diwani. 2016. Experimental and empirical study of diesel and castor biodiesel blending effect, on kinematic viscosity, density and calorific value. *Egyptian Journal of Petroleum*. 25: 509-514.
- Amirante, R., E. Distaso<sup>1</sup>, P. Tamburrano<sup>1</sup>, dan R. D. Reitz. 2017. Laminar flame speed correlations for methane, ethane, propane and their mixtures, and natural gas and gasoline for spark ignition engine simulations. *International Journal of Engine Research*. 18(9): 951–970.
- Araby, R.E., A. Amin, A.K.E. Morsi, E. Ibiari, G.I.E. Diwani. 2018. Study on the characteristics of palm oil biodiesel diesel fuel blend. *Egyptian Journal of Petroleum*. 27: 187–194.
- Badan Pusat Statistik. 2018. Produksi Perkebunan Rakyat Menurut Jenis Tanaman 2000-2017. <https://www.bps.go.id/>. [Diakses pada 10 Desember 2018].
- Badan Standar Nasional. 2015. SNI 7182:2015 Biodiesel. <http://sispk.bsn.go.id/>. [Diakses pada 10 Desember 2018].
- Banjari, M. A. A., L. Yuliati, dan A. A. Sonief. 2015. Karakteristik pembakaran difusi campuran biodiesel minyak jarak pagar (*jathropa curcas*) etanol/metanol pada *mini glass tube*. *Jurnal Rekayasa Mesin*. 6(1) : 85-93.

- Budiman, A., R. D. Kusumaningtyas, Y. S. Pradana, dan N. A. Lestari. 2018. *Biodiesel Bahan Baku, Proses dan Teknologi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Bukkarapu, K.R., Chakravarthy, Deepak, dan Sudhakar. 2017. Direct relationships to calculate properties of sunflower biodiesel and diesel blends. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*. 8(4) : 255–265.
- Can, O. 2014. Combustion characteristics, performance and exhaust emissions of a diesel engine fueled with a waste cooking oil biodiesel mixture. *Energy Conversion and Management*. 87 : 676–686
- Engineering Toolbox. 2008. Fossil and Alternative Fuels Energy Content. <http://www.engineeringtoolbox.com/>. [Diakses pada 22 November 2018].
- Karnasuta, S.,V. Punsuvon, dan R. Nokkaew. 2015. Biodiesel production from waste coconut oil in coconut milk manufacturing. *Walailak Journal Science and Technologies*. 12(3) : 291-298.
- Krupa, R., R.V.S. Gowda, R. Shreyas, A.V. Srijan, dan S. Subash. 2018. Extraction of biodiesel from coconut waste study of its properties, performance and value addition. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*. 6(4) : 2135-2139.
- Kumaran, P., M. Gopinathan, dan S. Kantharajan. 2014. Combustion characteristics of improved indiffusion burner. *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering*. 10 : 2112-2121.
- Kurniawan, C., T. B. Waluyo, dan P. Sebayang. 2011. *Analisis Ukuran Partikel Menggunakan Free Software Image – J. Serpong: Pusat Penelitian Fisika, LIPI*.
- Maitera, O.N., H. Louis, P. M. Dass, U. O. Akakuru, dan Y. Joshua. 2017. Production and characterization of biodiesel from coconut extract (cocos nucifera). *World News of Natural Sciences*. 9 : 62-70

- Mardiatmoko, G. dan M. Ariyanti. 2018. *Produksi Tanaman Kelapa (Cocos nucifera L.)*. Ambon: Badan Penerbit Fakultas Pertanian Universitas Pattimura.
- Maurina, L., Marwan, dan M. D. Supardan. 2017. Produksi biodiesel dari ampas kelapa secara transesterifikasi in situ menggunakan bantuan *microwave*. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*. 12(2) : 63-68.
- Moran, M. J. dan H. N. Shapiro. 2000. *Fundamentals of Engineering Thermodynamics*. Fourth Edition. Chichester: John Wiley & Sons, Inc. Terjemahan oleh Y. S. Nugroho dan A. Surjosatyo. 2004. *Termodinamika Teknik*. Edisi Keempat. Jilid 2. Jakarta: Erlangga.
- Musa, I. A. 2016. The effects of alcohol to oil molar ratios and the type of alcohol on biodiesel production using transesterification process. *Egyptian Journal of Petroleum*. 25(1) : 21-31.
- Novilla, A., P. Nursidika, dan W. Mahargyani. 2017. Komposisi asam lemak minyak kelapa murni (*virgin coconut oil*) yang berpotensi sebagai anti kandidiasis. *Jurnal Kimia dan Pendidikan*. 2(2) : 161-173.
- Novita, S. A., M. E. Djinis, S. Melly, dan S. K. Putri. 2014. Processing coconut fiber and shell to biodiesel. *Advanced Science Engineering Information Technology*. 4(5) : 84-86.
- Onukwuli, D. O., L. N. Emembolu, C. N. Ude, S. O. Aliozo, dan M. C. Menkiti. 2017. Optimization of biodiesel production from refined cotton seed oil and its characterization. *Egyptian Journal of Petroleum*. 26(1) : 103–110.
- PT AKR Corporindo. 2018. Spesification of High Speed Diesel AKRA SOL Standard. <http://www.AKR.co.id/>. [Diakses pada 20 Oktober 2018].
- Rosid. 2016. Analisa proses pembakaran pada motor bensin 113.5 cc dengan simulasi ansys. *Jurnal Teknologi*. 8(2) : 87-96.

- Sabarish,C.S., J. Sebastian, dan C. Muraleedharan. 2016. Extraction of oil from rubber seed through hydraulic press and kinetic study of acid esterification of rubber seed oil. *Procedia Technology*. 25 : 1006-1013.
- Sasongko, M.N. 2018. Pengaruh prosentase minyak goreng bekas terhadap karakteristik pembakaran droplet biodiesel. *Flywheel Jurnal Teknik Mesin Untirta*. 4(2) : 8 – 13.
- Soltani, S., U. Rashid, R. Yunus dan Y. H. T. Yap. 2015. Synthesis of biodiesel through catalytic transesterification of various feedstocks using fast solvothermal technology: a critical review. *Science and Engineering*. 57(4) : 407-435.
- Sulaiman, S., A. R. A. Aziz, dan M. K. Aroua. 2014. Biodiesel production from solid coconut waste. *Advances in Environmental Biology*. 8(3) : 781-786.
- Suryanto, A., Suprpto, dan Mahfud. 2015. The production of biofuels from coconut oil using microwave. *Modern Applied Science*. 9(7) : 93-98.
- Sutarya, D. 2008. Analisis unjuk kerja *thermocouple* W3Re25 pada suhu penyinteran 1500 °C. *Pengelolaan Instalasi Nuklir*. 1(1): 16-24.
- Talha, N. S. dan S. Sulaiman. 2018. In situ transesterification of solid coconut waste in a packed bed reactor with CaO/PVA catalyst. *Waste Management*. 78 : 929–937.
- Thoai, D.N., A. Kumar, K.Prasertsit, dan C. Tongurai. 2017. Evaluation of biodiesel production process by the determining of the total glycerol content in biodiesel. *Energy Procedia*. 138 : 544–551.
- Tolomelli, L.T., L.G. Barreta, P.T. Lacavaa, dan D. Carinhana. 2017. Study of the influence of biodiesel in soot emissions of diesel laminar diffusion flames . *Journal Brazil Chemical Society*. 28(8) : 1384-1388.
- Zanuttini, M.S., M.L. Pisarello, dan C.A. Querini. 2014. Butia yatay coconut oil: process development for biodiesel production and kinetics of esterification with ethanol. *Energy Conversion and Management*. 85 : 407–416.



## A. LAMPIRAN PERHITUNGAN

### A.1 Pengukuran Temperatur Api

Pengujian temperatur api biodiesel minyak ampas, B20, B30, dan B40 menggunakan *mini glass tube* dan dilakukan pengukuran temperatur menggunakan *thermocouple*. *Thermocouple* yang digunakan tipe K.



Gambar A.1 Pengukuran temperatur api percobaan ke-1 pada bahan bakar B0



Gambar A.2 Pengukuran temperatur api percobaan ke-2 pada bahan bakar B0



Gambar A.3 Pengukuran temperatur api percobaan ke-3 pada bahan bakar B0



Gambar A.4 Pengukuran temperatur api percobaan ke-1 pada bahan bakar B20



Gambar A.5 Pengukuran temperatur api percobaan ke-2 pada bahan bakar B20



Gambar A.6 Pengukuran temperatur api percobaan ke-3 pada bahan bakar B20



Gambar A.7 Pengukuran temperatur api percobaan ke-1 pada bahan bakar B30



Gambar A.8 Pengukuran temperatur api percobaan ke-2 pada bahan bakar B30



Gambar A.9 Pengukuran temperatur api percobaan ke-3 pada bahan bakar B30



Gambar A.10 Pengukuran temperatur api percobaan ke-1 pada bahan bakar B40



Gambar A.11 Pengukuran temperatur api percobaan ke-2 pada bahan bakar B40



Gambar A.12 Pengukuran temperatur api percobaan ke-3 pada bahan bakar B40



Gambar A.13 Pengukuran temperatur api percobaan ke-1 pada bahan bakar B100



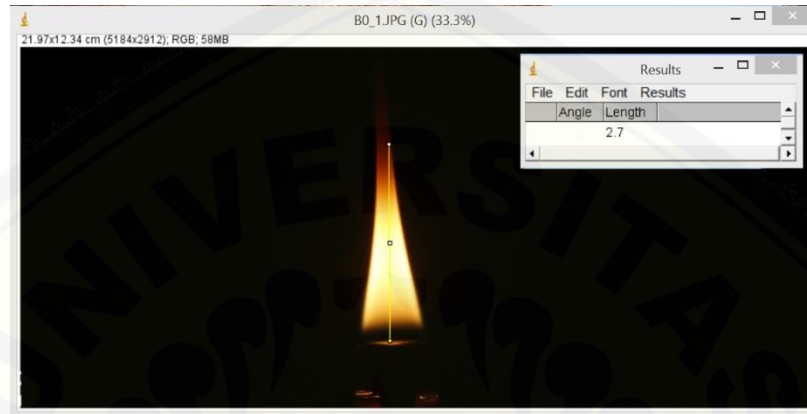
Gambar A.14 Pengukuran temperatur api percobaan ke-2 pada bahan bakar B100



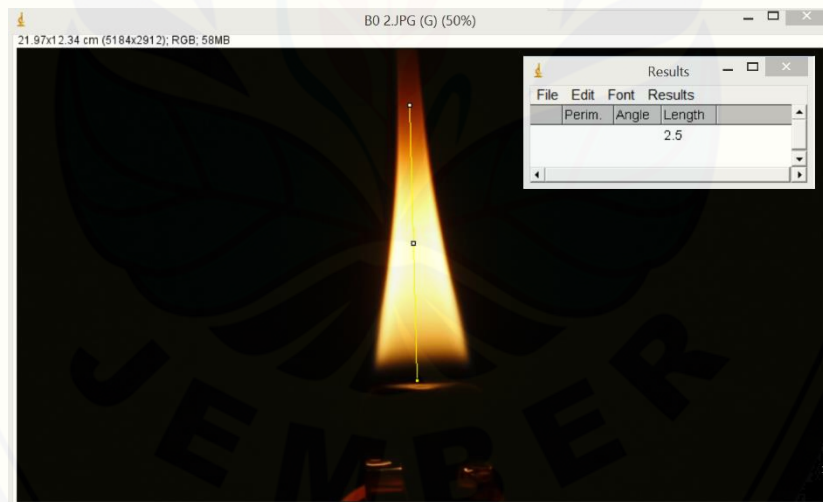
Gambar A.15 Pengukuran temperatur api percobaan ke-3 pada bahan bakar B100

## A.2 Pengukuran Tinggi Api

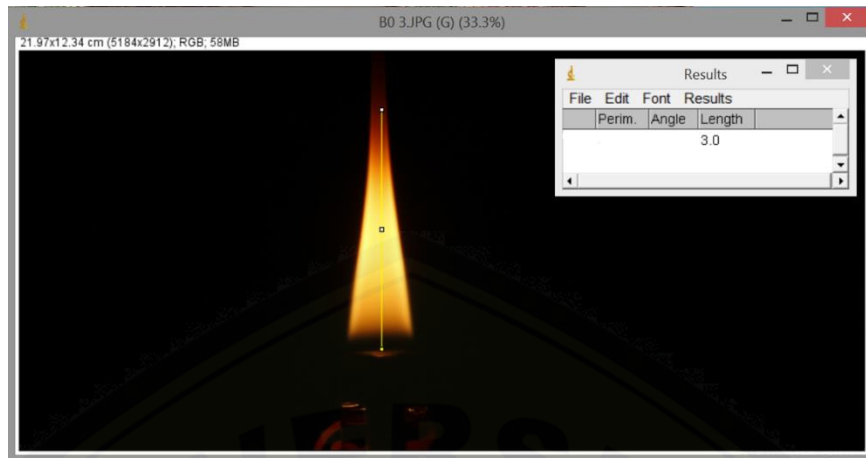
Pengujian tinggi api dilakukan dengan bantuan kamera untuk mengambil gambar nyala api. Pengambilan gambar dapat digunakan untuk mengetahui tinggi api dengan menggunakan program software image J.



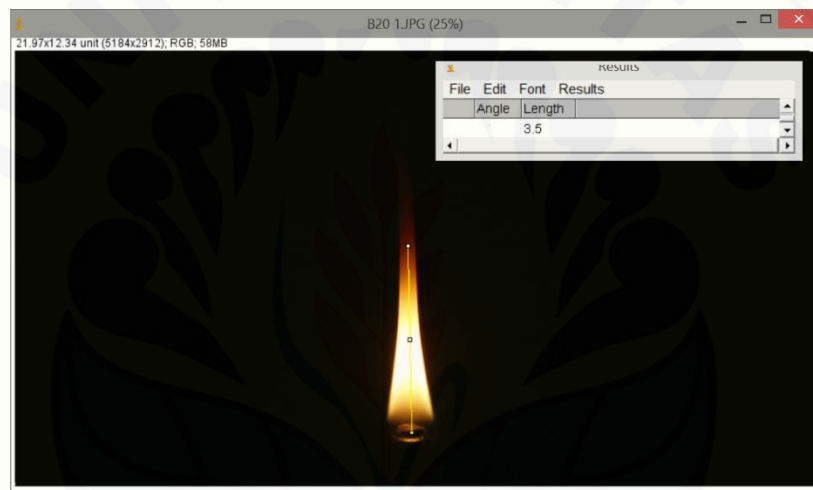
Gambar A.16 Pengukuran tinggi api percobaan ke-1 pada bahan bakar B0



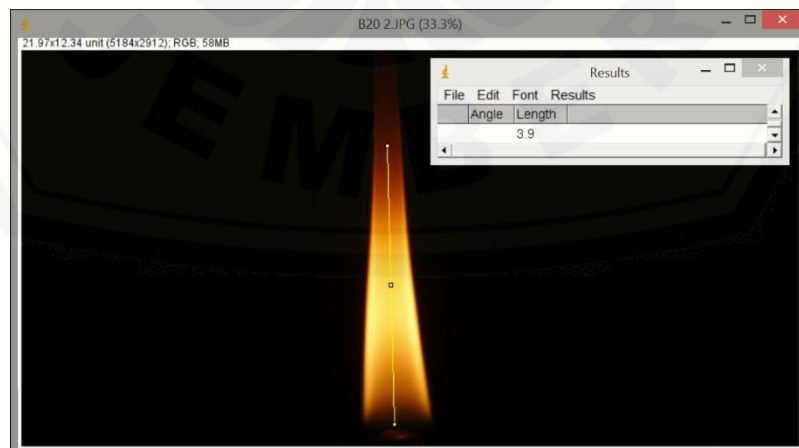
Gambar A.17 Pengukuran tinggi api percobaan ke-2 pada bahan bakar B0



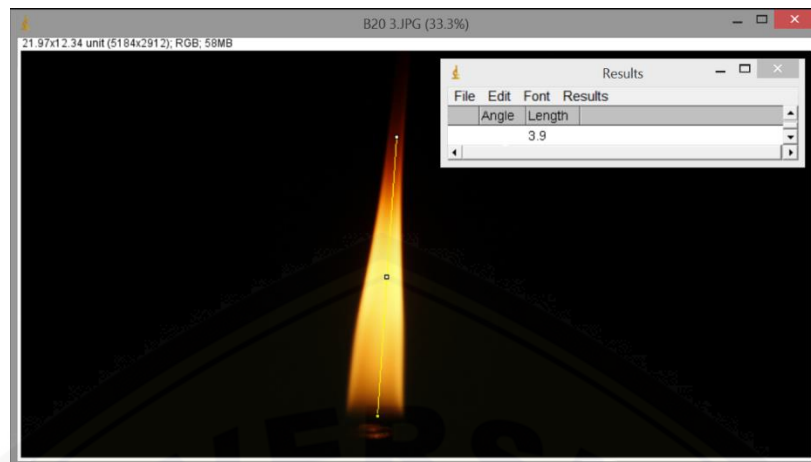
Gambar A.18 Pengukuran tinggi api percobaan ke-3 pada bahan bakar B0



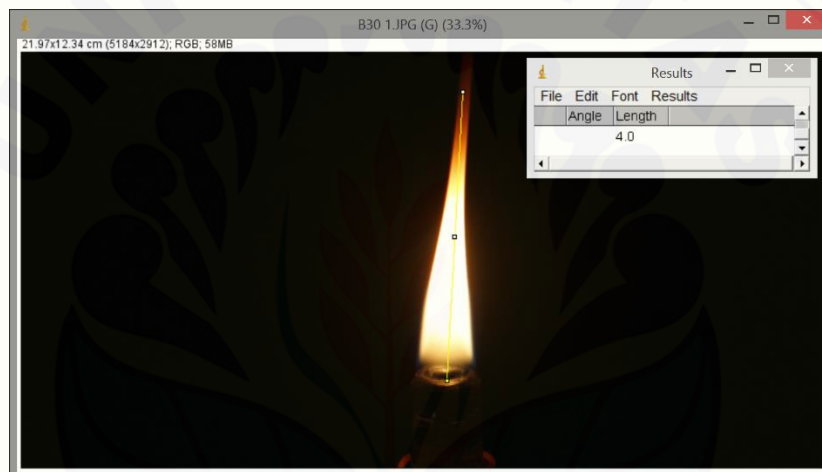
Gambar A.19 Pengukuran tinggi api percobaan ke-1 pada bahan bakar B20



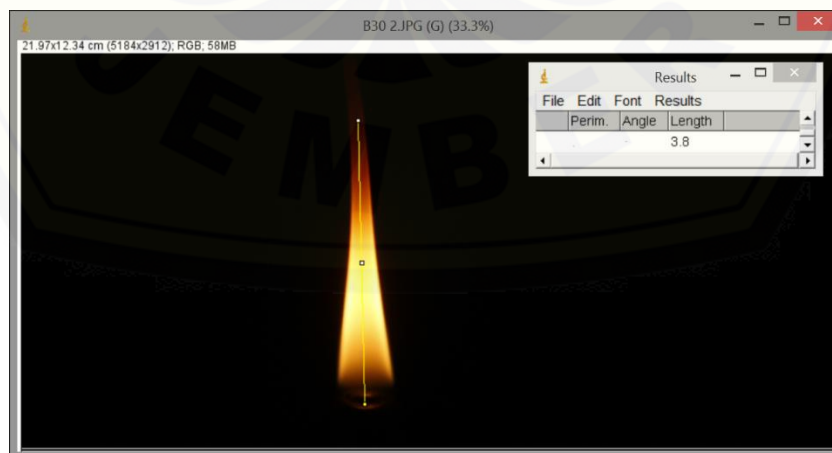
Gambar A.20 Pengukuran tinggi api percobaan ke-2 pada bahan bakar B20



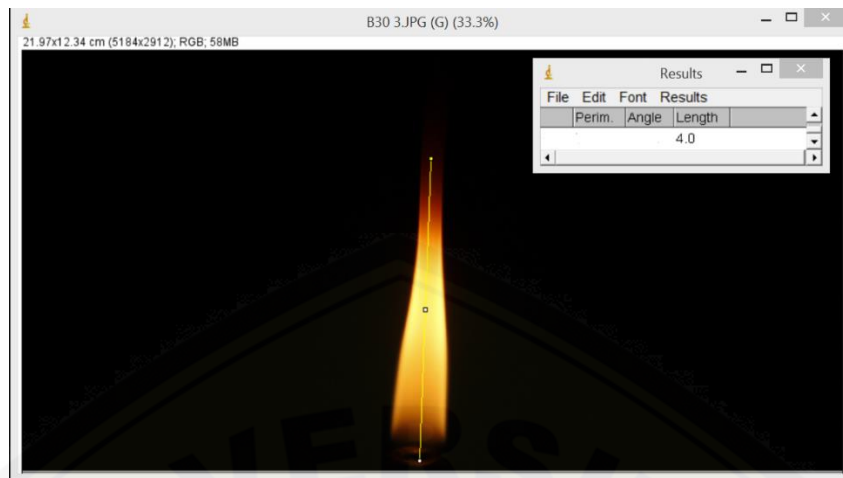
Gambar A.21 Pengukuran tinggi api percobaan ke-3 pada bahan bakar B20



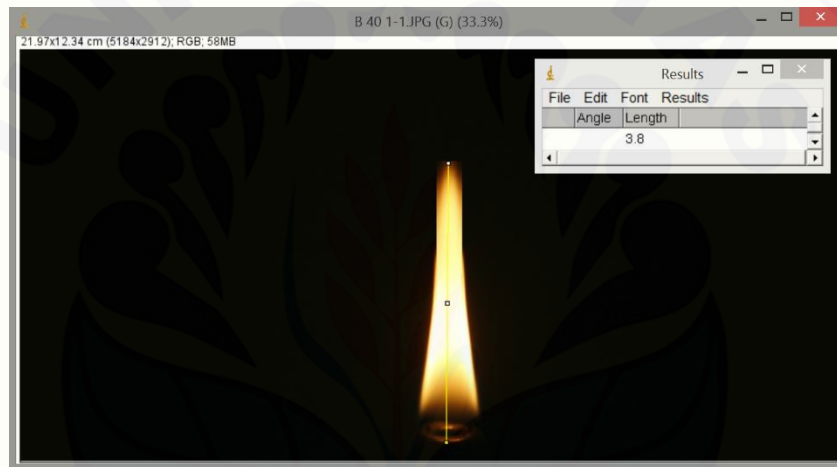
Gambar A.22 Pengukuran tinggi api percobaan ke-1 pada bahan bakar B30



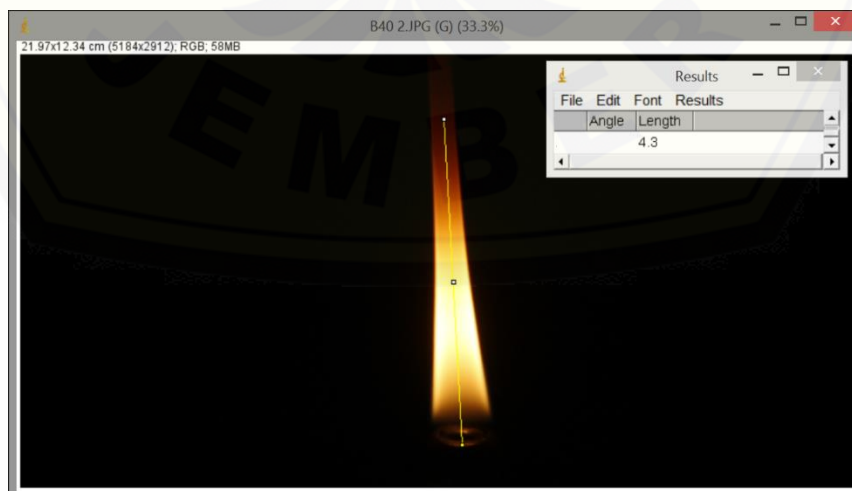
Gambar A.23 Pengukuran tinggi api percobaan ke-2 pada bahan bakar B30



Gambar A.24 Pengukuran tinggi api percobaan ke-3 pada bahan bakar B30

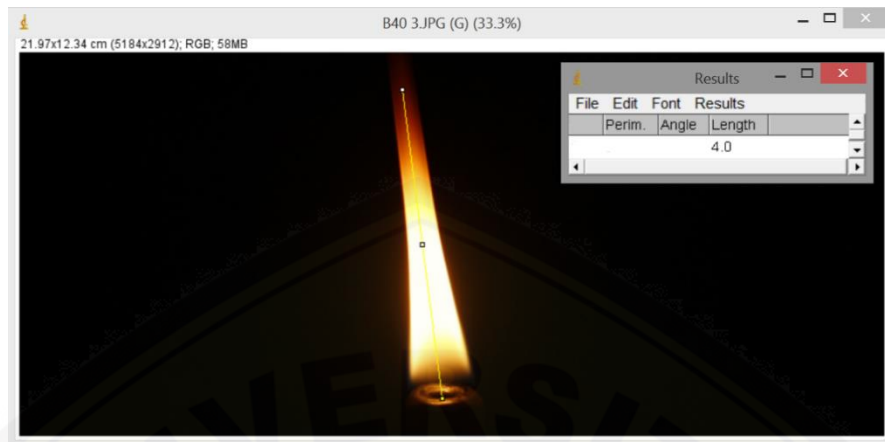


Gambar A.25 Pengukuran tinggi api percobaan ke-1 pada bahan bakar B40

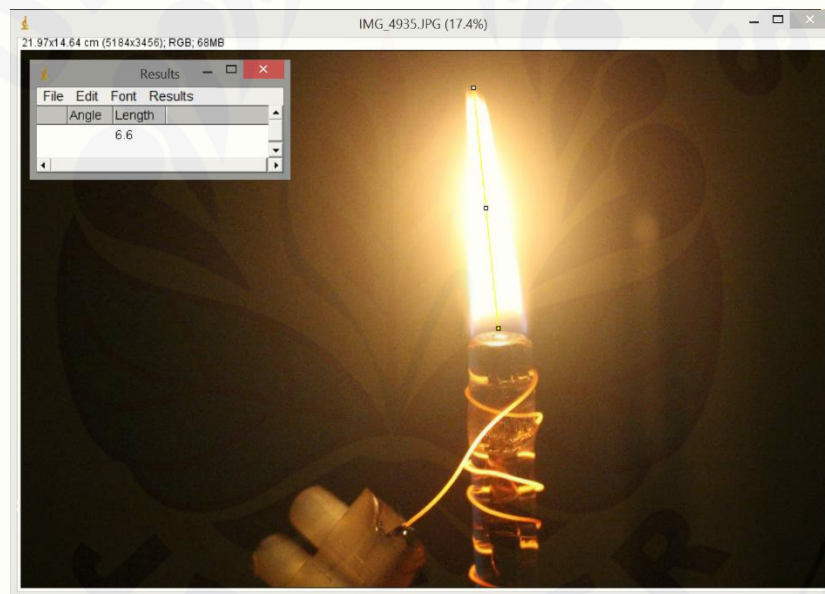


Gambar A.26 Pengukuran tinggi api percobaan ke-2 pada bahan bakar B40

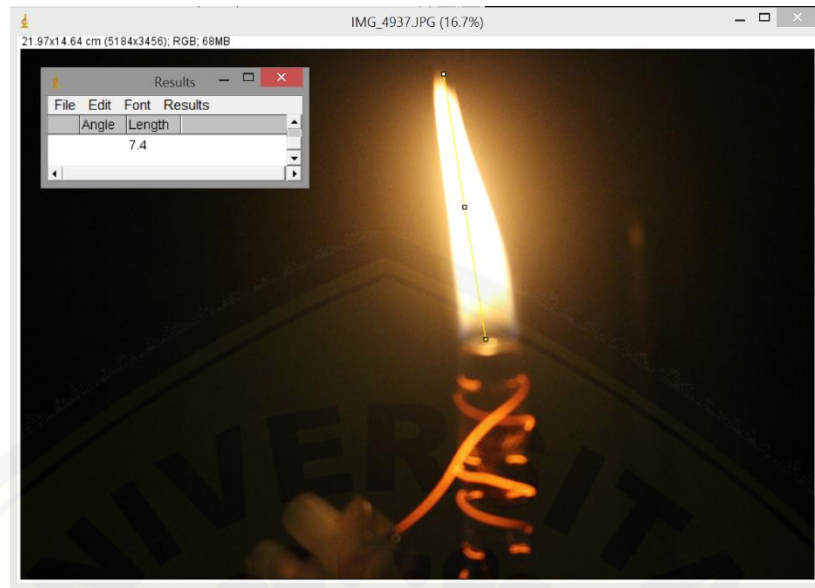




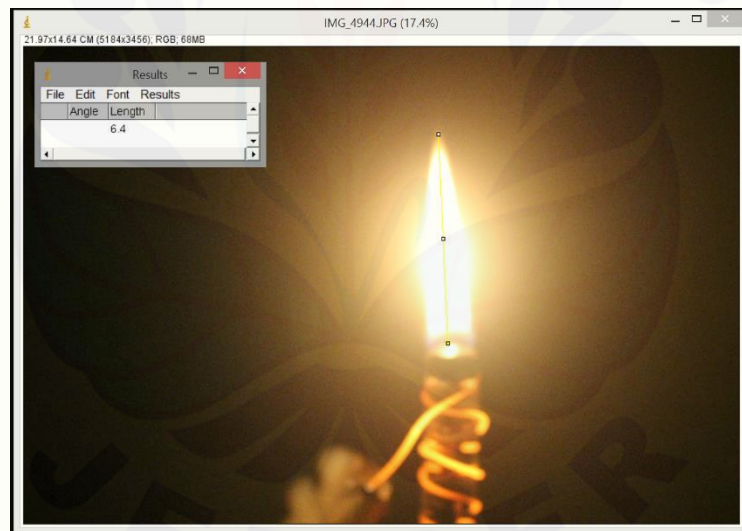
Gambar A.27 Pengukuran tinggi api percobaan ke-3 pada bahan bakar B40



Gambar A.28 Pengukuran tinggi api percobaan ke-1 pada bahan bakar B100



Gambar A.29 Pengukuran tinggi api percobaan ke-2 pada bahan bakar B100



Gambar A.30 Pengukuran tinggi api percobaan ke-3 pada bahan bakar B100

### A.3 Perhitungan Kecepatan Pembakaran

Pada kecepatan pembakaran membutuhkan kecepatan bahan bakar dan nilai sudut api. Debit bahan bakar sebesar 4,5 ml/s. Sudut api dapat diketahui dengan visulisasi gambar api dengan bantuan software image j. Kemudian melakukan perhitungan kecepatan pembakaran.

- Perhitungan kecepatan bahan bakar

$$Q = 4,5 \text{ ml/hr} = 0,00125 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$d = 0,4 \text{ cm}$$

$$t = 29,6 \text{ cm}$$

$$A = \pi \times d \times t$$

$$A = 3,14 \times 0,4 \times 29,6$$

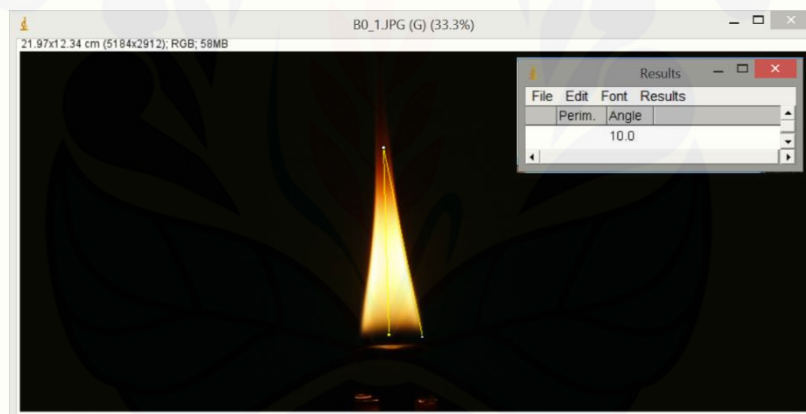
$$A = 37,1776 \text{ cm}^2$$

$$Q = v \times A$$

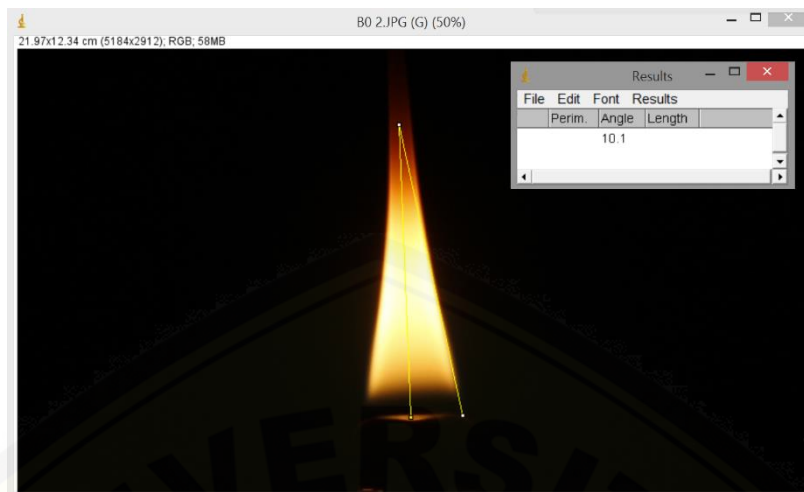
$$v = \frac{Q}{A}$$

$$v = \frac{0,00125}{37,1776}$$

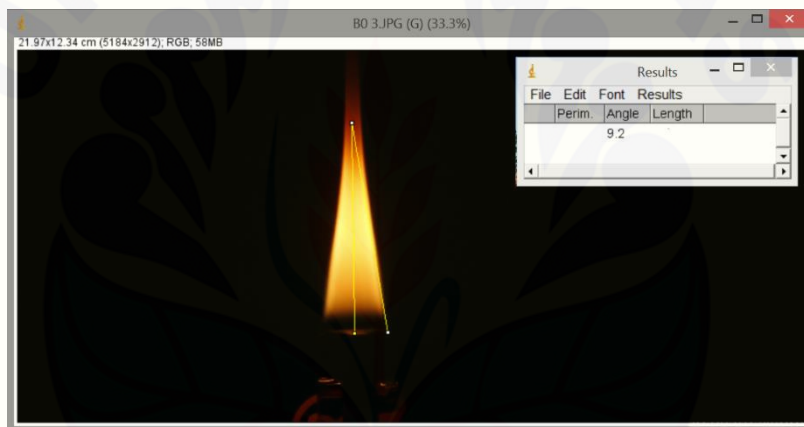
$$v = 0,12104 \text{ cm/s}$$



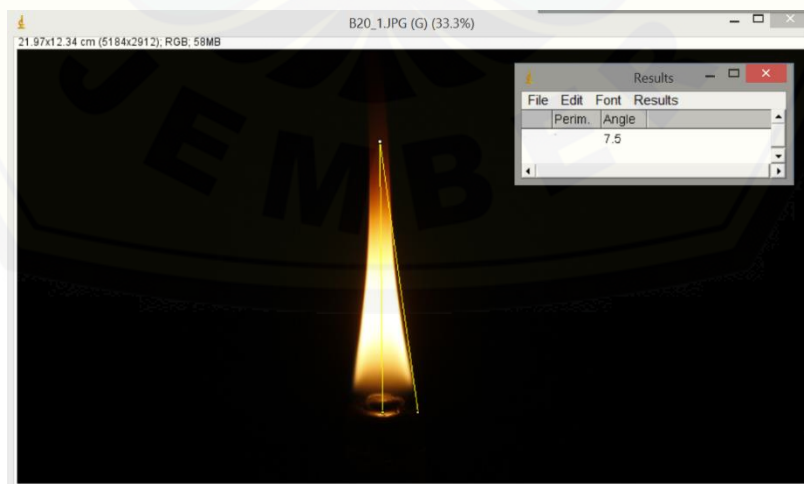
Gambar A.31 Pengukuran sudut api percobaan ke-1 pada bahan bakar B0



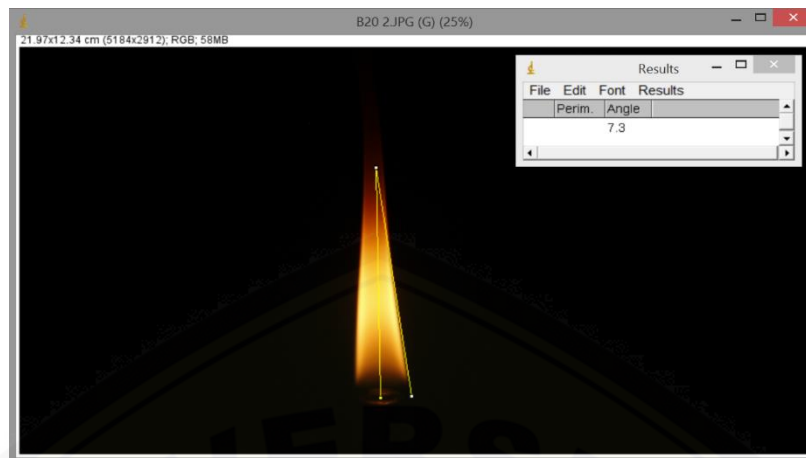
Gambar A.32 Pengukuran sudut api percobaan ke-2 pada bahan bakar B0



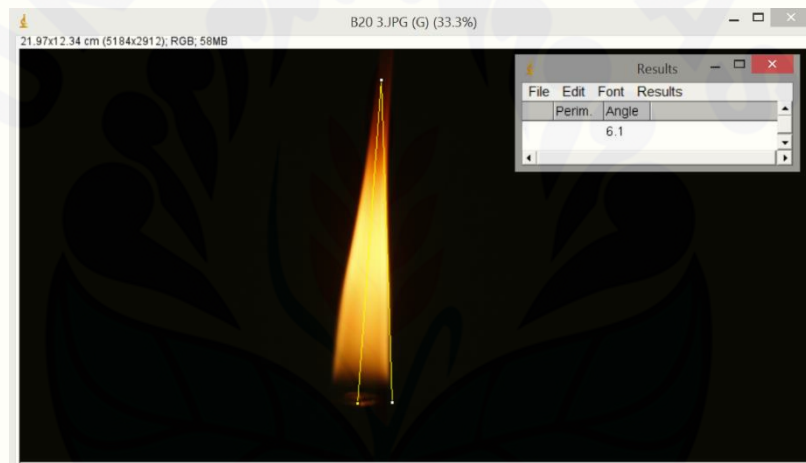
Gambar A.33 Pengukuran sudut api percobaan ke-3 pada bahan bakar B0



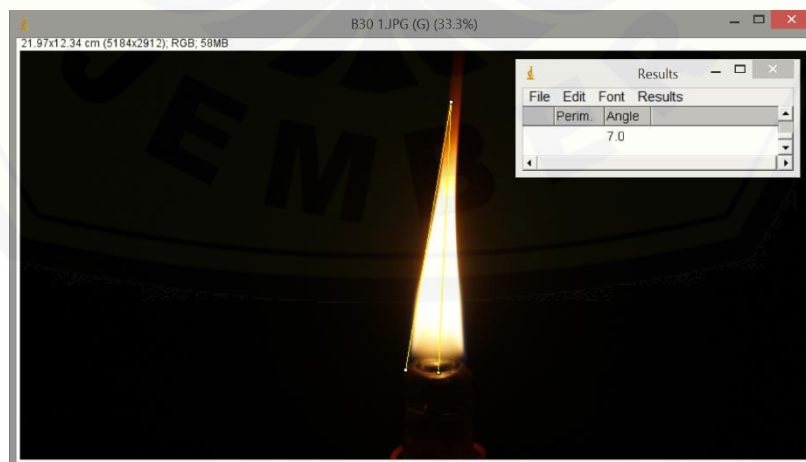
Gambar A34. Pengukuran sudut api percobaan ke-1 pada bahan bakar B20



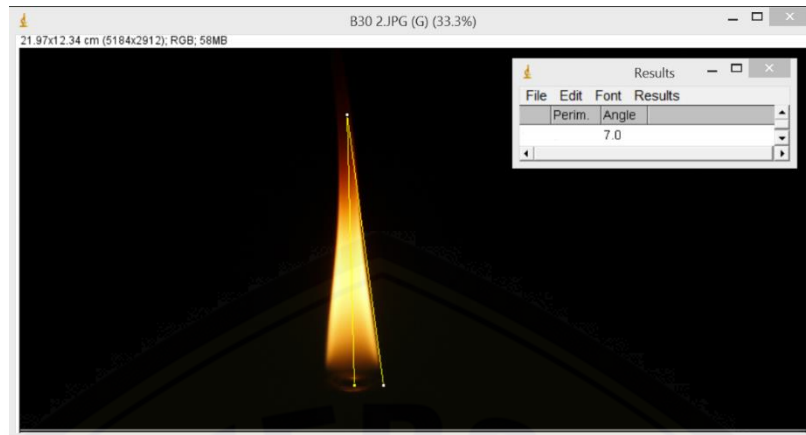
Gambar A.35 Pengukuran sudut api percobaan ke-2 pada bahan bakar B20



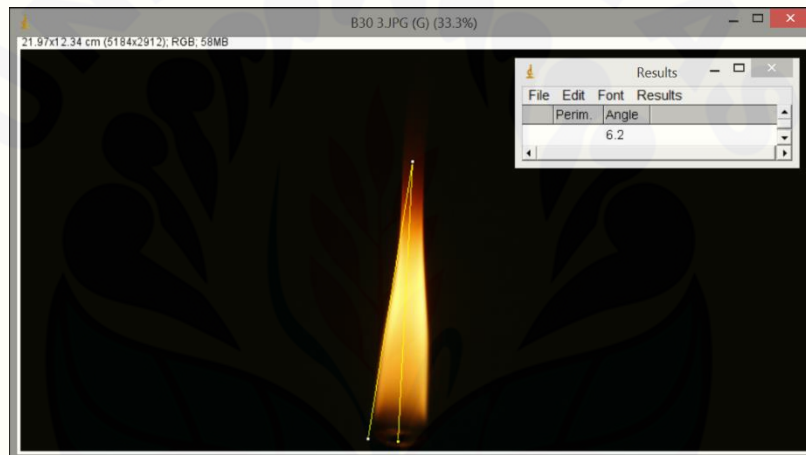
Gambar A.36 Pengukuran sudut api percobaan ke-3 pada bahan bakar B20



Gambar A.37 Pengukuran sudut api percobaan ke-1 pada bahan bakar B30



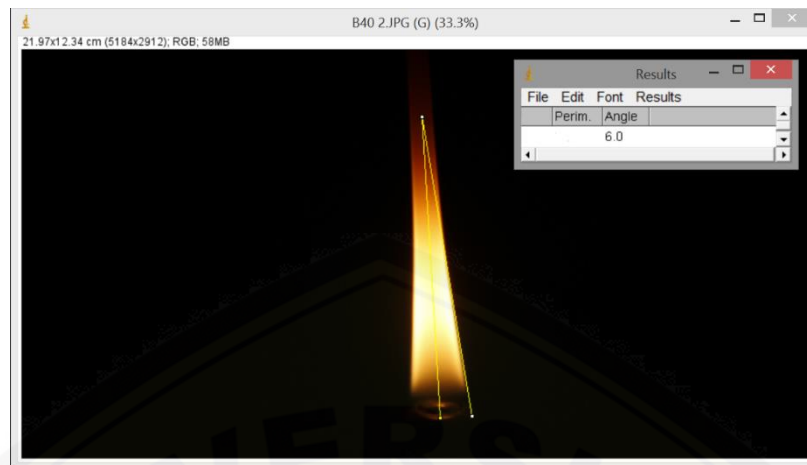
Gambar A.38 Pengukuran sudut api percobaan ke-2 pada bahan bakar B30



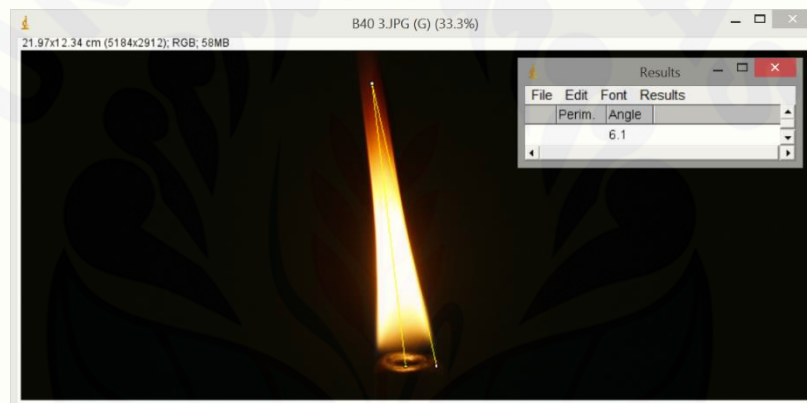
Gambar A.39 Pengukuran sudut api percobaan ke-3 pada bahan bakar B30



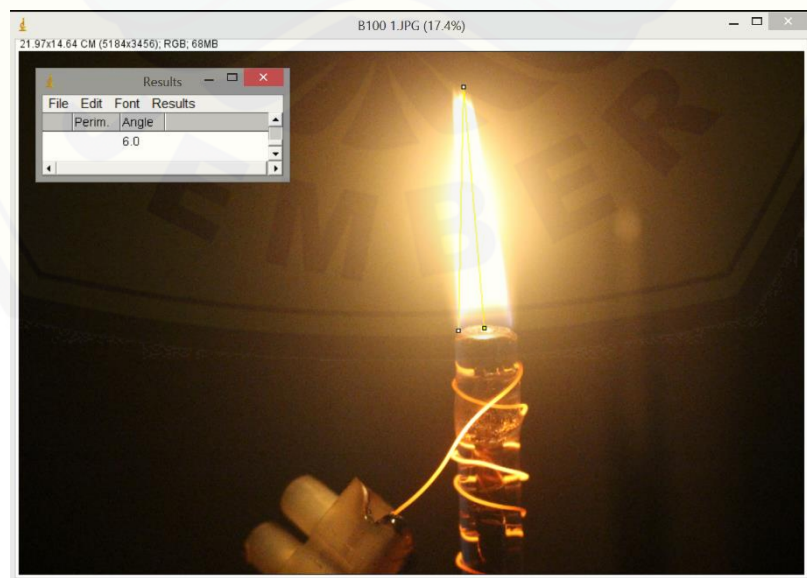
Gambar A.40 Pengukuran sudut api percobaan ke-1 pada bahan bakar B40



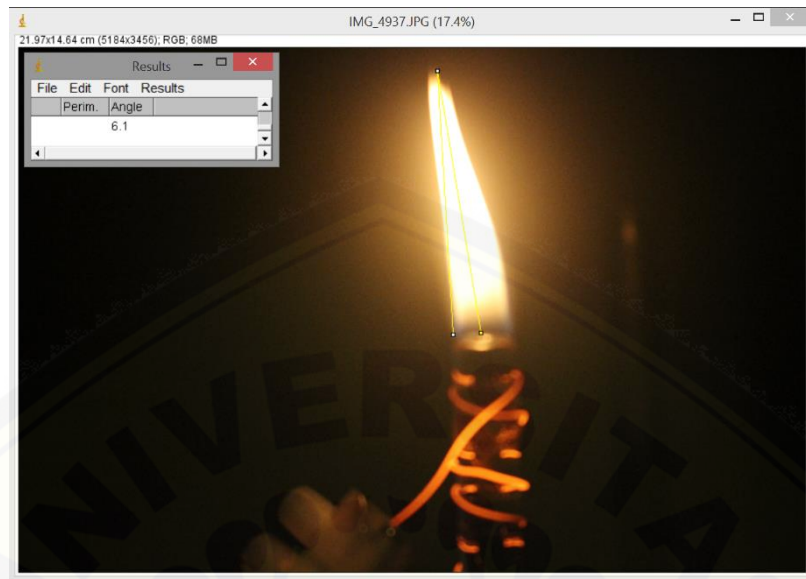
Gambar A.41 Pengukuran sudut api percobaan ke-2 pada bahan bakar B40



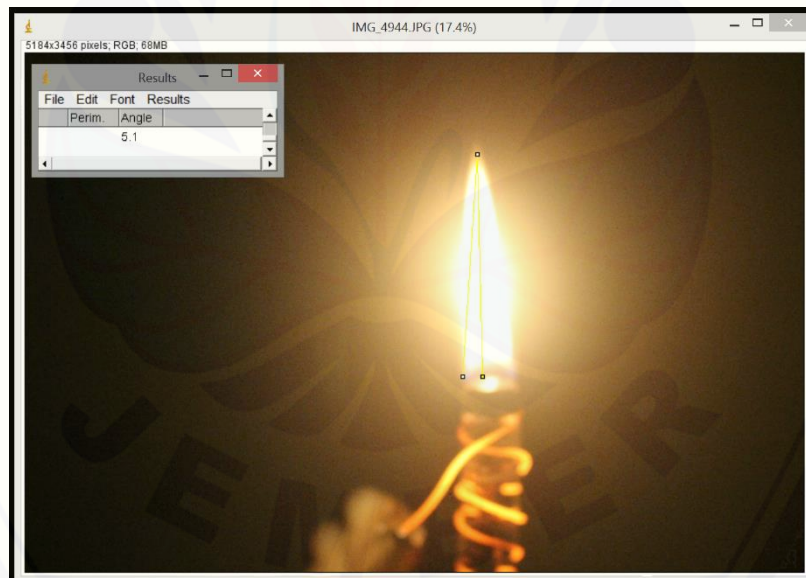
Gambar A.42 Pengukuran sudut api percobaan ke-3 pada bahan bakar B40



Gambar A.43 Pengukuran sudut api percobaan ke-1 pada bahan bakar B100



Gambar A.44 Pengukuran sudut api percobaan ke-2 pada bahan bakar B100



Gambar A.45 Pengukuran sudut api percobaan ke-3 pada bahan bakar B100

- Perhitungan kecepatan pembakaran pada bahan bakar B0 percobaan ke-1 sebagai berikut:

$$S_L = v \sin \alpha$$

$$S_L = 0,121041 \sin 10^\circ$$



$$S_L = 0,0210 \text{ cm/s}$$

- Perhitungan kecepatan pembakaran pada bahan bakar B0 percobaan ke-2 sebagai berikut:

$$S_L = v \sin \alpha$$

$$S_L = 0,121041 \sin 10,1^\circ$$

$$S_L = 0,0212 \text{ cm/s}$$

- Perhitungan kecepatan pembakaran pada bahan bakar B0 percobaan ke-3 sebagai berikut:

$$S_L = v \sin \alpha$$

$$S_L = 0,121041 \sin 9,2^\circ$$

$$S_L = 0,0194 \text{ cm/s}$$

- Perhitungan kecepatan pembakaran pada bahan bakar B20 percobaan ke-1 sebagai berikut:

$$S_L = v \sin \alpha$$

$$S_L = 0,121041 \sin 7,5^\circ$$

$$S_L = 0,0158 \text{ cm/s}$$

- Perhitungan kecepatan pembakaran pada bahan bakar B20 percobaan ke-2 sebagai berikut:

$$S_L = v \sin \alpha$$

$$S_L = 0,121041 \sin 7,3^\circ$$

$$S_L = 0,0154 \text{ cm/s}$$

- Perhitungan kecepatan pembakaran pada bahan bakar B20 percobaan ke-3 sebagai berikut:

$$S_L = v \sin \alpha$$

$$S_L = 0,121041 \sin 6,1^\circ$$

$$S_L = 0,0129 \text{ cm/s}$$

- Perhitungan kecepatan pembakaran pada bahan bakar B30 percobaan ke-1 sebagai berikut:

$$S_L = v \sin \alpha$$

$$S_L = 0,121041 \sin 7,0^\circ$$

$$S_L = 0,0148 \text{ cm/s}$$

- Perhitungan kecepatan pembakaran pada bahan bakar B30 percobaan ke-2 sebagai berikut:

$$S_L = v \sin \alpha$$

$$S_L = 0,121041 \sin 7,0^\circ$$

$$S_L = 0,0148 \text{ cm/s}$$

- Perhitungan kecepatan pembakaran pada bahan bakar B30 percobaan ke-3 sebagai berikut:

$$S_L = v \sin \alpha$$

$$S_L = 0,121041 \sin 6,2^\circ$$

$$S_L = 0,0131 \text{ cm/s}$$

- Perhitungan kecepatan pembakaran pada bahan bakar B40 percobaan ke-1 sebagai berikut:

$$S_L = v \sin \alpha$$

$$S_L = 0,121041 \sin 6,2^\circ$$

$$S_L = 0,0131 \text{ cm/s}$$

- Perhitungan kecepatan pembakaran pada bahan bakar B40 percobaan ke-2 sebagai berikut:

$$S_L = v \sin \alpha$$

$$S_L = 0,121041 \sin 6,0^\circ$$

$$S_L = 0,0127 \text{ cm/s}$$

- Perhitungan kecepatan pembakaran pada bahan bakar B40 percobaan ke-3 sebagai berikut:

$$S_L = v \sin \alpha$$

$$S_L = 0,121041 \sin 6,1^\circ$$

$$S_L = 0,0129 \text{ cm/s}$$

- Perhitungan kecepatan pembakaran pada bahan bakar B100 percobaan ke-1 sebagai berikut:

$$S_L = v \sin \alpha$$

$$S_L = 0,121041 \sin 6,0^\circ$$

$$S_L = 0,013 \text{ cm/s}$$

- Perhitungan kecepatan pembakaran pada bahan bakar B100 percobaan ke-2 sebagai berikut:

$$S_L = v \sin \alpha$$

$$S_L = 0,121041 \sin 6,1^\circ$$

$$S_L = 0,013 \text{ cm/s}$$

- Perhitungan kecepatan pembakaran pada bahan bakar B100 percobaan ke-3 sebagai berikut:

$$S_L = v \sin \alpha$$

$$S_L = 0,121041 \sin 5,1^\circ$$

$$S_L = 0,011 \text{ cm/s}$$

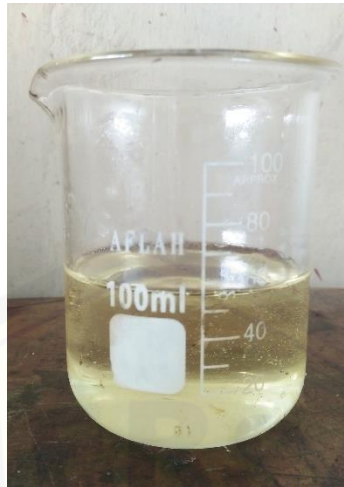
**B. LAMPIRAN KEGIATAN DAN HASIL**



B.1 Penjemuran Ampas Kelapa



B.2 Proses Pengepresan Minyak



B.3 Hasil Minyak Ampas Kelapa



B.4 Proses Transesterifikasi



B.5 Proses Pengendapan



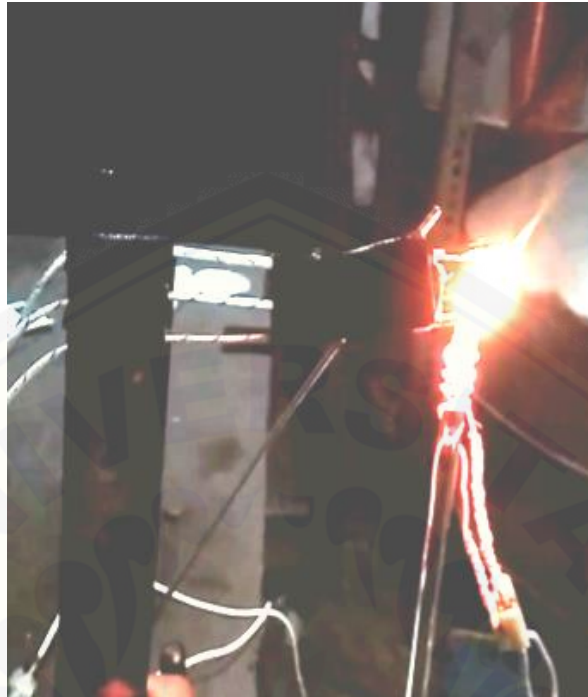
B.6 Hasil Methyl Ester Pengendapan



B.7 Proses Pencucian



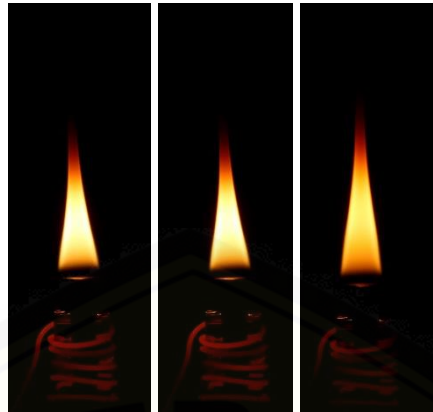
B.8 Hasil Biodiesel



B.9 Proses Pengujian Temperatur Api



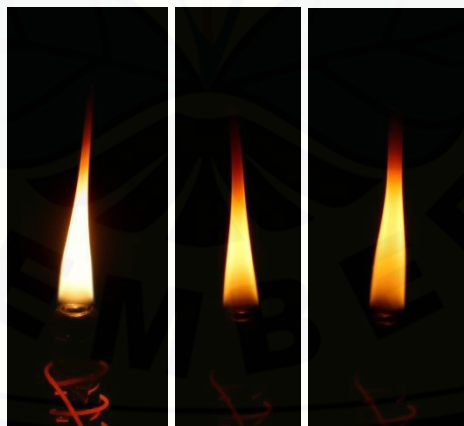
B.10 Proses Pengujian Tinggi Api dan Kecepatan Pembakaran



B.11 Api Laminar Bahan Bakar B0

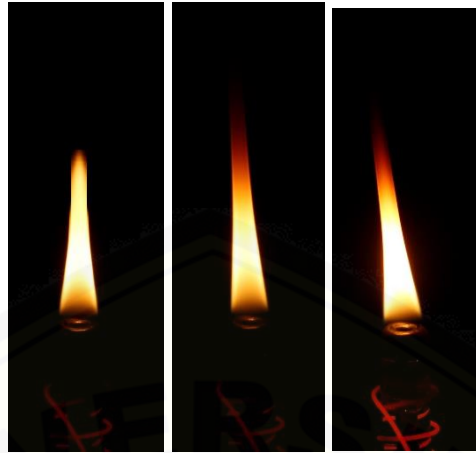


B.12 Api Laminar Bahan Bakar B20



B.13 Api Laminar Bahan Bakar B30





B.14 Api Laminar Bahan Bakar B40



B.15 Api Laminar Bahan Bakar B100

C. LAMPIRAN NILAI KARAKTERISTIK BAHAN BAKAR



**KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI**  
**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK JURUSAN MESIN**  
**LABORATORIUM MOTOR BAKAR**

Jl. MayjenHaryono 167 Malang 65145 Telp. 0341-554291 pes.1222  
 Web : motorbakar.ub.ac.id Email : Laboratoriummotorbakar62@gmail.com



---

**Surat Hasil Pengujian / Analisa**

Nama Mahasiswa : Salman Al Farisi  
 NIM : 151910101096  
 Jurusan : Teknik Mesin  
 Fakultas : Teknik  
 Universitas : Jember  
 Tanggal Penerimaan : 08 Oktober 2018  
 Tanggal Pengerjaan : 08 Oktober 2018  
 Analisa / Uji : Nilai kalor, Massa jenis, Viskositas dan Flash Point  
 Nama Bahan : Biodiesel Kelapa

| No | Metode Uji                                    | Nilai    |
|----|---|----------|
| 1  | Nilai Kalor ( kalori / gram )                 | 9319.551 |
| 2  | Massa Jenis ( gr / ml ) ( 15 <sup>0</sup> C ) | 0.881    |
| 3  | Viscositas ( cst ) ( 40 <sup>0</sup> C )      | 5.191    |
| 4  | Flash Point ( <sup>0</sup> C )                | 123      |

**Malang , 08 Oktober 2018**  
**Teknisi Laboratorium Motor Bakar**  
  
**Eko Slamet mujiyanto**  
**NIK. 200609 810228 1 001**

C.1 Karakteristik Biodiesel Minyak Ampas Kelapa