



**KARAKTERISTIK PEMBAKARAN DIFUSI BIOSOLAR DENGAN
PENAMBAHAN BIODIESEL MINYAK JELANTAH**

SKRIPSI

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

OLEH

Fitria Nurhayati

151910101084

PROGRAM STUDI STRATA SATU TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2019

PERSEMBAHAN

Dengan segala puji syukur kehadiran Allah SWT maka skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Allah SWT. yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik;
2. Ayahanda Moch. Mas'ud Adikara, Ibunda Kustiwi dan Kakak saya satu – satunya Indrawati Dwi Cahyani yang senantiasa memberikan doa yang tiada putus, kasih sayang, semangat dan motivasi serta dukungan baik berupa materil dan non materil;
3. Guru-guru sejak taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi, seluruh dosen serta civitas akademik jurusan Teknik Mesin Universitas Jember yang telah membimbing, memberikan banyak ilmu, pelajaran dan motivasi serta menjadi tempat bersejarah untuk saya berkembang dan mengenyam pendidikan.
4. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah memberikan sarana dan prasarana untuk menuntut ilmu.

MOTTO

“Kemerdekaan hakiki adalah bila kita tidak diperbudak keinginan dipuji, dihargai, dihormati, dibalas budi oleh orang lain. Kemerdekaan adalah milik orang yang ikhlas”

(Abdullah Gymnastiar)

“Barangsiapa menghendaki akhirat, maka hendaknya ia ikhlas dalam mencari ilmu”

(Imam Syafi’i)

“Life is like riding a bicycle. To keep your balance, you must keep moving”

(Albert Einstein)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fitria Nurhayati

NIM : 151910101084

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan skripsi dengan judul “Karakteristik Pembakaran Difusi Solar dengan Penambahan Biodiesel Minyak Jelantah” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang telah disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada instansi manapun. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan penuh kesadaran tanpa ada unsur pemaksaan serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 02 Mei 2019

Yang Menyatakan,

Fitria Nurhayati

151910101084

SKRIPSI

**KARAKTERISTIK PEMBAKARAN DIFUSI SOLAR DENGAN
PENAMBAHAN BIODIESEL MINYAK JELANTAH**

Oleh:

Fitria Nurhayati
NIM 151910101084

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Hary Sutjahjono, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Karakteristik Pembakaran Difusi Solar dengan Penambahan Biodiesel Minyak Jelantah” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, Tanggal : 2 Mei 2019

Tempat : Ruang Ujian II Fakultas Teknik Universitas Jember

Pembimbing,

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T.
NIP. 19681207 199512 1 002

Hary Sutjahjono, S.T., M.T.
NIP. 19681205 199702 1 002

Penguji,

Penguji I,

Penguji II,

Ahmad Adib Rosyadi, S.T., M.T.
NIP. 19850117 201212 1 001

Dr. Gaguk Djatisukamto, S.T., M.T.
NIP. 19690209 199802 1 001

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember

Dr. Ir. Entin Hidayah, M. UM.
NIP 19661215 199503 2 001

RINGKASAN

KARAKTERISTIK PEMBAKARAN DIFUSI SOLAR DENGAN PENAMBAHAN BIODIESEL MINYAK JELANTAH; Fitria Nurhayati, 151910101084; 2019; 59 Halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Biofuel merupakan salah satu pemanfaatan energi terbarukan berupa bahan bakar untuk mengurangi peningkatan konsumsi energi fosil di Indonesia. Biodiesel adalah salah satu biofuel yang ramah lingkungan serta dapat menggantikan kebutuhan bahan bakar solar industri yang semakin meningkat seiring meningkatnya kemajuan teknologi dan Industri di di Indonesia. Minyak jelantah adalah salah satu bahan baku yang berpotensi sebagai bahan pembuatan biodiesel karena mengandung trigliserida, bersifat limbah, mudah didapatkan dan bukan merupakan kebutuhan pangan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui mutu biodiesel minyak jelantah yang sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) agar bisa digunakan sebagai pengganti bahan bakar solar industri di Indonesia serta untuk mengetahui fenomena yang terjadi pada pembakaran difusi solar dengan penambahan biodiesel minyak jelantah. Fenomena yang diteliti adalah tinggi dan sudut nyala api, kecepatan pembakaran, dan distribusi temperatur nyala api difusi dari masing – masing komposisi bahan bakar B0 (100% biosolar), B10 (90% biosolar, 10% biodiesel), B20 (80% biosolar, 20% biodiesel), B30 (70% biosolar, 30% biodiesel) dan B100 (100% biodiesel). Penelitian ini menggunakan metode eksperimental pembakaran difusi pada mini *glasstube* dengan 3 variasi debit yaitu 2 ml/h, 4 ml/h dan 6 ml/h. Alat utama yang digunakan adalah termokopel untuk menangkap temperatur api dan kamera untuk mengambil gambar visual nyala api. Distribusi temperatur diteliti pada 4 titik zona api yang ditangkap termokopel. Pengambilan gambar visual digunakan sebagai data tinggi dan sudut nyala api

yang diukur menggunakan software imageJ yang kemudian dilakukan perhitungan untuk menentukan kecepatan pembakaran.

Hasil dari penelitian ini adalah semakin besar kandungan biodiesel dalam campuran bahan bakar semakin tinggi nyala api yang dihasilkan, hal tersebut juga berbanding lurus dengan meningkatnya debit bahan bakar dimana api tertinggi adalah sebesar 5,488 cm pada debit 6 ml/h. Tinggi nyala api berbanding terbalik dengan sudut nyala api, semakin bertambahnya biodiesel dalam komposisi bahan bakar semakin kecil sudut yang dihasilkan pada debit yang sama dan semakin besar debit bahan bakar semakin kecil sudut yang dihasilkan yaitu senilai $4,075^\circ$ pada debit 6 ml/h dan sudut terbesar berada pada debit 2 ml/h sebesar $19,522^\circ$.

Semakin besar kandungan biodiesel dalam campuran bahan bakar, semakin rendah kecepatan pembakaran yang dihasilkan pada debit yang sama, dan semakin meningkatnya debit aliran bahan bakar, kecepatan pembakaran semakin menurun pada suhu heater yang konstan. Kecepatan pembakaran terbesar adalah pada biosolar senilai 17,7991 m/hr pada debit 2 ml/h. Zona temperatur dengan suhu rata – rata paling tinggi adalah titik 2 yang terletak pada bagian tengah nyala api (*reaction zone*) sebesar $812,32^\circ\text{C}$ pada biodiesel debit 4 ml/h. Temperatur nyala api berbanding lurus dengan nilai kalor dan kestabilan nyala api. Total distribusi temperatur nyala api rata – rata tertinggi untuk campuran bahan bakar adalah B10 sebesar $445,685^\circ\text{C}$ pada debit 6 ml/h dan temperatur terendah adalah B30 sebesar $288,615^\circ\text{C}$ pada debit 4 ml/h.

SUMMARY

DIFFUSION COMBUSTION CHARACTERISTICS OF DIESEL FUEL WITH ADDITION OF BIODIESEL FROM WASTE FRYING OIL; Fitria Nurhayati, 151910101084; 2019; 59 pages; Mechanical Engineering Department, Engineering Faculty; Jember University.

. Biofuel is one of renewable energy application in the form of fuel to reduce the increase of fossil energy consumption in Indonesia. Biodiesel is one of biofuel that is low emissions and can replace the increase of Industrial Diesel Oils (IDO) which is belong to increasing advances in technology and industry in Indonesia. Waste frying oil is wastefrom palm oil that has the potential to produce biodiesel because it contains triglycerides, is wasteful, easy to obtain and does not a food requirement.

The purpose of the research was to determine the quality of biodiesel from waste frying oil which is according to the Indonesian National Standard (SNI), so that it can be used as fuel to replace an industrial diesel oil in Indonesia and the otherhand, it's used to find out the phenomenon that occurs in diffusion combustion with addition biodiesel from waste frying oil. The phenomena studied were flame height and angle, combustion speed, and temperature distribution of diffusion flame by using composition B0 (100% biodiesel), B10 (90% biodiesel, 10% biodiesel), B20 (80% biodiesel, 20% biodiesel), B30 (70% biodiesel, 30% biodiesel) and B100 (100% biodiesel). This study used an experimental method of diffusion combustion on mini glasstube with 3 variations of discharge, there are 2 ml/h, 4 ml/h and 6 ml/h. The main tool used is a thermocouple to capture the temperature of the fire and the camera to take visual images of the flame. Temperature distribution was examined at 4 points of the fire zone captured by the thermocouple. Visual image is used as height and flame angle data measured using the imageJ software which is then calculated to determine the combustion speed.

The results of this study as more content of biodiesel in the fuel mixture increase, the fuel produced the higher flame. It is also directly proportional to the increase of flow rate where the highest fire is 5.488 cm at the discharge of 6 ml / h. The flame height is inversely proportional to the angle of flame, the increasing biodiesel in the fuel composition, the smaller angle produced at the same discharge and when the flow rate of fuel increased, the result of angle flame was smaller than angle on the low flow rate, it's about 4,075o at 6 ml/h and the biggest angle at a flow of 2 ml/h is 19,522°.

When the fuel had more content of biodiesel in the fuel mixture, the lower combustion rate produced at the same discharge, as the flow rate increased, the lower combustion rate produced at constant heater temperature. The largest combustion rate is in biodiesel, it's about 17.7991 ml/h at the flow of 2 ml/h. The temperature zone with the highest average temperature is point 2 which is located in the middle of the flame zone (reaction zone, it's 812.32°C on biodiesel discharge 4 ml/h. The flame temperature is directly proportional to the calorific value and flame stability. The highest of total average flame temperature distribution for the fuel mixture is B10 at 445,685°C in a flow of 6 ml/h and the lowest temperature is B30 at 288,615°C at a flow of 4 ml/h.

PRAKATA

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “*Karakteristik Pembakaran Difusi Solar dengan Penambahan Biodiesel Minyak Jelantah*”. Skripsi ini disusun guna memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Dalam proses penelitian dan penyusunan skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan terimakasih kepada :

1. Ibu Entin Hidayah M, UM., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Bapak Hari Arbiantara, S.T, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember;
3. Bapak Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama yang penuh kesabaran memberikan bimbingan, meluangkan waktu, pikiran, motivasi dan saran kepada penulis selama penyusunan proyek akhir ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik;
4. Bapak Hary Sutjahjono, S.T, M.T., selaku Dosen Pembimbing Anggota, Ketua Program Studi S1 Jurusan Teknik Mesin, sekaligus Dosen Pembimbing Akademik yang penuh kesabaran memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis selama kuliah, meluangkan waktu, pikiran, motivasi dan saran kepada penulis selama penyusunan proyek akhir ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik;
5. Bapak Ahmad Adib Rosyadi, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji I dan Bapak Dr. Gaguk Djatisukamto, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun kepada penulis;
6. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah memberikan ilmu dan motivasi kepada penulis.

7. Ibunda Kustiwi, Ayahanda Moch. Mas'ud serta kakak Indrawati Dwi Cahyani dan keluarga yang telah memberikan doa, motivasi dan dukungan baik materil maupun non materil;
8. Civitas akademika Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember
9. Para saudara tim riset biodiesel Haidar Fahmi Al Mahbuby, Jihan Zeinyuta Rosafira, Bagus Bayazid, Salman Al Farisi , dan Radinal Raka Ravsanzeni serta Hemas Hafidh Bachtiar yang telah meluangkan waktu, berbagi ilmu baru, meminjamkan alat, membantu tenaga dan fikiran dalam penelitian ini.
10. Saudara seperjuangan Teknik Mesin angkatan 2015 yang telah memberikan dukungan dan semangat kepada penulis;
11. Saudara dan adek-adek Himpunan Mahasiswa Mesin serta Tim Club Aeromodeling Fakultas teknik Universitas Jember yang telah menjadi keluarga dan tempat saya berkembang, baik *softskill* dan pengalaman organisasi kepada peneliti.
12. Saudara – saudara Kos Putri Mastrip Timur 80 yang selalu menemani, memberi semangat, perhatian dan menjadi keluarga kedua penulis selama tinggal di Jember.
13. Winagil Catur Arief B yang telah menemani dan membantu dalam segala aspek.
14. Teman – teman KKN 248 yang telah memberikan semangat, hal baru dan mengajarkan banyak hal selama 45 hari.
15. Pihak lain yang tidak bisa disebutkan satu – persatu

Proyek akhir ini disusun berdasarkan data – data yang diperoleh dari studi lapangan dan studi literatur, apabila ada kekurangan, penulis senantiasa terbuka untuk menerima kritik dan saran dalam upaya penyempurnaan skripsi ini.

Jember, 02 Mei 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	ii
HALAMAN MOTTO.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN.....	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
RINGKASAN.....	vii
PRAKATA.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR TABEL.....	xviii
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Biodiesel.....	6
2.1.1 Ketersediaan Bahan Baku Biodiesel.....	7
2.1.2 Karakteristik Biodiesel.....	9
2.2 Minyak Jelantah.....	10
2.3 Perbandingan Harga Solar dan Biodiesel Minyak Jelantah.....	13
2.4 Proses Pembuatan Biodiesel.....	15
2.4.1 Transesterfikasi.....	15
2.5 Reaksi Pembakaran.....	16
2.6 Kecepatan Pembakaran.....	17

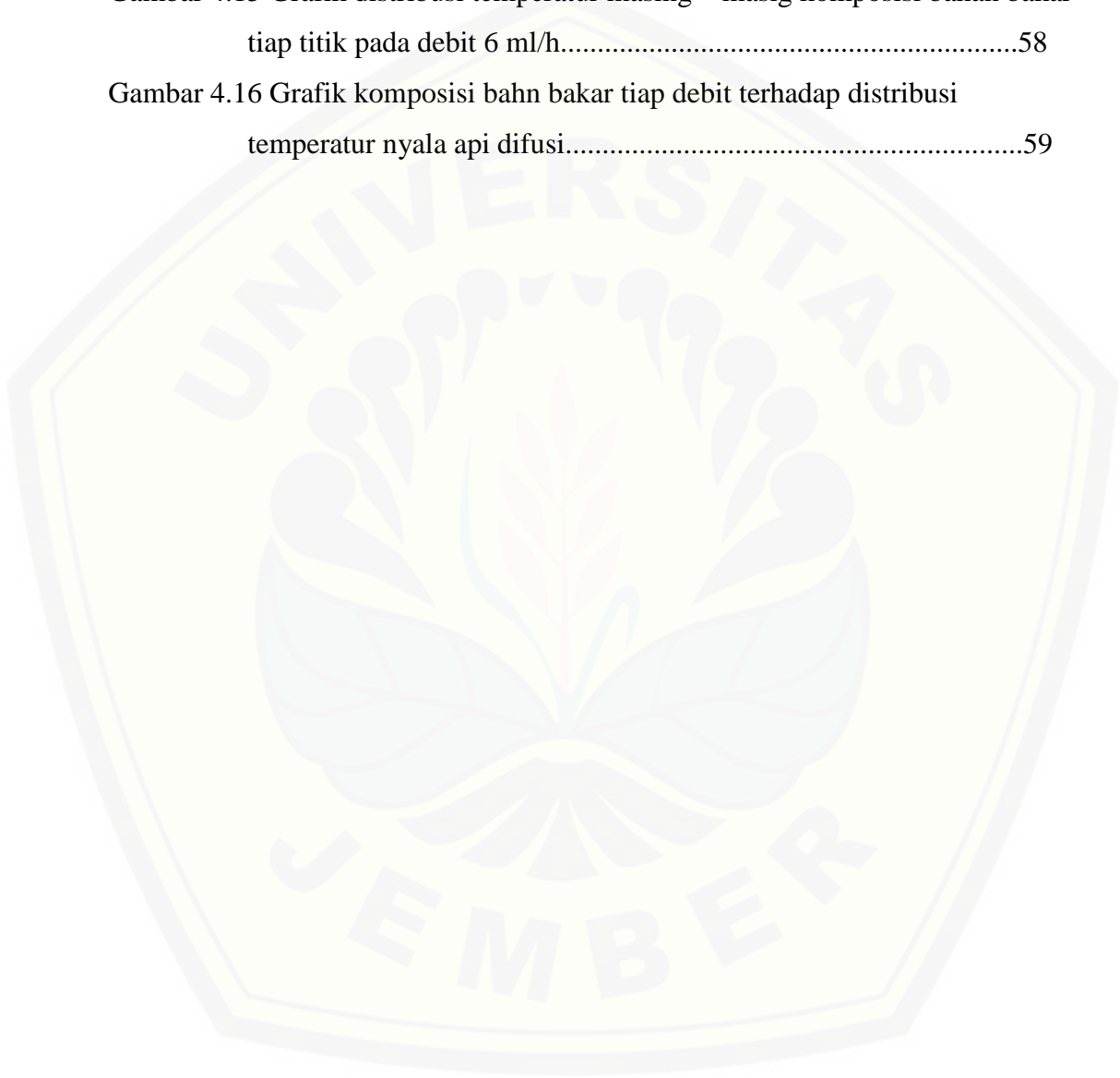
2.7 Nyala Api	18
2.7.1 Nyala Api Difusi.....	18
2.7.2 Tinggi Nyala Api Difusi.....	20
2.7.3 Sudut Nyala Api Difusi.....	21
2.8 Distribusi Temperatur	21
2.9 Penelitian Terdahulu	22
2.10 Hipotesis	24
BAB 3. METODE PENELITIAN	
3.1 Metode Penelitian	25
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	25
3.2.1 Tempat Penelitian.....	25
3.2.2 Waktu Penelitian.....	25
3.3 Alat dan Bahan	26
3.3.1 Pembuatan Biodiesel.....	26
3.3.2 Pembuatan Alat.....	26
3.4 Variabel Penelitian	28
3.4.1 Variabel Bebas.....	28
3.4.2 Variabel Terikat.....	28
3.4.3 Variabel Kontrol.....	28
3.5 Pengamatan yang Dilakukan	28
3.6 Tahap Penelitian	29
3.6.1 Tahap Penyiapan Biodiesel Minyak Jelantah.....	29
3.6.2 Tahap Pengujian Karakteristik Biodiesel.....	29
3.6.3 Tahap Pembuatan Alat Uji Karakteristik Pembakaran.....	29
3.6.4 Tahap Pengujian Karakteristik Pembakaran.....	30
3.7 Pengambilan dan Pengolahan Data	31
3.8. Diagram Alir Penelitian	37
BAB 4. PEMBAHASAN	
4.1 Data Hasil Penelitian	38
4.1.1 Karakteristik Bahan Bakar Biodiesel (B100).....	38
4.1.2 Tinggi Nyala Api.....	39

4.1.3 Sudut Nyala Api.....	42
4.1.4 Distribusi Temperatur Nyala Api.....	44
4.2 Pengolahan Data.....	46
4.2.1 Kecepatan Pembakaran.....	46
4.3 Analisis Data.....	48
4.3.1 Tinggi Nyala Api Difusi.....	48
4.3.2 Sudut Nyala Api.....	49
4.3.3 Kecepatan Pembakaran Difusi.....	51
4.3.4 Distribusi Temperatur.....	54
BAB 5. PENUTUP	
5.1 Kesimpulan.....	58
5.2 Saran.....	59
DAFTAR PUSTAKA.....	60
LAMPIRAN.....	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Harga solar di Indonesia.....	14
Gambar 2.2 Ketersediaan minyak jelantah.....	15
Gambar 2.3 Reaksi Kimia Transesterifikasi.....	16
Gambar 2.4 <i>Over-ventilated</i> dan <i>under-ventilated</i> pada nyala api difusi.....	21
Gambar 2.5 Pengukuran tinggi nyala api difusi pada <i>software image-J</i>	21
Gambar 2.6 Pengukuran sudut nyala api.....	22
Gambar 2.7 Pengukuran sudut nyala api difusi pada <i>software image-J</i>	22
Gambar 2.8 Nyala api laminar.....	23
Gambar 3.1 Desain alat uji pembakaran difusi.....	28
Gambar 3.2 Diagram alir penelitian.....	39
Gambar 4.1 Visualisasi nyala api masing – masing komposisi bahan bakar pada debit 2 ml/h.....	42
Gambar 4.2 Visualisasi nyala api masing – masing komposisi bahan bakar pada debit 4 ml/h.....	42
Gambar 4.3 Visualisasi nyala api masing – masing komposisi bahan bakar pada debit 6 ml/h.....	42
Gambar 4.4 Contoh pengukuran tinggi nyala api pada <i>image-J</i>	43
Gambar 4.5 Contoh pengukuran sudut nyala api pada <i>image-J</i>	45
Gambar 4.6 Grafik pengaruh komposisi bahan bakar terhadap tinggi api.....	51
Gambar 4.7 Grafik pengaruh debit bahan bakar terhadap tinggi api.....	51
Gambar 4.8 Grafik pengaruh komposisi bahan bakar terhadap sudut api.....	53
Gambar 4.9 Grafik pengaruh debit bahan bakar terhadap sudut api.....	53
Gambar 4.10 Perbandingan tinggi dan sudut nyala api pada masing – masing komposisi tiap debit.....	54
Gambar 4.11 Grafik pengaruh komposisi bahan bakar terhadap kecepatan pembakaran.....	55
Gambar 4.12 Grafik debit bahan bakar terhadap kecepatan pembakaran.....	55

Gambar 4.13 Grafik distribusi temperatur masing – masing komposisi bahan bakar tiap titik pada debit 2 ml/h.....	57
Gambar 4.14 Grafik distribusi temperatur masing – masing komposisi bahan bakar tiap titik pada debit 4 ml/h.....	58
Gambar 4.15 Grafik distribusi temperatur masing – masing komposisi bahan bakar tiap titik pada debit 6 ml/h.....	58
Gambar 4.16 Grafik komposisi bahan bakar tiap debit terhadap distribusi temperatur nyala api difusi.....	59



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tumbuhan penghasil minyak lemak di Indonesia.....	7
Tabel 2.2 Potensi bahan baku biodiesel sebagai suplemen bahan bakar motor diesel.....	8
Tabel 2.3 Standar mutu biodiesel.....	11
Tabel 2.4 Data hasil perhitungan neraca penyediaan dan penggunaan minyak goreng sawit tahun 2012-2017.....	12
Tabel 2.5 Data hasil perhitungan neraca penyediaan dan penggunaan minyak goreng sawit tahun 2012-2017 lanjutan.....	12
Tabel 2.6 Perbedaan karakteristik nyala api difusi dan premix.....	20
Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan.....	27
Tabel 3.2 Data Karakteristik bahan bakar B100.....	32
Tabel 3.3 Data tinggi nyala api pada debit 2 ml/h.....	33
Tabel 3.4 Data tinggi nyala api pada debit 4 ml/h.....	33
Tabel 3.5 Data tinggi nyala api pada debit 6 ml/h.....	33
Tabel 3.6 Pengujian distribusi temperatur biosolar.....	34
Tabel 3.7 Pengujian distribusi temperatur B10.....	34
Tabel 3.8 Pengujian distribusi temperatur B20.....	34
Tabel 3.9 Pengujian distribusi temperatur B30.....	34
Tabel 3.10 Pengujian distribusi temperatur B100.....	35
Tabel 3.11 Pengujian distribusi temperatur.....	35
Tabel 3.12 Kecepatan pembakaran pada debit 2ml/h.....	37
Tabel 3.13 Kecepatan pembakaran pada debit 4ml/h.....	37
Tabel 3.14 Kecepatan pembakaran pada debit 6ml/h.....	37
Tabel 4.1 Hasil karakteristik bahan bakar biodiesel minyak jelantah.....	40
Tabel 4.2 Karakteristik bahan bakar biodiesel, biosolar dan IDO.....	41
Tabel 4.3 Tinggi nyala api pada debit 2 ml/h.....	44
Tabel 4.4 Tinggi nyala api pada debit 4 ml/h.....	44
Tabel 4.5 Tinggi nyala api pada debit 6 ml/h.....	44

Tabel 4.6 Data tinggi nyala api rata-rata.....	45
Tabel 4.7 Sudut nyala api rata – rata pada debit 2 ml/h.....	46
Tabel 4.8 Sudut nyala api rata – rata pada debit 2 ml/h.....	46
Tabel 4.9 Sudut nyala api rata – rata pada debit 2 ml/h.....	46
Tabel 4.10 Distribusi temperatur nyala api pada dbit 2 ml/h.....	47
Tabel 4.11 Distribusi temperatur nyala api pada dbit 4 ml/h.....	47
Tabel 4.12 Distribusi temperatur nyala api pada dbit 6 ml/h.....	48
Tabel 4.13 data kecepatan pembakaran pada debit 2 ml/h.....	50
Tabel 4.14 data kecepatan pembakaran pada debit 4 ml/h.....	50
Tabel 4.15 data kecepatan pembakaran pada debit 6 ml/h.....	50
Tabel 4.16 data kecepatan pembakaran nyala api difusi.....	51
Tabel 4.17 Distribusi temperatur nyala pi difusi masing – masing komposisi tiap debit.....	59

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Energi merupakan kebutuhan yang perlu dipenuhi oleh manusia. Sebagian besar energi yang diperlukan oleh manusia adalah energi yang tidak terbarukan, seperti gas alam, minyak bumi dan batubara. Ketergantungan energi fosil di Indonesia masih sangat tinggi, yaitu sebesar 96% (minyak bumi 48%, gas 18% dan batu bara 30%) dari total konsumsi energi nasional, sementara kementerian ESDM 2015-2019 menargetkan sebaran energi nasional 2025 sebesar sebesar 1,4 TOE (*Tonnes Oil Equivalent*) / kapital dengan sebaran energi 25% untuk minyak bumi, 30% untuk batubara, 22% untuk gas bumi dan 23% untuk energi terbarukan (Sa'adah, 2016), namun upaya untuk memaksimalkan pemanfaatan energi terbarukan belum berjalan sesuai dengan yang direncanakan.

Minyak bumi berupa diesel atau biasa kita sebut solar merupakan bahan bakar yang banyak digunakan di dunia industri dan mesin diesel. Berdasarkan data statistik Badan Pengatur Hilir Minyak dan Gas Bumi (2018), kebutuhan bahan bakar solar dan minyak tanah meningkat dari 15,04 juta KL pada tahun 2017 hingga mencapai 16,2 juta KL pada tahun 2018. Berdasarkan survei tersebut, maka perlu dilakukan adanya upaya memaksimalkan pemanfaatan energi terbarukan berupa pengolahan bahan bakar biodiesel yang dapat digunakan untuk mengurangi penggunaan solar industri di Indonesia.

Indonesia memiliki tanaman perkebunan dan hortikultura yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Kelapa sawit, kemiri, biji kapuk dan beberapa biji buah-buahan adalah tanaman yang memiliki kandungan lemak nabati yang berpotensi sebagai bahan baku biodiesel. Indonesia menjadi penghasil minyak kelapa sawit atau *Crude Palm Oil* (CPO) terbesar di dunia dan menjadi peluang besar penghasil bahan bakar biodiesel (Haryanto, 2015). Kelapa sawit sebagian besar juga digunakan sebagai bahan baku pembuatan minyak goreng yang menjadi salah satu kebutuhan pokok manusia. Hal tersebut tentu bersaing dengan hasil pangan apabila CPO digunakan sebagai bahan baku biodiesel, namun minyak jelantah yang merupakan limbah minyak goreng yang

berasal dari kelapa sawit tersebut juga memiliki potensi sebagai bahan baku biodiesel. Minyak jelantah tersebut memiliki kandungan trigliserida yang telah mengalami kerusakan sehingga dapat memicu kanker atau bersifat karsinogenik apabila tetap dikonsumsi. Kandungan trigliserida tersebut adalah salah satu penyebab minyak jelantah dapat berpotensi sebagai bahan baku pembuatan biodiesel (Haryanto, dkk., 2015).

Hasil penelitian pada masyarakat di daerah Jabodetabek, diperoleh jumlah rata – rata penggunaan minyak goreng setiap kepala keluarga per minggunya \pm 1 liter, dari total 77 responden yang memasak setiap harinya 79% menyatakan minyak jelantah perlu dibuang di tempat khusus dan 77% menyatakan bersedia memberikan minyak jelantah mereka secara sukarela (Vanessa, dkk., 2017). Hasil survei tersebut menjadi peluang sebagai salah satu langkah untuk memanfaatkan dan mengkonversi limbah rumah tangga menjadi biodiesel.

Biodiesel merupakan bahan bakar yang terbarukan, bebas sulfur, tidak mengandung aromatik, tidak beracun dan *biodegradable*. Biodiesel terdiri dari metil asam lemak atau etil bahan bakar berbasis ester yang dihasilkan dari lemak nabati atau hewani melalui proses kimia yang disebut transesterifikasi (Aldhaidhawi, dkk, 2017). Biodiesel merupakan bahan bakar yang dapat digunakan langsung ataupun dicampur dengan solar. Biodiesel dapat digunakan secara langsung pada pembakaran eksternal, seperti yang terjadi pada ruang bakar furnace ketel uap / boiler. Penelitian Havendri (2008) menyatakan bahwa biodiesel murni (B100) juga dapat digunakan pada pembakaran internal, namun mesin yang digunakan harus dimodifikasi terlebih dahulu untuk menghindari terjadinya penyumbatan dalam filter ataupun kesulitan dalam *start up*.

Karakteristik pembakaran biodiesel dapat diketahui melalui pembakaran premix dan difusi. Pembakaran premix biasa diaplikasikan pada motor bakar. Dalam aplikasi motor bakar, percampuran bahan bakar biodiesel dengan solar dapat mengurangi emisi dan dapat meningkatkan prestasi mesin diesel daripada menggunakan biodiesel murni. Pembakaran difusi biasanya terdapat pada aplikasi pembakaran eksternal, seperti pada penggunaan kompor minyak tanah. Di dunia industri, pembakaran eksternal diterapkan seperti pada ruang bakar boiler pada

sistem pembangkit listrik, ruang bakar peleburan baja atau ruang bakar pada pabrik – pabrik kimia lainnya (Nugroho, 2018).

Sebagian besar penelitian sebelumnya meneliti tentang emisi gas buang campuran solar dan biodiesel, salah satunya pada penelitian Setyadi dan Susiantini (2007) diperoleh bahwa penambahan biodiesel minyak jelantah pada solar sangat menurunkan opasitas dan emisi gas buang HC pada campuran bahan bakar B20 sebesar 99,9%, sedangkan emisi gas buang CO dan CO₂ terendah terjadi pada campuran B10 hingga 99,6%.

Penelitian mengenai karakteristik pembakaran biodiesel minyak jelantah sudah pernah dilakukan pada pembakaran droplet, seperti pada penelitian Sasongko (2018) yang menyimpulkan bahwa peningkatan kandungan biodiesel minyak goreng bekas dalam campuran bahan bakar menyebabkan nyala api semakin tinggi sebesar 55 mm pada B100 dan kecepatan pembakaran droplet semakin rendah senilai 1,05 mm/s pada B100 serta temperatur maksimum yang lebih tinggi pada komposisi campuran bahan bakar hingga B50 senilai 550°C. Beberapa penelitian lainnya hanya meneliti pada proses pembuatan biodiesel saja. Penelitian pembakaran premix atau difusi juga masih banyak dilakukan pada bahan baku yang berasal dari minyak nabati seperti biji nyamplung, biji jarak dan lain – lain serta bahan kimia seperti etanol, metanol, propana, butana juga banyak diteliti. Fenomena yang diteliti dari beberapa penelitian tersebut banyak yang meneliti tentang warna nyala api, struktur api, tinggi nyala api, lebar nyala api, *microexplosion*, kecepatan pembakaran laminar untuk premix, temperatur dan lain – lain dengan bahan, variasi dan metode yang berbeda-beda.

Berdasarkan beberapa penelitian tersebut diatas, penelitian mengenai karakteristik pembakaran biodiesel minyak jelantah belum dilakukan penelitian lebih lanjut pada pembakaran difusi menggunakan bahan bakar biodiesel minyak jelantah yang dicampur dengan solar menggunakan *mini glasstube burner*. Melihat aplikasi pembakaran difusi yang banyak digunakan di industri ataupun kehidupan sehari – hari, maka penelitian ini juga bertujuan untuk membandingkan campuran solar industri / *Industrial Diesel Oil (IDO)* dan biodiesel minyak jelantah yang dapat mengganti atau mengurangi penggunaan solar industri di Indonesia sesuai standar nasional Indonesia.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka penelitian yang akan dilakukan adalah :

1. Bagaimana cara mengetahui karakteristik kandungan biodiesel minyak jelantah yang sesuai dengan standar nasional Indonesia ?
2. Bagaimana cara mengetahui karakteristik pembakaran difusi campuran solar dan biodiesel minyak jelantah dari masing – masing komposisi yang sesuai untuk mengurangi solar industri di Indonesia?

1.3. Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan dilakukannya penelitian ini adalah :

1. Mengetahui massa jenis, nilai kalor, titik nyala dan viskositas dari kandungan biodiesel minyak jelantah
2. Mengetahui pengaruh komposisi biodiesel B0, B10, B20, B30 dan B100 terhadap tinggi nyala api, kecepatan pembakaran difusi dan distribusi temperatur nyala api.
3. Mengetahui pengaruh variasi debit bahan bakar komposisi B0, B10, B20, B30 dan B100 terhadap tinggi nyala api, kecepatan pembakaran dan distribusi temperatur nyala api.

1.4. Manfaat

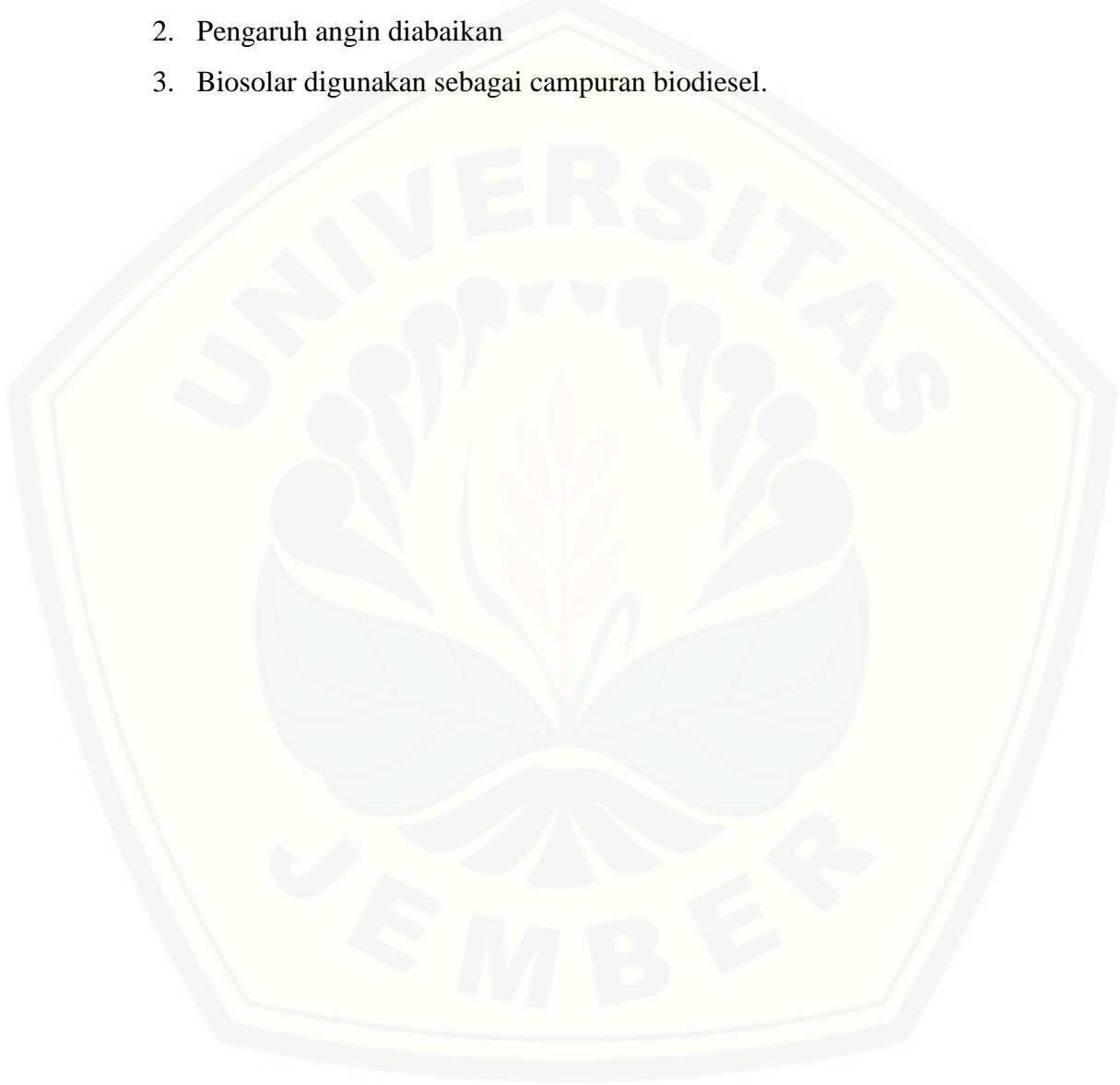
Manfaat dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menambah wawasan tentang proses pembuatan biodiesel dengan karakteristik yang sesuai untuk digunakan dalam pembakaran di lingkup industri, dan kehidupan sehari – hari.
2. Menambah wawasan mengenai karakteristik kecepatan pembakaran dan distribusi temperatur dari campuran solar dan biodiesel minyak jelantah tanpa harus dilakukan pengujian langsung di dalam ruang bakar.
3. Digunakan sebagai bahan bakar untuk mengurangi solar industri.

1.5. Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang telah disebutkan, maka batasan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Kondisi suhu dan kelembapan lingkungan dianggap tetap
2. Pengaruh angin diabaikan
3. Biosolar digunakan sebagai campuran biodiesel.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Biodiesel

Fatty Acid Metyl Ester (FAME) adalah sebutan lain dari Biodiesel. Biodiesel adalah jenis lemak solar yang berasal dari minyak nabati atau hewani berbentuk rantai panjang (metil-ester) yang diproses dengan reaksi kimia lipid atau alkohol (metanol) untuk menghasilkan ester asam lemak (Chen, dkk., 2018). Reaksi Kimia yang dapat kita lakukan untuk membuat biodiesel tergantung dari kandungan asam lemak bebasnya (FFA). Asam Lemak Bebas (ALB) terdapat pada beberapa tanaman, biji – bijian, maupun hewan yang berpotensi untuk dijadikan biodiesel. Terdapat sekitar 45 jenis tanaman pangan maupun non pangan yang mengandung minyak nabati sebagai bahan baku biodiesel (Kuncahyo, dkk., 2013).

Biodiesel dapat diproses melalui dua reaksi kimia, yaitu esterifikasi dan transesterifikasi. Reaksi esterifikasi dan transesterifikasi merupakan reaksi dengan perlakuan yang hampir sama. Perbedaan dari kedua reaksi tersebut adalah terletak pada katalis yang digunakan. Katalis yang digunakan pada reaksi esterifikasi adalah katalis asam (HCl, H₂SO₄, dll), sedangkan transesterifikasi adalah katalis basa (NaOH, KOH, H₃PO₄, dll). Reaksi transesterifikasi dapat langsung dilakukan apabila kandungan ALB dari bahan <3% atau 5% dan sponifikasi akan terjadi apabila kandungan ALB dari bahan terlalu tinggi, sehingga dapat mempengaruhi pemurnian biodiesel (Haryanto, dkk., 2015).

2.1.1. Ketersediaan Bahan Baku Biodiesel

Indonesia memiliki berbagai macam potensi tanaman yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku biodiesel. Biodiesel dapat diperoleh dari minyak lemak nabati yang terkandung dalam tanaman tertentu. Potensi tanaman yang dapat menghasilkan minyak lemak nabati di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Tumbuhan penghasil minyak lemak di Indonesia (Kuncahyo, dkk., 2013).

No.	Nama Lokal	Sumber	Kadar %b-kr	P/NP
1.	Kelapa	Daging Buah	60-70	P
2.	Kusambi	Daging Biji	55-70	NP
3.	Jarak Pagar	Inti biji (kernel)	40-60	NP
4.	Sawit	Sabut + Daging buah	40-70 + 45-54	P
5.	Jarak Kaliki	Biji (seed)	45-50	NP
6.	Kacang Suuk	Biji	35-55	P
7.	Kapuk / Randu	Biji	24-50	NP
8.	Karet	Biji	40 -50	NP
9.	Kecipir	Biji	15-20	P
10.	Kelor	Biji	30-49	P
11.	Kemiri	Inti Biji (kernel)	57-69	NP
12.	Nimba	Daging Biji	40-50	NP
13.	Saga Utan	Inti Biji (kernel)	14-28	P
14.	Akar Kepayang	Biji	65	P
15.	Alpukat	Daging Buah	40-80	P
16.	Cokelat	Biji	54-58	P
17.	Ketiau	Inti Biji	50-57	P
18.	Malapari	Biji	27-39	NP
19.	Nyamplung	Inti Biji	40-73	NP
20.	Randu Alas/Agung	Biji	18-26	NP
21.	Wijen	Biji	45-55	P
22.	Bidaro	Inti Biji	49-61	NP
23.	Bintaro	Biji	43-64	NP
24.	Cerakin/Kroton	Inti Biji	50-60	NP
25.	Labu Merah	Biji	35-38	P
26.	Mayang Batu	Inti Biji	45-55	P
27.	Nagasari (gede)	Biji	35-50	NP
28.	Pepaya	Biji	20-25	P
29.	Pulasan	Inti Biji	62-72	P
30.	Rambutan	Inti Biji	37-43	P
31.	Sirsak	Inti Biji	20-30	NP
32.	Srikaya	Biji	15-20	NP
33.	Kopi arab (okra)	Biji	16-33	NP
34.	Rosela	Biji	17	NP
35.	Kayu Manis	Biji	30	P
36.	Padi	Dedak	20	P
37.	Jagung	Germ	33	P

* P = Pangan

** NP = Non Pangan

Ketersediaan produksi bahan baku yang dapat digunakan sebagai pelengkap bahan bakar motor diesel di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Potensi bahan baku biodiesel sebagai suplemen/pelengkap bahan bakar motor diesel (Kuncahyo, dkk., 2013).

No.	Bahan Baku	Lahan Produksi	Pangan/ Non Pangan	Ketersediaan Produksi	Kemudahan Produksi	Faktor Ekonomi
1.	Minyak Jelantah	Perumahan & Perusahaan Makanan	Non Pangan	<i>Continue</i>	Pengumpulan dari Lahan Produksi	Tinggi
2.	Kelapa Sawit	Perkebunan	Pangan	Usia Produktif 30 tahun	Biji dan Daging Buah	Sedang
3.	Kelapa	Perkebunan	Non Pangan	Usia Produktif 50 tahun	Daging Buah	Sedang
4.	Jarak Pagar	Perkebunan (lahan kritis)	Non Pangan	Usia Produktif 50 tahun	Biji	Tinggi
5.	Karet	Perkebunan	Non Pangan	Usia Produktif 20 tahun	Biji	Tinggi
6.	Alga	Perairan Dangkal	Non Pangan	Tanaman Musiman (8Minggu)	Semua Bagian	Tinggi

Berdasarkan data pada Tabel 2.2 di atas, terlihat bahwa bahan baku yang paling optimal untuk dimanfaatkan adalah minyak jelantah. Minyak jelantah dapat diperoleh dari semua sisa penggorengan karena minyak tersebut bersifat limbah yang berkelanjutan.

2.1.2. Karakteristik Biodiesel

Karakteristik biodiesel diperlukan untuk mengetahui kandungan atau kualitas dari minyak biodiesel yang telah dibuat. Menurut (Havendri, 2008), karakteristik bahan bakar biodiesel yang perlu diketahui adalah sebagai berikut :

1. Berat jenis

Berat jenis (kerapatan) merupakan perbandingan antara massa bahan bakar per satuan volume. Faktor tersebut dapat diperoleh dengan membandingkan berat minyak biodiesel dan berat air dalam volume yang sama. Massa jenis biodiesel juga dapat diukur dengan menggunakan piknometer (Haryanto, dkk., 2015).

2. Viskositas

Dalam buku combustion yang ditulis oleh John Zink mengatakan viskositas adalah resistansi fluida untuk bergerak. Sebagian besar fluida (gas, minyak) adalah fluida Newtonian karena rasio yang diberikan konstan dan berpengaruh terhadap waktu, temperatur dan tekanan. Semakin tinggi temperatur, semakin rendah viskositas (mencadi lebih cair). Faktor penting pada aliran fluida adalah kuantitas dimensi yang disebut *Reynold Number*. *Reynold number* dirumuskan dengan :

$$Re = Dv/\mathfrak{S} \quad (2.1)$$

Dengan :

D = Diameter pipa (m)

v = Kecepatan fluida (m/s)

\mathfrak{S} = viskositas kinematik (m²/s)

Viskositas kinematik (v) bergantung pada densitas dan memiliki satuan stokes (0,001 m²/s), centistokes (stokes/100) dalam SSU (*Seconds Saybolt Universal*).

Viskositas dapat berpengaruh terhadap ruang bakar. Kerugian gesekan di dalam pipa, kerja pompa yang berat, dan kesulitan dalam penyaringan, serta bahan bakar yang sulit dikabutkan akibat kotoran yang ikut terendap dalam ruang bakar adalah beberapa kendala yang disebabkan oleh viskositas yang besar. Apabila viskositas bahan terlalu rendah, nozzle pada ruang bakar akan rusak akibat bahan bakar yang dikabutkan terlalu halus dan penetrasi ke ruang bakar rendah. Viskositas dapat diukur dengan *falling ball viscometer*, *ostwald viscometer*, dll.

3. Nilai kalor

Nilai kalor diperlukan untuk mengetahui besar panas atau suhu yang dihasilkan oleh nyala api dalam satuan cal/g.

4. Titik nyala

Titik nyala atau biasa disebut *flash point* adalah suhu terendah berupa uap yang cukup dikeluarkan untuk membentuk campuran yang akan terbakar ketika mengenai pemantik / sumber pengapian (Zink, Combustion Handbook). Jika *flash point* tinggi, maka bahan bakar lebih sulit untuk menguap dan bercampur dengan udara bebas untuk membentuk campuran yang dapat terbakar. Titik nyala juga diperlukan untuk keperluan keamanan dalam penggunaan minyak terhadap bahaya kebakaran (Siswani, 2012).

Karakteristik mutu bahan bakar biodiesel berdasarkan standar pengujian SNI 7182:2015 dapat dilihat pada tabel 2.3. berikut.

Tabel 2.4 Standar mutu biodiesel (SNI 7182:2015)

Parameter Uji	Satuan, min/maks	Persyaratan	Metode Uji
Densitas / massa jenis	kg/m ³ (40°C)	850 - 890	ASTM D 1298
Viskositas	cSt (40°C)	2,3 – 6,0	ASTM D 445
Nilai Kalor	Cal/g	-	-
<i>Flash point</i>	°C	Min. 100	ASTM D 3588

2.2. Minyak Jelantah

Minyak jelantah merupakan hasil sisa penggorengan yang pada umumnya tidak digunakan lagi. Beberapa alasan minyak jelantah dipilih sebagai bahan baku biodiesel adalah :

1. Minyak jelantah adalah limbah rumah tangga yang dapat merusak dan mencemari ekosistem lingkungan
2. Minyak jelantah mudah didapatkan, baik dari restoran, rumah ataupun *home industry*.
3. Bersifat *continue* dan produktif

4. Kandungan trigliserida yang berpotensi sebagai bahan baku biodiesel bersifat berbahaya dan menimbulkan kanker apabila tetap dikonsumsi (Haryanto, dkk., 2015).
5. Minyak jelantah bisa didapatkan dengan harga murah.
6. Minyak jelantah tersedia cukup melimpah.

Menurut pusat data dan sistem informasi pertanian, pada tahun 2012-2017, total penyediaan minyak sawit terus mengalami peningkatan rata – rata sebesar 22,13% per tahun yang dominan disebabkan oleh meningkatnya produksi minyak sawit nasional, meskipun ekspor minyak sawit cukup besar. Adapun data hasil perhitungan neraca penyediaan dan penggunaan minyak goreng sawit tahun 2012 – 2017 terdapat pada tabel 2.5. berikut.

Tabel 2.4 Data hasil perhitungan neraca penyediaan dan penggunaan minyak goreng sawit tahun 2013 – 2017.

Uraian	Tahun				
	2013	2014	2015	2016	2017
A).Penyediaan Minyak Sawit	7.269.589	6.386.101	4.610.023	10.470.225	8.423.290
- produksi (cpo)(ton)	27.782.001	29.278.189	31.070.015	33.229.381	35.359.381
- impor (ton)	65.561	299	7.572	2.658	5.034
- ekspor (ton)	20.577.976	22.892.387	26.467.564	22.761.814	26.941.128
B).Penggunaan Minyak Sawit (ton)	354.768	341.628	291.180	435.238	386.317
- bahan baku industri bukan makanan (ibs- bps) (ton)	181.025	189.000	181.000	185.000	185.000
- tercecce/ waste (2,39% dari a) (ton)	173.743	152.628	110.180	250.238	201.317
C).Minyak Sawit Tersedia untuk Diolah (A-B) (ton)	6.914.820	6.044.473	4.318.843	10.034.987	8.036.974
D).Penyediaan Minyak Goreng Sawit (CPO ke Minyak Goreng-68,28%) (ton)	4.721.439	4.127.166	2.948.906	6.851.889	5.487.646
E).Penggunaan Minyak Goreng Sawit (ton)	1.848.037	2.001.454	2.336.835	2.523.544	2.511.126

Tabel 2.4 Data hasil perhitungan neraca penyediaan dan penggunaan minyak goreng sawit tahun 2013 – 2017 lanjutan.

Uraian	Tahun				
	2013	2014	2015	2016	2017
- konsumsi rumah tangga (ton)	1.774.855	1.937.483	2.291.127	2.417.340	2.426.068
- tercecer/waste (1,55% dari d) (ton)	73.182	63.971	45.708	106.204	85.059
Neraca (D-E)	2.873.402	2.125.712	612.072	4.328.345	2.976.519
Keterangan					
- jumlah penduduk (jiwa)	248.818.100	252.164.800	255.461.700	258.705.000	261.890.900
- tingkat konsumsi kg/kapita/tahun (1 liter = 0,8kg)	7,13	7,68	8,97	9,34	9,26
- tingkat konsumsi liter / kapita/ tahun	8,92	9,60	11,21	11,68	11,58
Produksi CPO 2016 - Angka sementara, 2017 - etimasi produksi ditjen perkebunan					
Ekspor impor bersumber dari BPS diolah pusdatin untuk jumlah dari kode HS 1511					

Sumber : Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, 2017

Dari data di atas terlihat bahwa limbah minyak jelantah masih banyak dari tahun ke tahun. Dengan itu, semakin banyak masyarakat yang menggunakan minyak goreng semakin banyak pula limbah yang dihasilkan.

2.3 Perbandingan Harga Solar dan Biodiesel

Menurut Badan Pengatur Hilir (BPH) migas 2018, konsumsi bahan bakar minyak (BBM) sepanjang tahun 2018 sebesar 75 juta kilo liter (kl). Dari jumlah itu, PT Pertamina (Persero) mengelola sekitar 79% dari total kuota BBM nasional. Berdasarkan paparan perusahaan, kuota untuk subsidi solar diperkirakan mencapai 15,62 juta KL sampai akhir 2018. Adapun harga subsidi solar terbaru di Indonesia yaitu pada tanggal 22 Oktober 2018, PT. Pertamina (Persero) menyesuaikan harga BBM sebagai berikut.

Detail harga sebelum dan sesudah penyesuaian di wilayah Jawa Timur dapat dilihat melalui tabel berikut:

Bahan Bakar	Jawa Timur		Bali		Nusa Tenggara Barat*		Nusa Tenggara Timur	
	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah
Premium	Rp6550	Rp6550	Rp6550	Rp6550	Rp6550	Rp6550	Rp6550	Rp6550
Pertalite	Rp7800	Rp7800	Rp7800	Rp7800	Rp7800	Rp7800	Rp7800	Rp7800
Pertamax	Rp9500	Rp10.400	Rp9500	Rp10.400	Rp9500	Rp9500	Rp9500	Rp10.400
Pertamax Turbo	Rp10.700	Rp12.250	Rp10.700	Rp12.250	Rp10.700	Rp10.700	Rp10.700	Rp12.250
Pertamax Racing	Rp43.500	Rp43.500	Rp43.500	Rp43.500	-	-	-	-
Solar	Rp5150	Rp5150	Rp5150	Rp5150	Rp5150	Rp5150	Rp5150	Rp5150
Dexlite	Rp9000	Rp10.500	Rp9000	Rp10.500	Rp9000	Rp9000	Rp9000	Rp10.500
Pertamina Dex	Rp10.500	Rp11.850	Rp10.500	Rp11.850	Rp10.500	Rp10.500	Rp10.500	Rp11.850
Biosolar Non PSO	Rp7800	Rp9900	Rp7900	Rp10.000	Rp7900	Rp7900	Rp8000	Rp10.100

*Tidak ada penyesuaian harga di NTB mengingat kondisi sedang dalam tahap pemulihan pasca bencana

*Harga BBM per Liter

Gambar 2.1 Harga solar di Indonesia

Maka *cost* (biaya) yang diperoleh untuk penggunaan solar di Indonesia adalah sebagai berikut.

$$15,62 \text{ kl} = \text{Rp. } 15.620 \text{ liter} \times \text{Rp. } 5.150 \\ = \text{Rp. } 80.443.000$$

Maka, dapat diperkirakan biaya yang dihabiskan untuk kebutuhan solar di Indonesia adalah Rp. 80.443.000 pada tahun 2018 dan diperkirakan kebutuhan solar di Indonesia akan terus meningkat hingga tahun – tahun mendatang.



Gambar 2.2 Ketersediaan minyak jelantah

Harga bahan baku biodiesel minyak jelantah di Indonesia dapat diperoleh secara gratis dari pengumpulan minyak jelantah dari setiap wilayah ataupun dengan cara membeli dalam skala yang cukup besar. Produksi biodiesel pada penelitian ini dapat diproses dengan reaksi transesterifikasi, yaitu dengan mencampurkan bahan baku dengan metanol 25% dan katalis 1,5% dari bahan baku. Rincian pembuatan biodiesel minyak jelantah per – liter nya adalah ebagai berikut.

Tabel 2.5 Rincian harga bahan pembuatan biodiesel minyak jelantah

Bahan	Satuan	Harga
Minyak Jelantah	18 liter	Rp. 85.000
	1 liter	Rp. 4.722
Metanol	1 liter	Rp. 17.000
	250 mL	Rp. 4.250
KOH	1 kg	Rp. 27.500
	15 gr	Rp. 412,5

Maka total produksi biodiesel dalam 1 liter adalah :

$$\text{Rp. } 4.722 + \text{Rp. } 4.250 + \text{Rp. } 412,5 = \text{Rp. } 9.384,5$$

Sehingga dapat disimpulkan bahwa perhitungan biaya produksi biodiesel minyak jelantah per liter nya lebih mahal dibandingkan dengan solar subsidi, namun apabila dibandingkan dengan harga solar non subsidi berdasarkan ketentuan PT. Pertamina (Persero) yaitu sebesar Rp. 9.900, maka *cost* atau biaya pembuatan biodiesel minyak jelantah masih lebih rendah daripada solar non subsidi yang digunakan di industri.

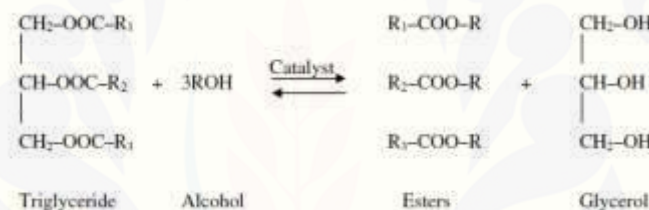
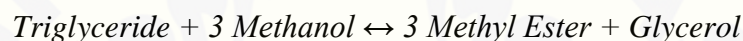
2.4 Proses Pembuatan Biodiesel

Biodiesel dapat diproduksi melalui reaksi transesterifikasi. Trnsesterifikasi trigliserida tergantung dari kualitas minyak nabari sebagai bahan baku. Reaksi transesterifikasi digunakan untuk bahan baku minyak nabati dengan kandungan FFA rendah.

2.4.1 Transesterifikasi

Reaksi transesterifikasi adalah reaksi yang paling banyak digunakan pada proses pembuatan biodiesel. Kandungan trigliserida pada minyak jelantah direaksikan dengan alkohol dan ditambah katalis untuk mempercepat reaksi tersebut sehingga menjadi biodiesel sebagai bahan bakar alternatif pengganti solar (Manurung, 2006). Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi reaksi transesterifikasi adalah jenis katalis (Haryanto, dkk., 2015). Waktu dan suhu reaksi juga berpengaruh, namun tidak memberikan perbedaan yang signifikan (Siswani, 2012).

Reaksi kimia transesterifikasi akan menghasilkan metil ester dan gliserol. Berikut reaksi kimia transesterifikasi menurut (Berrios, dkk., 2010).



Gambar 2.3 Reaksi kimia transesterifikasi.

Biodiesel dari limbah minyak goreng, dapat diproduksi dengan metode reaksi transesterifikasi saja (KA Abed, dkk., 2018). Pada penelitiannya, metode tersebut dilakukan dengan beberapa tahapan sebagai berikut :

1. Pemanasan dan pencampuran limbah minyak goreng hingga suhu 65°C. Natrium Hidroksida (NaOH) sebanyak 1% dari minyak jelantah digunakan sebagai katalis yang dilarutkan dalam larutan metanol dengan rasio 6 : 1 terhadap limbah minyak goreng. Reaksi tersebut dilakukan selama 90 menit. Berdasarkan hasil penelitian (Andalia, 2017), menunjukkan bahwa katalis terbaik dilihat dari segi kualitas, harga dan kecepatan reaksi yaitu katalis KOH dengan nilai keseluruhan composite weight 0.472 dan dari hasil pembuatan biodiesel didapati nilai FFA sebesar 0,3072%, angka asam sebesar 0,02244, densitas 0,8945, viskositas 4,5684 cst, dan konversi tertinggi yaitu 95,6%. Penelitian (Sahar, dkk.,

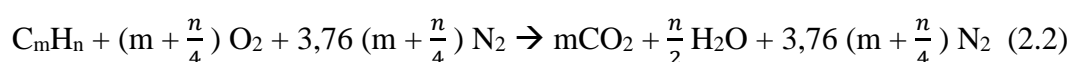
2017) mengenai teknik yang paling efisien untuk merubah limbah minyak jelantah menjadi biodiesel menyimpulkan bahwa biodiesel 94% FAME dapat diperoleh dari reaksi transesterifikasi dengan rasio 1: 3 metanol terhadap minyak, 1% dosis katalis KOH dan suhu reaksi 60 °C.

2. Penuangan hasil reaksi ke dalam corong pemisah agar gliserol terpisah dengan metil ester (biodiesel). Pada penelitian (Hambali, 2007), pemisahan metil ester dan gliserol dilakukan dengan cara didiamkan hingga campuran hasil reaksi terpisah dengan sendirinya. Metil ester tersebut disebut dengan *crude biodiesel* karena masih mengandung zat pengotor seperti sisa metanol, sisa katalis, gliserol dan sabun.
3. Biodiesel dicuci sebanyak tiga kali menggunakan campuran air hangat dengan asam 5%. Metanol, katalis, dan air dipisahkan dari biodiesel menggunakan rotary evaporator pada suhu 80°C, kemudian biodiesel tersebut dipanaskan pada suhu 100°C.

Setelah dilakukan reaksi transesterifikasi, biodiesel dapat dicampur dengan minyak solar dari beberapa komposisi yaitu 10, 20, dan 30% dari volume solar untuk diuji pembakarannya.

2.5 Reaksi Pembakaran

Reaksi pembakaran merupakan timbulnya nyala api dan energi panas yang dihasilkan dari reaksi kimia antara bahan bakar dan oksidator. Reaksi tersebut juga disebut sebagai reaksi oksidasi atau proses oksidasi eksotermis karena menghasilkan panas. Bahan bakar merupakan segala substansi yang mengandung unsur – unsur karbon (C), hidrogen (H), Oksigen (O), nitrogen (N) dan sulfur (S) yang nantinya akan melepaskan panas ketika dioksidasi, sedangkan oksidator adalah segala substansi yang mengandung oksigen yang akan bereaksi dengan bahan bakar. Jika oksigen diperoleh dari udara kering, di mana udara terdiri dari 21% oksigen dan 78% nitrogen, maka reaksi stoikiometrik pembakaran hidrokarbon murni C_mH_n dapat ditulis dengan persamaan (Nugroho, 2018)



2.6 Kecepatan Pembakaran

Menurut (Mahandari, 2010) kecepatan pembakaran didefinisikan sebagai kecepatan lokal dari campuran reaktan yang tegak lurus terhadap daerah reaksi. Nilai kecepatan pembakaran dipengaruhi oleh nilai *flash point* yang dimiliki bahan bakar. Semakin tinggi nilai *flash point*, maka semakin sulit bahan bakar untuk terbakar. Kecepatan pembakaran reaktan dapat didefinisikan dengan rumus berikut.

$$S_u = Q_f / A_{ff} \quad (2.3)$$

Dengan :

Q_f = Laju aliran volume (m^3/s)

A_{ff} = Luas permukaan *flame front* (m^2)

S_u = Kecepatan reaktan (m/s)

Kecepatan reaktan dalam konteks pembakaran difusi pada penelitian ini adalah kecepatan uap yang dihasilkan oleh bahan bakar untuk dapat terbakar apabila disulutkan api. Hal tersebut berhubungan dengan banyaknya volume uap yang dihasilkan oleh bahan bakar. Volume uap bahan bakar dapat diperoleh menggunakan persamaan teori gas ideal sebagai berikut.

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T \quad (2.4)$$

Dengan :

P = Tekanan udara (1 atm)

V = Volume uap bahan bakar (m^3/s)

n = molekul bahan bakar (mol)

R = Konstanta gas relatif (0,082 L atm/mol K)

T = Temperatur uap (K)

Debit uap bahan bakar dapat diperoleh melalui persamaan volume uap per satuan waktu.

$$Q = V/t \quad (2.5)$$

Dengan :

V = Volume uap (ml/s)

T = Sekon (s)

Untuk kecepatan laminer pembakaran berdasarkan penelitian dari (Wirawan, dkk., 2014), dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$S_L = v \cdot \sin \alpha \quad (2.6)$$

Dengan :

S_L = Kecepatan pembakaran (cm/s)

v = Kecepatan uap bahan bakar (cm/s)

α = Sudut nyala api

2.7 Nyala Api

Nyala api dapat dikategorikan dalam beberapa aspek tergantung dari kondisinya. Menurut (Mahandari 2010), nyala api diklasifikasikan sebagai berikut.

1. Nyala api berdasarkan kondisi oksidator dan bahan bakar mencapai daerah reaksi nyala
 - a. Nyala non premix (difusi)
 - b. Nyala partially premix
 - c. Nyala fully premix
2. Nyala api berdasarkan karakteristik aliran reaktan yang masuk
 - a. Nyala laminer
 - b. Nyala turbulen

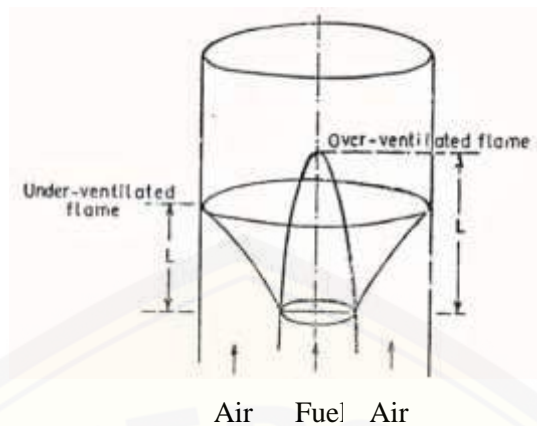
2.7.1 Nyala Api Non Premix (Difusi)

Menurut (Nugroho, 2018), nyala api dibagi menjadi dua jenis, yaitu difusi dan premix. Perbedaan antar keduanya terletak pada kapan terjadinya pencampuran antara bahan bakar dan udara. Nyala api difusi merupakan nyala api yang terjadi dimana bahan bakar dan oksidator tidak dicampur terlebih dahulu, melainkan bahan bakar dan oksidator bercampur pada saat keluar dari ujung burner. Nyala api premix adalah terjadinya nyala api yang disebabkan oleh bahan bakar dan oksigen yang bercampur terlebih dahulu sebelum keluar dari ujung burner, kemudian dari ujung burner itulah campuran tersebut dinyalakan. Contoh penggunaan nyala api difusi adalah pada boiler dan mesin diesel, sedangkan nyala api premix adalah pada mesin bensin. Di dalam nyala api difusi ketika gas bercampur dan dialirkan ke atas, partikel gas akan mengalir ke sisi bagian luar, sedangkan partikel oksidator akan mengalir ke sisi bagian dalam. Nyala api difusi memiliki karakteristik yang berbeda dengan nyala api premix. Beberapa perbedaan antar keduanya dapat dilihat pada Tabel 2.6

Tabel 2.6 Perbedaan karakteristik nyala api difusi dan premix (Nugroho, 2018).

Nyala Api Difusi	Nyala Api Premix
Laju pembakaran ditentukan oleh laju dimana bahan bakar dan oksidator dialirkan dalam ukuran yang tepat untuk bereaksi	Laju pembakaran ditentukan oleh laju pelepasan energi dan laju reaksi oksidasi yang telah tercampur sebelumnya antara bahan bakar dan oksidator
Reaksi pembakaran biasanya terjadi pada daerah temperatur maksimum Laju konsumsi oksidator per bagian volume seribu kali lebih sedikit daripada nyala api premiks	Reaksi pembakaran terjadi sebelum daerah temperatur maksimum Laju konsumsi oksidator per bagian volume seribu kali lebih besar daripada nyala api difusi.

Bentuk nyala api difusi tergantung dari apakah aliran udara memiliki lebih banyak oksigen (*over-ventilated*) atau kekurangan oksigen (*under-ventilated*) untuk kebutuhan reaksi pembakaran yang sempurna dengan bahan bakar. Bentuk dari flame front dari kondisi tersebut, yaitu seperti gambar berikut.

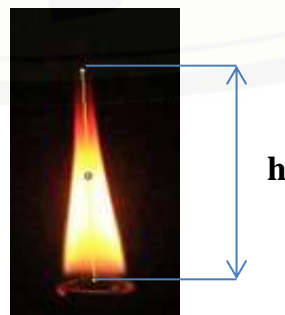


Gambar 2.4 *Over-ventilated* dan *under-ventilated* pada nyala api difusi.

Di dalam nyala api *over-ventilated*, batas api menuju ke sumbu axis silinder, sedangkan pada nyala api *under ventilated* batas api bergerak menuju dinding luar silinder. Beberapa bentuk nyala api dapat terjadi di antara dua batas tersebut, yaitu dengan merubah rasio bahan bakar dan udara, biasanya dengan menambah atau mengurangi jumlah aliran bahan bakar atau udara pada flowmeter. Untuk nyala api difusi, batas nyala api didefinisikan sebagai permukaan (*surface*) ketika reaksi pembakaran telah sempurna, yaitu terjadi pada keadaan rasio stoikiometri.

2.7.2 Tinggi Nyala Api Difusi

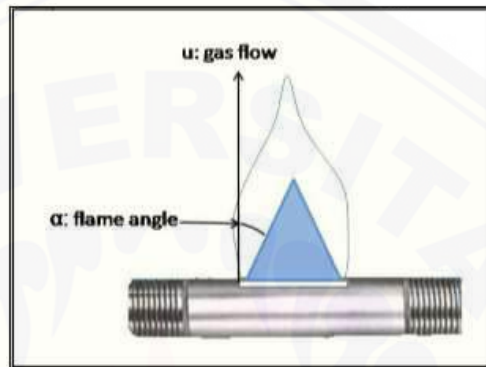
Tinggi nyala api adalah salah satu karakteristik pembakaran yang penting untuk kita dapat mengetahui karakteristik bahan bakar proses pembakaran yang terjadi pada setiap bahan bakar. Tinggi nyala api dapat dianalisis menggunakan *software image-J* dengan menarik garis tegak lurus terhadap permukaan api seperti berikut.



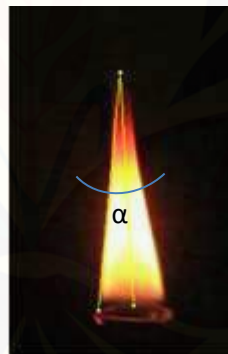
Gambar 2.5 Pengukuran tinggi nyala api difusi pada *software image-J*

2.7.3 Sudut Nyala Api Difusi

Sudut nyala api adalah salah satu parameter yang penting untuk kita ukur agar dapat menghitung kecepatan pembakaran (S_L) yang terjadi pada pembakaran difusi. Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan oleh (Buffam, dkk., 2008) mengenai kecepatan campuran gas metana, pengukuran sudut dapat dilakukan seperti pada Gambar 2.6.



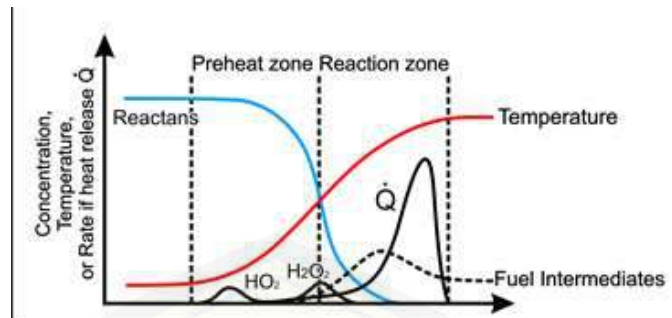
Gambar 2.6 Pengukuran sudut nyala api



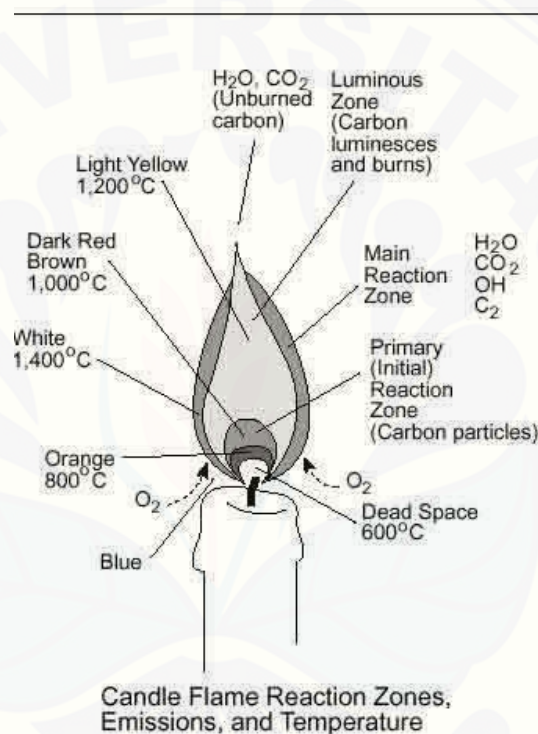
Gambar 2.7 Pengukuran sudut nyala api difusi pada software image-J

2.8 Distribusi Temperatur

Temperatur nyala api merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar (Komariah, dkk., 2013). Pada saat bahan bakar menguap, uap bahan bakar kemudian disulutkan api. Pengapian diperlukan untuk memberikan sejumlah energi dalam bentuk yang sesuai, sehingga dapat menilai suatu proses pembakaran, kemudian akan terjadi penjaralan (*propagation*) ke campuran sebagai suatu nyala (*flame*) (Herlambang, 2012).



Gambar 2.7 Nyala api laminar



Gambar 2.8 Zona nyala api, emisi dan temperatur nyala api pada lilin

Pada gambar diatas terlihat bahwa nyala api terdiri dari 3 daerah (Herlambang, 2012), yaitu :

a. Zona *pre-heat*

Daerah *pre-heat* adalah daerah dimana temperatur gas yang tidak terbakar meningkat hingga nilai tertentu (berubah –ubah) dengan sedikit panas yang dilepaskan.

b. Zona reaksi

Daerah dimana pembakaran berlangsung dengan sebagian besar energi kimia dilepaskan.

c. Zona *Post-flame*

Daerah dengan temperatur yang tinggi dan pengkombinasian ulang menuju keseimbangan setempat.

2.9 Penelitian Terdahulu

Penelitian – penelitian yang telah dilakukan sebelumnya mengenai karakteristik pembakaran difusi adalah sebagai berikut :

- a. Penelitian (Chen, 2008) yang berjudul *Characteristics of liquid ethanol diffusion flames from mini tube nozzles* meneliti tentang karakteristik pembakaran difusi etanol menggunakan mini glasstube dan variasi debit aliran bahan bakar. Karakteristik tersebut meliputi kestabilan api, api eksplosif, penguapan *interface*, ketinggian api, lebar api dan karakteristik fundamental bahan peledak api. Hasil menunjukkan bahwa semakin bertambahnya debit jarak interface penguapan semakin mendekati tabung dengan perolehan gradien suhu yang semakin meningkat, hal tersebut juga sebanding dengan lebar nyala api.
- b. Pada penelitian (Sasongko, 2018) yang berjudul Pengaruh Prosentase Minyak Goreng Terhadap Karakteristik Pembakaran Droplet Biodiesel meneliti tentang karakteristik pembakaran meliputi, tinggi, temperatur, dan kecepatan nyala api droplet. Hasil menunjukkan bahwa semakin bertambahnya kandungan minyak jelantah, semakin rendah kecepatan pembakarannya, namun hal tersebut berbanding terbalik dengan tinggi api. Semakin besar kandungan minyak jelantah dibawah 50%, semakin tinggi temperatur nyala api, sedangkan temperatur kandungan biodiesel dari 50%- 100% menunjukkan temperatur yang relatif konstan.
- c. Pada penelitian (Banjari, dkk., 2015) yang berjudul Karakteristik pembakaran difusi campuran biodiesel minyak jarak pagar dengan etanol dan metanol pada mini *glasstube* meneliti tentang tinggi, kestabilan nyala

api dan jarak *interface* penguapan. Hasil menunjukkan bahwa kestabilan nyala api dengan bahan bakar biodiesel-metanol jauh lebih baik dibandingkan biodiesel-etanol. Semakin jauh jarak interface penguapan bahan bakar pada mini glasstube, maka nyala api dapat berlangsung lebih stabil.

- d. Pada penelitian (Faizal, dkk., 2016) yang berjudul Pengaruh variasi lip Thickness pada Nozzle terpacung terhadap karakteristik api pembakaran difusi concentric jet flow meneliti tentang distribusi temperatur dan kestabilan nyala api. Penelitian ini memvariasikan diameter nozzle yang digunakan. Hasil menunjukkan bahwa semakin kecil lip thickness pada nozzle terpacung mengakibatkan kestabilan dan temperatur nyala api difusi concentric jet flow semakin meningkat. Semakin tinggi kecepatan udara, nyala api yang dihasilkan semakin pendek dan melebar.

Berdasarkan penelitian – penelitian sebelumnya, belum dilakukan penelitian mengenai karakteristik pembakaran difusi campuran bahan bakar solar dengan biodiesel minyak jelantah yang meliputi kecepatan pembakaran laminar, distribusi temperatur, dan tinggi nyala api dengan menggunakan mini *glasstube* dengan posisi heater yang berbeda dan perlakuan suhu yang tetap. Maka dari itu peneliti melakukan penelitian tersebut guna mengetahui fenomena apa saja yang terjadi pada saat proses pembakaran berlangsung pada setiap campuran bahan bakar serta untuk mengetahui konsumsi bahan bakar yang paling efektif pada pembakaran eksternal.

2.10 Hipotesis

Berdasarkan tinjauan pustaka dan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, maka dapat diambil hipotesis bahwa :

- a. Semakin tinggi kandungan biodiesel minyak jelantah pada campuran biosolar, semakin tinggi nyala api dan temperatur maksimum yang dihasilkan.
- b. Kecepatan pembakaran akan semakin rendah seiring dengan penambahan biodiesel dalam campuran biosolar

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode experimental. Metode ini digunakan untuk menguji karakteristik pembakaran campuran biosolar dan biodiesel dengan komposisi B0 (100% biosolar), B10 (90% biosolar dan 10% biodiesel), B20 (80% biosolar dan 20% biodiesel), B30 (70% biosolar dan 30% biodiesel) serta B100 (100% biodiesel). Biosolar yang digunakan pada penelitian ini merupakan bahan bakar solar murni (80%) yang telah dicampur dengan biodiesel minyak kelapa sawit (20%), sedangkan biodiesel pada penelitian ini adalah biodiesel yang berasal dari minyak jelantah.

Bahan bakar campuran biodiesel dan biosolar dapat digunakan sebagai bahan bakar pada kompor rumah tangga atau industri bertenaga diesel yang akan diuji dengan pembakaran difusi. Pengujian pembakaran difusi ini dilakukan dengan menggunakan sebuah *mini glass tube* yang bertujuan untuk mengetahui dan membandingkan karakteristik pembakaran meliputi warna dan tinggi nyala api, kecepatan pembakaran dari masing – masing komposisi dengan perbedaan temperatur nyala api, sehingga diperoleh perbedaan karakteristik pembakaran dari setiap komposisi.

3.2. Waktu dan Tempat Penelitian

3.2.1. Tempat Penelitian

1. Pembuatan Bahan dan Alat

Proses pembuatan biodiesel minyak jelantah dan pembuatan alat uji pembakaran difusi dilakukan di Laboratorium Konversi Energi 1 Universitas Jember, Jalan Slamet riyadi No. 36 Patrang Jember.

2. Pengujian Karakteristik Kandungan Biodiesel

Pengujian karakteristik kandungan biodiesel dilakukan di Laboratorium Motor Bakar, Universitas Brawijaya Malang dan Laboratorium Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Jember.

3.2.2. Waktu Penelitian

Penelitian pembuatan bahan dan alat serta pengujian karakteristik pembakaran dilakukan selama lima bulan yaitu dari bulan Oktober hingga Maret.

3.3. Alat dan Bahan

3.3.1. Pembuatan Biodiesel.

a. Alat

- | | |
|---------------------------|----------------------------|
| 1) <i>Magnetic Stirer</i> | 7) Timer |
| 2) Heater | 8) Termometer Raksa |
| 3) Panci | 9) Neraca Digital |
| 4) Gelas Ukur | 10) Batang Pengaduk |
| 5) Gelas Beker | 11) Kompor |
| 6) Buret | 12) Botol Penyimpan Minyak |

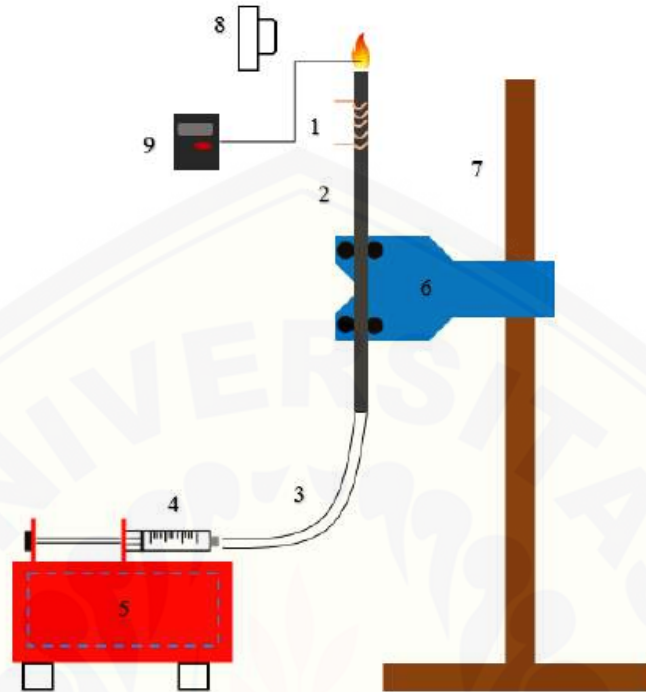
b. Bahan

- 1) Minyak Jelantah
- 2) Kalium Hidroksida (KOH)
- 3) Methanol
- 4) Air
- 5) Cuka (CH_3COOH)

3.3.2. Pembuatan Alat Pengujian Karakteristik Pembakaran

Pembuatan alat ini digunakan untuk menguji karakteristik pembakaran difusi, alat ini menggunakan *mini glass tube* sebagai burner yang digunakan oleh (Banjari, dkk., 2015) dalam penelitiannya tentang “Karakteristik Pembakaran Difusi Campuran Biodiesel Minyak Jarak Pagar (*Jathropa Curcas L*) - Etanol/Metanol Pada Mini Glass Tube”. Berikut adalah alat dan bahan yang digunakan.

a. Alat



Gambar 3.1 Desain alat uji pembakaran difusi.

Keterangan :

- 1) *Heater*
- 2) *Mini Glass Tube Burner*
- 3) Selang Silikon
- 4) *Syringe Injection*
- 5) *Syringe Pump*
- 6) Clam penjepit
- 7) Batang Penyangga
- 8) Kamera
- 9) Termokopel

b. Bahan

- 1) Korek Api
- 2) Kawat Kantal
- 3) Selang silikon
- 4) Bahan bakar B0, B10, B20, B30, B100

3.4. Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah sesuatu yang dapat ditetapkan ataupun diubah oleh peneliti untuk diketahui dan dipelajari sehingga dapat diperoleh informasi dan pengaruhnya bagi penelitian baik secara teoritis dan aktual. Beberapa variabel yang digunakan dalam penelitian adalah variabel bebas, terikat dan kontrol. Berikut penjelasan dari masing – masing variabel penelitian.

3.4.1. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel atau perlakuan yang bebas ditentukan oleh peneliti dan dapat menyebabkan terjadinya variabel terikat. Variabel bebas yang ditentukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Percampuran bahan bakar biosolar dan biodiesel dengan komposisi B0, B10, B20, B30, B100.
- b. Debit bahan bakar 2 ml/h, 4 ml/h dan 6ml/h

3.4.2. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel hasil yang dapat dicari dan dihitung visual atau nilainya. Variabel ini dapat diperoleh akibat adanya variabel bebas. Variabel terikat yang akan diperoleh dari penelitian ini adalah analisa data hasil pembakaran yang meliputi :

- a. Tinggi dan sudut api
- b. Distribusi temperatur nyala api
- c. Kecepatan bahan bakar

3.4.3. Variabel Kontrol

Variabel kontrol adalah variabel atau perlakuan tetap atau sama yang diberikan pada setiap pengujian penelitian. Variabel kontrol yang digunakan pada penelitian ini adalah suhu yang diberikan oleh heater pada glass tube, yaitu 200°C.

3.5. Pengamatan yang Dilakukan

Pengamatan yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah :

1. Tinggi dan sudut api
2. Distribusi temperatur nyala api dari masing – masing komposisi
3. Kecepatan bahan bakar

3.6. Tahap Penelitian

Proses penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh campuran biosolar dengan biodiesel minyak jelantah terhadap fenomena atau karakteristik yang terjadi pada saat proses pembakaran. Data Karakteristik pembakaran dapat diperoleh dengan melakukan beberapa tahapan sebagai berikut.

3.6.1. Tahap Penyiapan Biodiesel Minyak Jelantah

Biodiesel minyak jelantah diperoleh dengan pembuatan biodiesel yang dilakukan di laboratorium konversi energi 1, Fakultas Teknik, Universitas Jember. Biodiesel diperoleh melalui reaksi transesterifikasi. Setelah pembuatan biodiesel, bahan bakar dibuat dengan mencampurkan solar dan biodiesel dengan komposisi B0, B10, B20, B30 dan B100. Biodiesel yang dibutuhkan adalah sekitar 500 ml untuk dapat diuji karakteristik biodiesel, campuran biodiesel serta karakteristik pembakarannya.

3.6.2. Tahap Pengujian Karakteristik Biodiesel.

Karakteristik biodiesel yang diuji ada 4 yaitu massa jenis, viskositas, nilai kalor dan *flash point* / titik nyala api. Dari pengujian tersebut dapat diketahui bahwa biodiesel telah memenuhi standar sebagaimana tercantum dalam SNI 7182 : 2015) atau tidak memenuhi standar.

3.6.3. Tahap Pembuatan Alat Uji Karakteristik Pembakaran

Proses pembuatan alat diawali dengan mempersiapkan alat membuat sekaligus menghubungkan alat. Berikut langkah – langkah pembuatan alat penelitian pembakaran difusi.

- a. Menyiapkan alat dan bahan yang digunakan.
- b. Melilit kawat kantal sepanjang 50 mm pada mini *glass tube* dengan panjang 200 mm dan diameter luar 6,5 mm yang berguna sebagai heater bahan bakar.
- c. Menyambungkan heater pada aliran listrik hingga suhu mencapai 200°C
- d. Menghubungkan mini *glass tube* dan heater pada tiang penyangga menggunakan klem.

- e. Termokopel ditempelkan pada penggaris sebanyak 4 titik untuk mengetahui suhu dari 4 daerah nyala api dari bentuk visual nyala api yang timbul.
- f. Mengatur variasi debit yang akan diinjeksikan oleh *syringe pump*.
- g. Menghubungkan selang silikon dari *syringe pump* menuju *mini glass tube* sebagai media untuk mengalirkan bahan bakar.
- h. Menyiapkan kamera yang diletakkan pada tripod untuk mengambil bentuk dan warna nyala api yang stabil secara visual dengan posisi yang tepat.

3.6.4. Tahap Pengujian Karakteristik Pembakaran

Tahapan pengujian yang perlu dilakukan untuk mendapatkan nilai dan analisa karakteristik pembakaran adalah sebagai berikut.

- a. Melakukan uji coba penggunaan heater sebagai pemanas agar dapat berfungsi sebagaimana mestinya.
- b. Memasukkan bahan bakar B0, B10, B20, B30 dan B100 secara bergantian pada spet/suntikan pada *syringe pump*.
- c. Menekan tombol start pada *syringe pump* untuk mengalirkan bahan bakar melalui selang silikon sesuai dengan debit yang telah diatur.
- d. Menghitung kecepatan bahan bakar dari debit yang diberikan pada masing – masing komposisi biodiesel.
- e. Bahan bakar yang memasuki *mini glass tube burner* dipanaskan dengan heater pada suhu 200°C .
- f. Setelah suhu heater mencapai 200°C, api disulutkan pada ujung *mini glass tube burner* hingga menimbulkan nyala api difusi.
- g. Pengambilan gambar dilakukan sebanyak 5 kali hingga diperoleh nyala api yang stabil.
- h. Mengukur tinggi api dan sudut api menggunakan software *ImageJ*.
- i. Menghitung kecepatan pembakaran difusi.
- j. Menganalisa gambar visual yang dipilih.
- k. Pengambilan data distribusi temperatur dari termokopel dilakukan secara terpisah dengan visualisasi nyala api agar tidak merusak struktur nyala api.

3.7. Pengambilan dan Pengolahan Data

Adapun data yang dikumpulkan dan diolah adalah data dari karakteristik bahan bakarnya dan hasil uji pembakaran difusi.

- a. Data yang diambil dari pengujian karakteristik bahan bakar ada 4 yaitu terdapat pada tabel 3.2. berikut.

Tabel 3.2 Data karakteristik bahan bakar B100.

Parameter Uji Biodiesel B100	Satuan	Nilai Uji
Densitas / massa jenis (ρ)	gr/ml (40°C)	
Viskositas (ν)	cst (40°C)	
Nilai Kalor	kal/gr	
<i>Flash point</i>	°C	

- b. Data yang diambil dari pengujian pembakaran difusi adalah sebagai berikut.

- 1) Pengambilan data tinggi nyala api

Tabel 3.3 Data tinggi nyala api pada debit 2ml/h

Tinggi Nyala Api (mm)	Biosolar	B10	B20	B30	B100
Percob 1					
Percob 2					
Percob 3					
Percob 4					
Percob 5					
Tinggi rata-rata					

Tabel 3.4 Data tinggi nyala api pada debit 4ml/h

Tinggi Nyala Api (mm)	Biosolar	B10	B20	B30	B100
Percob 1					
Percob 2					
Percob 3					
Percob 4					
Percob 5					
Tinggi rata-rata					

Tabel 3.5 Data tinggi nyala api pada debit 6 ml/h

Tinggi Nyala Api (mm)	Biosolar	B10	B20	B30	B100
Percob 1					
Percob 2					
Percob 3					
Percob 4					
Percob 5					
Tinggi rata-rata					

1. Pengambilan data distribusi temperatur nyala api.

Data yang diambil adalah suhu dari 4 titik nyala api dari masing – masing komposisi biodiesel yang tertangkap oleh termokopel. Data berikut disajikan dengan format yang sama untuk debit 2 ml/h, 4 ml/h dan 6 ml/h.

Tabel 3.6 Pengujian distribusi temperatur biosolar

Pengujian Distribusi Temperatur bahan bakar biosolar (°C)	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4
Percobaan 1				
Percobaan 2				
Percobaan 3				
Percobaan 4				
Percobaan 5				
T rata – rata				

Tabel 3.7 Pengujian distribusi temperatur B10

Pengujian Distribusi Temperatur bahan bakar B10 (°C)	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4
Percobaan 1				
Percobaan 2				
Percobaan 3				
Percobaan 4				
Percobaan 5				
T rata – rata				

Tabel 3.8 Pengujian distribusi temperatur B20

Pengujian Distribusi Temperatur bahan bakar B20 (°C)	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4
Percobaan 1				
Percobaan 2				
Percobaan 3				
Percobaan 4				
Percobaan 5				
T rata – rata				

Tabel 3.9 Pengujian distribusi temperatur B30

Pengujian Distribusi Temperatur bahan bakar B30 (°C)	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4
Percobaan 1				
Percobaan 2				
Percobaan 3				
Percobaan 4				
Percobaan 5				
T rata – rata				

Tabel 3.10 Pengujian distribusi temperatur B100

Pengujian Distribusi Temperatur bahan bakar B100 (°C)	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4
Percobaan 1				
Percobaan 2				
Percobaan 3				
Percobaan 4				
Percobaan 5				
T rata – rata				

Tabel 3.11. Pengujian distribusi temperatur

Pengujian Distribusi Temperatur rata - rata	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4
Biosolar				
B10				
B20				
B30				
B100				

2. Pengambilan data kecepatan bahan bakar

Kecepatan bahan bakar dapat diperoleh dari perbandingan setiap debit bahan bakar pada saat proses pengujian dilakukan dengan luas permukaan *mini glass tube*.

$$Q = A \times v \quad (3.1)$$

Dengan :

Q = Debit bahan bakar (ml/h)

A = Luas permukaan *mini glass tube burner* (m²)

v = Kecepatan uap bahan bakar (m/s)

Debit dapat diatur pada *syringe pump* atau dapat diperoleh dengan perbandingan volume uap bahan bakar yang mengalir melewati selang per satuan waktu.

$$Q = \frac{V}{t} \quad (3.2)$$

Dengan :

Q = debit uap bahan bakar

V = volume uap bahan bakar

t = waktu bahan bakar mengalir

Volume uap dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan teori gas ideal pada persamaan (2.2) diatas yaitu :

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T \quad (3.3)$$

Dengan :

P = Tekanan udara (1 atm)

V = Volume uap bahan bakar (m^3/s)

n = molekul bahan bakar (mol)

R = Konstanta gas relatif (0,082 L atm/mol K)

T = Temperatur uap (K)

Setelah mengamati kecepatan bahan bakar, nyala api akan timbul setelah terjadinya penguapan dan peyulutan api pada *glass tube*. Tinggi nyala api dapat diamati dan sudut api dapat ditentukan menggunakan software *ImageJ*. Karena aliran bahan bakar konstan dan uniform, serta nyala api yang diambil adalah nyala api yang stabil dan identik dengan nyala laminar, kecepatan pembakaran difusi dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$S_L = v \cdot \sin \alpha \quad (3.4)$$

Dengan :

S_L = Kecepatan pembakaran (mm/s)

V = Kecepatan bahan bakar (mm/s)

α = Sudut nyala api ($^\circ$)

Tabel 3.12. berikut ini merupakan tabel yang akan disajikan pada penelitian kecepatan pembakaran.

Tabel 3.12. Data kecepatan pembakaran pada debit 2 ml/h

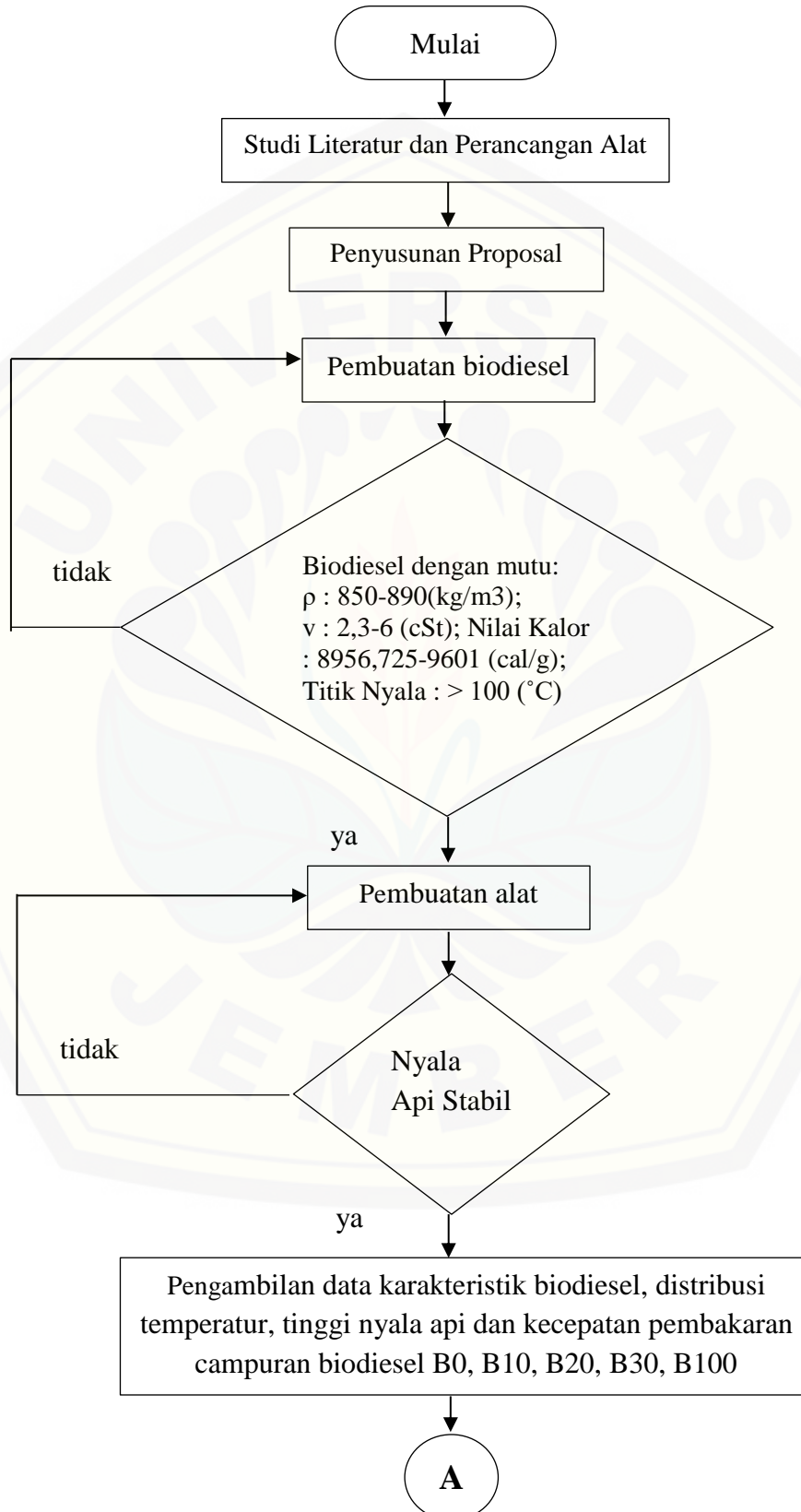
Pengujian	Sudut (α)	Kecepatan bahan bakar (v)	Kecepatan pembakaran (SL)
Biosolar			
B10			
B20			
B30			
B100			

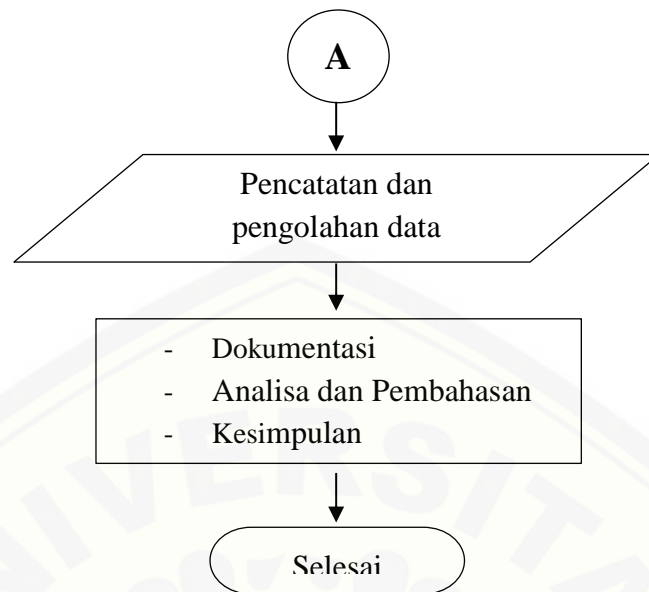
Tabel 3.13. Data kecepatan pembakaran pada debit 4 ml/h

Pengujian	Sudut (α)	Kecepatan bahan bakar (v)	Kecepatan pembakaran (SL)
Biosolar			
B10			
B20			
B30			
B100			

Tabel 3.14. Data kecepatan pembakaran pada debit 6 ml/h

Pengujian	Sudut (α)	Kecepatan bahan bakar (v)	Kecepatan pembakaran (SL)
Biosolar			
B10			
B20			
B30			
B100			

3.8. Diagram Alir Penelitian.



Gambar 3.2. Diagram alir penelitian

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis data yang telah dipaparkan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Karakteristik kadungan biodiesel minyak jelantah adalah :

- a. Massa Jenis (ρ) = 881,1 kg /m³
- b. Viskositas kinematik (ν) = 3,223 cSt
- c. Nilai Kalor = 9.476,467 Cal/g
- d. *Flash Point* = 147°C

Berdasarkan karakteristik bahan bakar biodiesel minyak jelantah diatas, dapat disimpulkan bahwan biodiesel pada penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan bakar pengganti IDO (*Industrial Diesel Oil*).

2. Pengaruh komposisi biodiesel B0, B10, B30 dan B100 terhadap :

a. Tinggi Nyala Api

Semakin bertambahnya komposisi biodiesel dalam campuran bahan bakar, tinggi nyala api difusi semakin meningkat pada debit yang sama dengan suhu penguapan biodiesel 222,9°C dan biosolar 197,9°C, dimana suhu penguapan berbanding lurus terhadap tinggi api.

b. Kecepatan Pembakaran Difusi

Kecepatan pembakaran berbanding terbalik dengan nilai *flash point*, viskositas dan densitas bahan bakar. Semakin bertambahnya komposisi bahan bakar, semakin rendah kecepatan pembakaran yang dihasilkan pada debit yang sama.

c. Temperatur nyala api difusi berbanding lurus dengan nilai kalor dan kestabilan nyala api. Semakin bertambahnya biodiesel pada campuran bahan bakar, temperatur nyala api relatif menurun, namun untuk biodiesel murni relatif meningkat.

3. Pengaruh variasi debit bahan bakar komposisi B0, B10, B20, B30 dan B100 terhadap :

a. Tinggi Nyala Api

Semakin bertambahnya debit aliran bahan bakar, nyala api difusi semakin tinggi dengan rata – rata nyala api tertinggi biodiesel senilai 5,488 cm pada debit 6 ml/h dan api terpendek adalah biosolar senilai 1,013 cm pada debit 2 ml/h. Hal tersebut disebabkan oleh bilangan reynold yang berbanding lurus dengan kecepatan dan debit bahan bakar.

b. Kecepatan Pembakaran

Semakin bertambahnya debit aliran bahan bakar, kecepatan pembakaran semakin menurun pada suhu heater yang sama. Kecepatan pembakaran rata – rata tertinggi untuk campuran bahan bakar adalah 16,1303 m/hr pada B10 dengan debit 2 ml/h dan kecepatan terendah berada pada B30 sebesar 8,3912 m/hr dengan debit 6 ml/h.

c. Distribusi Temperatur Nyala Api

Semakin bertambahnya debit, temperatur nyala api relatif meningkat. Total distribusi temperatur nyala api rata – rata terbesar untuk campuran bahan bakar adalah B10 senilai 445,685°C pada debit 6 ml/h dan temperatur terendah adalah B30 senilai 288,615°C pada debit 4 ml/h.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka saran yang dapat disampaikan untuk penelitian selanjutnya adalah :

1. Disarankan untuk dapat melakukan penelitian pembakaran menggunakan chamber yang sesuai dan data logger yang langsung terhubung dengan PC agar penelitian dapat lebih akurat.
2. Disarankan untuk meneliti pengaruh jarak *interface* masing – masing bahan bakar pada *glasstube* terhadap karakteristik pembakaran difusi campuran bahan bakar biosolar dengan biodiesel minyak jelantah
3. Disarankan untuk dapat meneliti pengaruh variasi diameter *glasstube* / *burner* terhadap karakteristik nyala api pembakaran difusi.
4. Disarankan untuk dapat meneliti pengaruh perbedaan suhu yang diberikan oleh heater terhadap karakteristik pembakaran difusi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abed, K.A., A.K. El Morsi, M.M Sayed, A.A. El Shaib, dan M.S. Gad. 2018. Effect of waste cooking-oil biodiesel on performance and exhaust emissions of a diesel engine. *Egyptian Journal of Petroleum*. 27(4) : 985 – 989.
- Aldhaidhawi M, R. Chiriac, V. Badescu, G. Descombes, dan P. Podevin. 2017. Investigation on the mixture formation, combustion characteristics and performance of a diesel engine fueled with diesel, biodiesel b20 and hydrogen addition. *International Journal of Hydrogen Energy*. 42(26) : 16793-16807
- Andalia, W dan I. Pratiwi. 2017. Pemilihan katalis menggunakan metode analytical hierarchy process (AHP) pada proses pembuatan biodiesel reaksi transesterifikasi. *Journal Industrial Servicess*. 3(1) : 8-14
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 2015. *Biodiesel*. Revisi dari SNI 7128 :2012. Jakarta : BSN Pusat
- Banjari, M. A. A., L. Yuliati, A. A. Sonief. 2015. Karakteristik pembakaran difusi campuran biodiesel minyak jarak pagar (*jathropha curcas* l) - etanol/metanol pada mini glass tube. *Jurnal Rekayasa Mesin*. 6(1) : 85-93.
- Baukal, C. E. *The John Zink Combustion Handbook*. Oklahoma : CRC Press.
- Badan Pengatur Hilir Minyak dan Gas Bumi (BPH Migas). 2018. Statistik Konsumsi BBM Tahun 2006 – 2017. <http://www.bphmigas.go.id/konsumsi-bbm-nasional> [Diakses pada 22 Mei 2019].
- Buffam, J., dan K. Cox. 2008. Measurement of Laminar Burning Velocity of Methane-Air Mixtures Using a Slot and Bunsen Burner. *Skripsi*. United States : Worcester Polytechnic Institute.
- Buletin Konsumsi Pangan. 2017. *Pusat Data dan Informasi Pertanian*. Desember. Jakarta : Portal Epublikasi Pertanian, Kementrian Pertanian Republik Indonesia.
- 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

- Chen, H., B. Xie, J. Ma dan Y. Chen. 2018. Nox emission of biodiesel compared to diesel : higher or lower. *Applied Thermal Engineering*. 137 : 584 – 593.
- Chen, J., X.F. Peng, Z.I. Yang, dan J. Cheng. 2008. Characteristics of liquid ethanol diffusion flames from mini tube nozzles. *Combustion and Flame*. 156 (2009) 460–466
- Faizal, E., A. S. Widodo, dan M. N. Sasongko. 2016. Pengaruh variasi lip thickness pada nozzle terpancung terhadap karakteristik api pembakaran difusi concentric jet flow. *Jurnal Rekayasa Mesin*. 7(2) : 13-20
- Hambali, E. 2007. Prospek Pengembangan Tanaman Jarak Pagar untuk Biodiesel dan Produk Turunan Lainnya. *Workshop Pendirian Kebun Bibit Sumber, Demplot dan Feasibility Study untuk Perkebunan Jarak Pagar*. Bogor : Pusat Penelitian Surfaktan dan Bioenergi, IPPM-IPB
- Haryanto, A., U. Silviana, S. Triyono dan S. Prabawa. 2015. Produksi biodiesel dari transesterifikasi minyak jelantah dengan bantuan gelombang mikro : pengaruh intensitas daya dan waktu reaksi terhadap rendamen dan karakteristik biodiesel. Universitas Lampung. *AGRITECH*. 35(2) : 234-240.
- Havendri, A. 2008. Kaji eksperimental perbandingan prestasi dan emisi gas buang motor bakar diesel menggunakan bahan bakar campuran solar dengan biodiesel cpo, minyak jarak dan minyak kelapa. *Jurnal Universitas Andalas*. 1(29) : 38-46.
- Herlambang, K.K. 2012. Visualisasi Kecepatan Tinggi Nyala Api Difusi Tipe Swirl pada Medan Aliran Berlawanan dengan Rasio Gap Diameter Kecil. *Skripsi*. Depok : Jurusan Teknik Mesin Universitas Indonesia.
- Komariah, L.N., W. D. Juliani dan M. F. Dimiyati. 2013. Efek pemanasan campuran biodiesel dan minyak solar terhadap konsumsi bahan bakar pada boiler. *Jurnal Teknik Kimia*. 19(4) : 53 - 58
- Kuncahyo, P., A. Z. M. Fathallah, dan Semin. 2013. Analisa prediksi potensi bahan baku biodiesel sebagai suplemen bahan bakar motor diesel di Indonesia. *Jurnal Teknik POMITS*. 2(1) : 62 - 66
- Berrios, M., M.A. Martín, A.F. Chica, dan A. Martín. 2010. Study of esterification and transesterification in biodiesel production from used frying oils in a closed system. *Chemical Engineering Journal*. 160 (2010) 473–479.
- Mahandari, C. P. 2010. Fenomena *Flame Lift Up* pada Pembakaran Premixed Gas Propana. *Disertasi*. Depok : Program Pasca Sarjana, Universitas Indonesia.

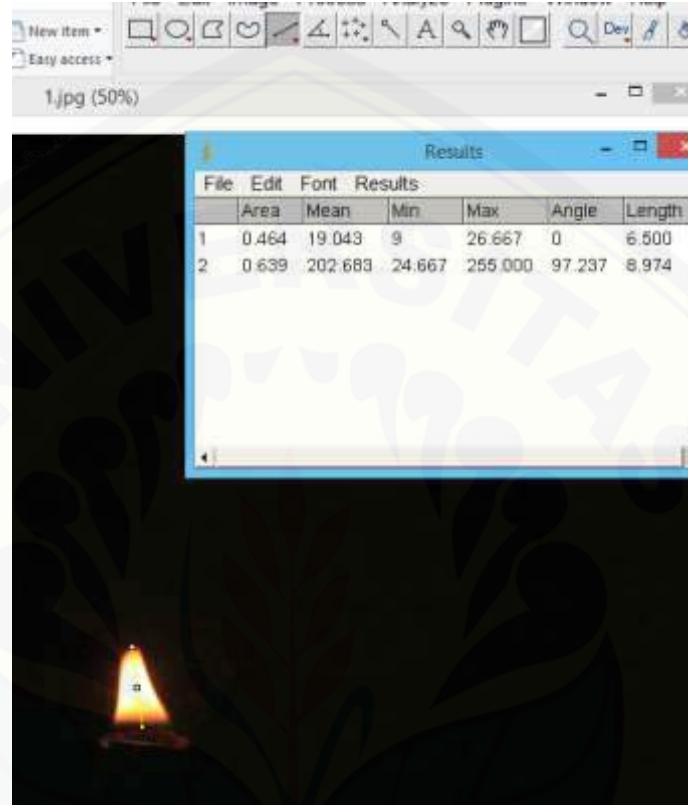
- Nugroho, T. 2018. Penelitian Perubahan Ketebalan *Preheat Zone* Nyala Api Pada Kondisi Tinggi *Lifted Flame* Tetap Akibat Variasi Laju Aliran Bahan Bakar Gas Propana. *Skripsi*. Depok : Departemen Teknik Mesin Universitas Indonesia.
- Sa'adah, A.F. 2016. Analisis Penyediaan Dan Konsumsi Bahan Bakar Minyak Indonesia. *Tesis*. Bogor : Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Sahar, S.S., J. Iqbal, I. Ullah, H. N. Bhatti, S. Nouren, H. Rehman, J. Nisar, dan M. Iqbal. 2018. Biodiesel production from waste cooking oil: an efficient technique to convert waste into biodiesel. *Journal of Sustainable Cities and Society (Accepted Manuscript)*.
- Sasongko, M.N. 2018. Pengaruh prosentase minyak goreng bekas terhadap karakteristik pembakaran droplet biodiesel. *Flywheel: Jurnal Teknik Mesin Untirta*. 4(2) : 8 - 13
- Setyadji, M., dan E. Susiantini. 2007. Penambahan Biodiesel dari Minyak Jelantah pada Solar terhadap Opasitas dan Emisi Gas Buang CO, CO₂, dan HC. *Prosiding PPI-PDIPTN*. 10 Juli 2007. *Pustek Akselerator dan Proses Bahan-BATAN* : 190 – 200.
- Siswani, E. 2012. Sintesis dan Karakterisasi Biodiesel dari Minyak Jelantah Pada Berbagai Waktu dan Suhu. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA*. 2 Juni 2012. *Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta* : K-103 – K-112.
- Vanessa, M. C. 2017. Analisis Jumlah Minyak Jelantah yang Dihasilkan Masyarakat di Wilayah Jabodetabek. Tangerang, Banten. <https://www.researchgate.net/publication/312755248> [Diakses Pada 17 Oktober 2018]
- Vats, U., R. Chaudhary, S. Kumar, A. Giri, dan S. Kumar. 2018. Comparative study of emission and combustion characteristics of biodiesel, biodiesel blends and various fuel additives. *International Journal of Applied Engineering Research*. 13(6) : 334-340.
- Wirawan, I.K.G., I.N.G. Wardana, R. Soenoko dan S. Wahyudi. 2014. Premixed combustion of kapok (ceiba pentandra) seed oil on perforated burner. *Internasional Journal of Renewable Energy Development*. 3(2) : 91-97.

A. LAMPIRAN PENGUKURAN

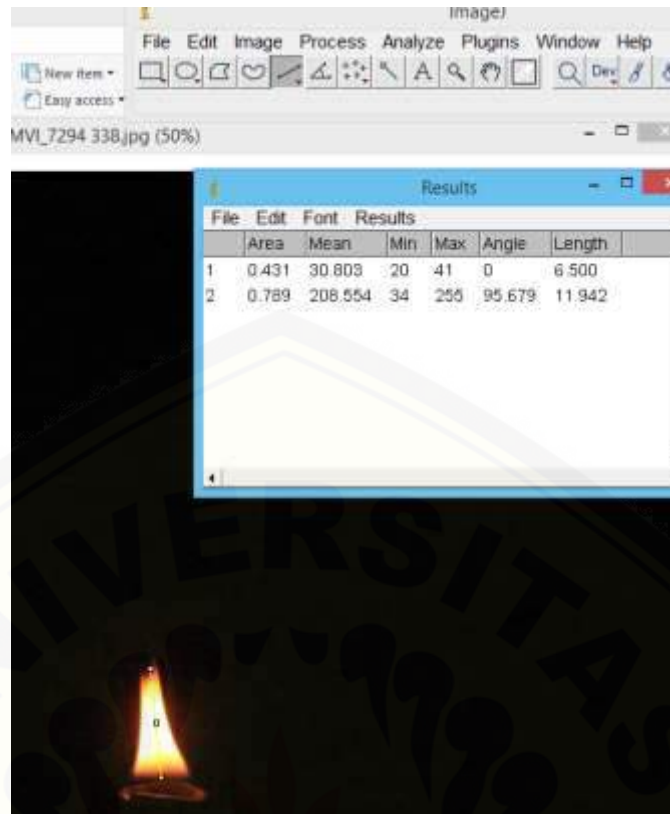
A.1 Pengukuran Tinggi Nyala Api

Pengujian tinggi nyala api dibantu dengan kamera untuk pengambilan gambar visual nyala api. Hasil visual nyala api diolah pada *software image-J* untuk mendapatkan ukuran tinggi nyala api dalam satuan (mm).

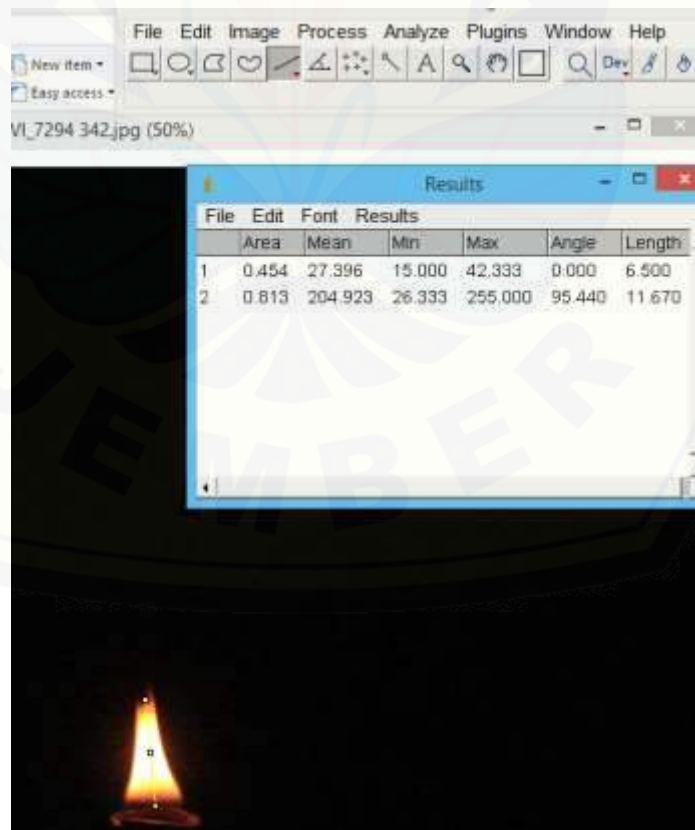
1. Tinggi Nyala Api pada Debit 2 ml/h



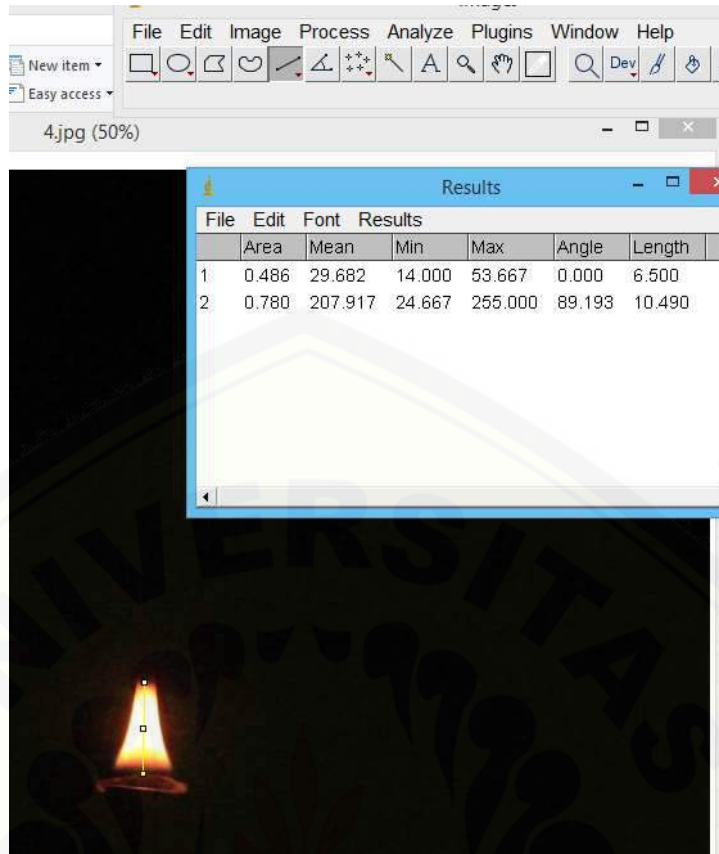
Gambar A.1 Pengukuran tinggi api percobaan ke-1 bahan bakar biosolar



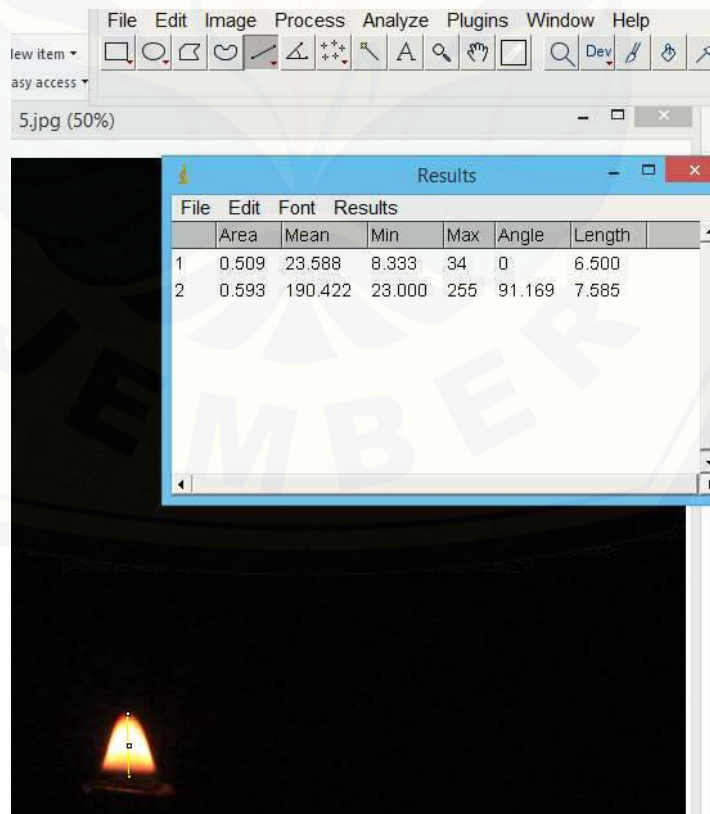
Gambar A.2 Pengukuran tinggi api percobaan ke-2 bahan bakar biosolar



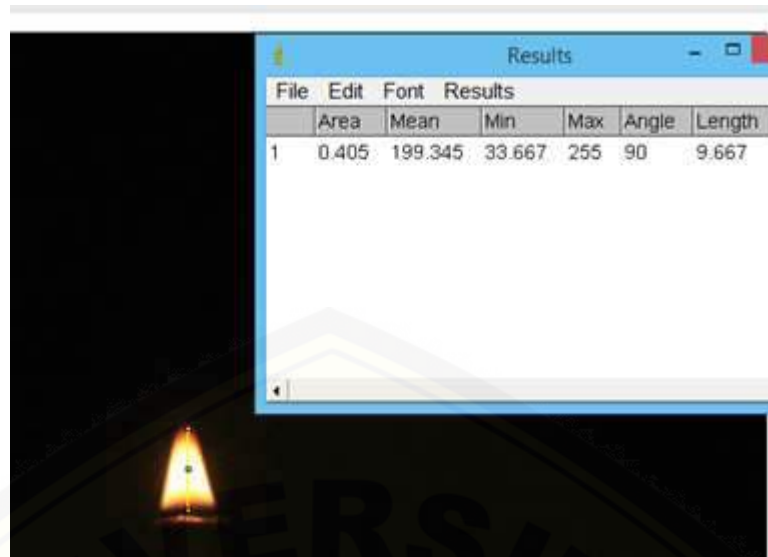
Gambar A.3 Pengukuran tinggi api percobaan ke-3 bahan bakar biosolar



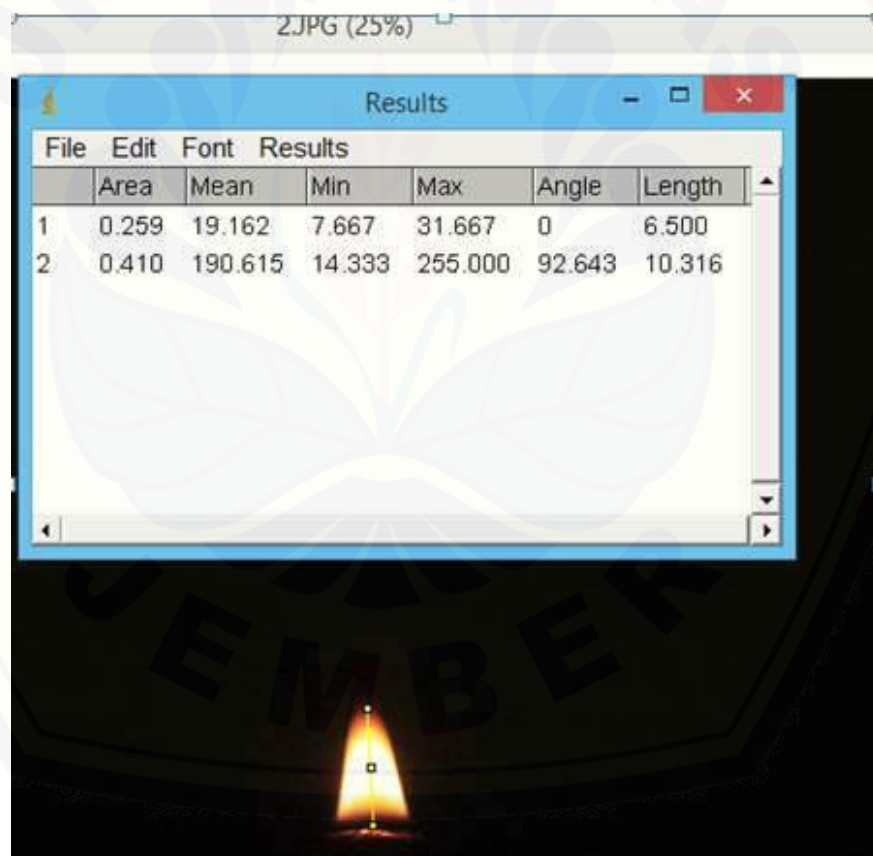
Gambar A.4 Pengukuran tinggi api percobaan ke-4 bahan bakar biosolar



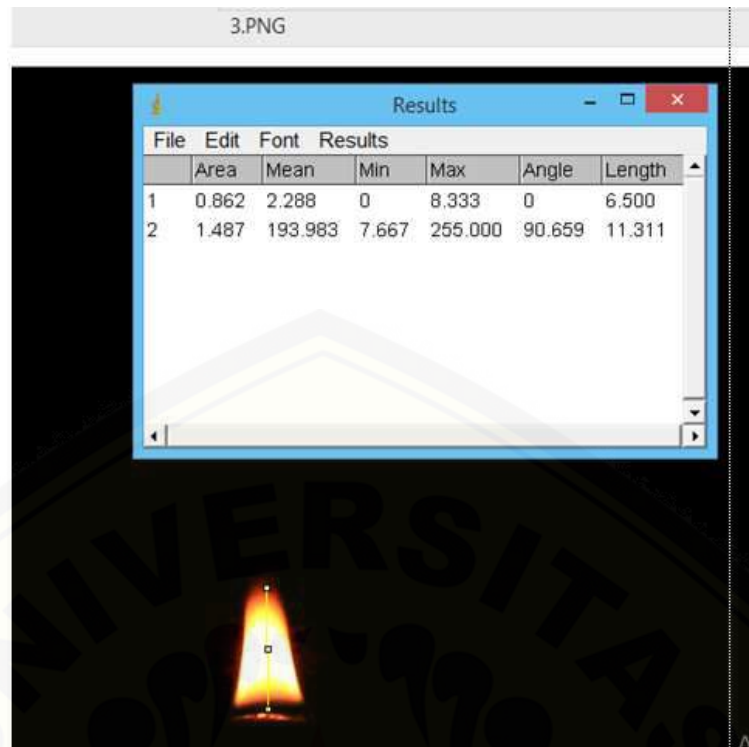
Gambar A.5 Pengukuran tinggi api percobaan ke-5 bahan bakar biosolar



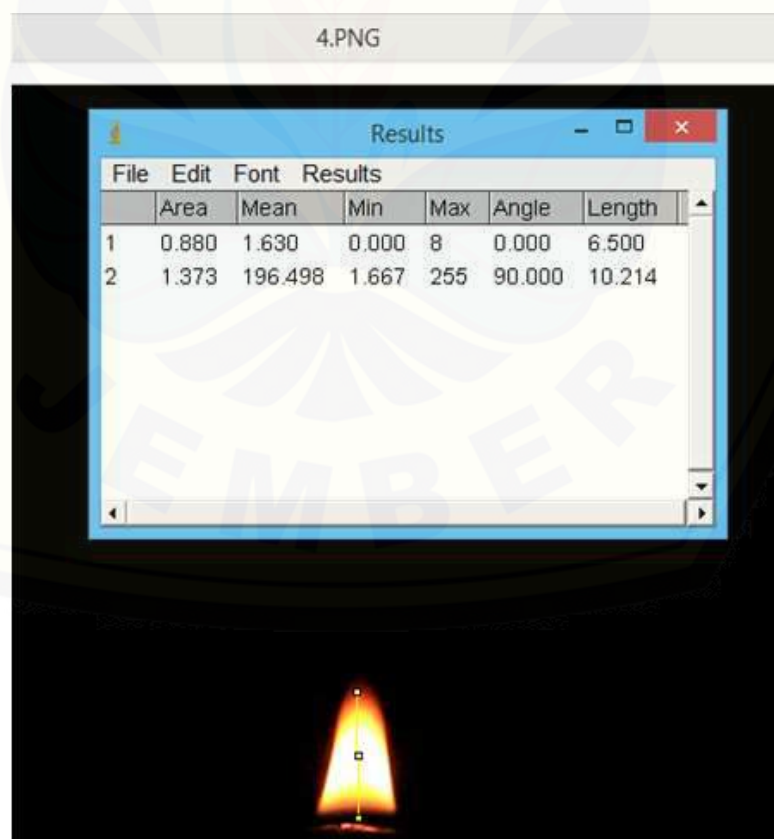
Gambar A.6 Pengukuran tinggi api percobaan ke-1 bahan bakar B10



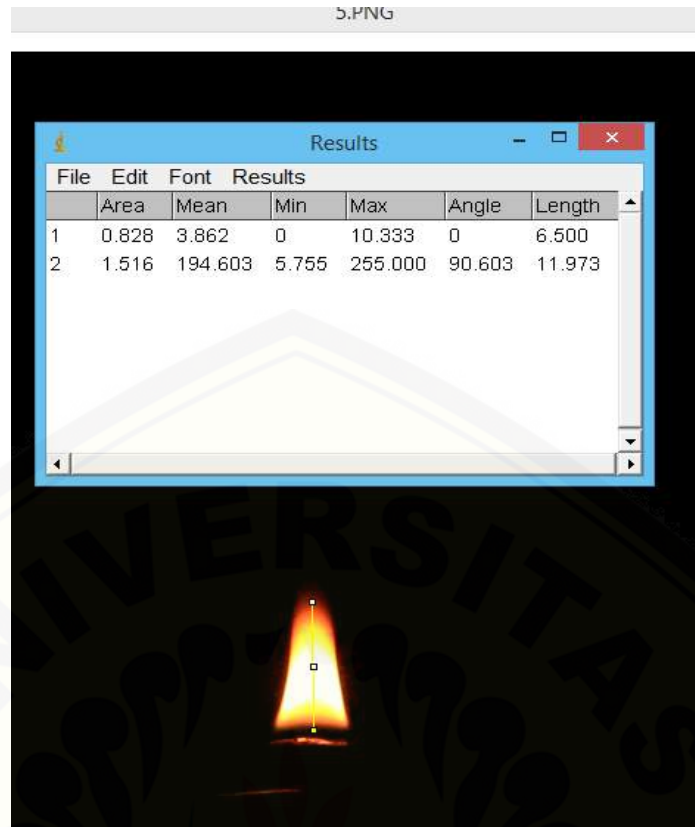
Gambar A.7 Pengukuran tinggi api percobaan ke-2 bahan bakar B10



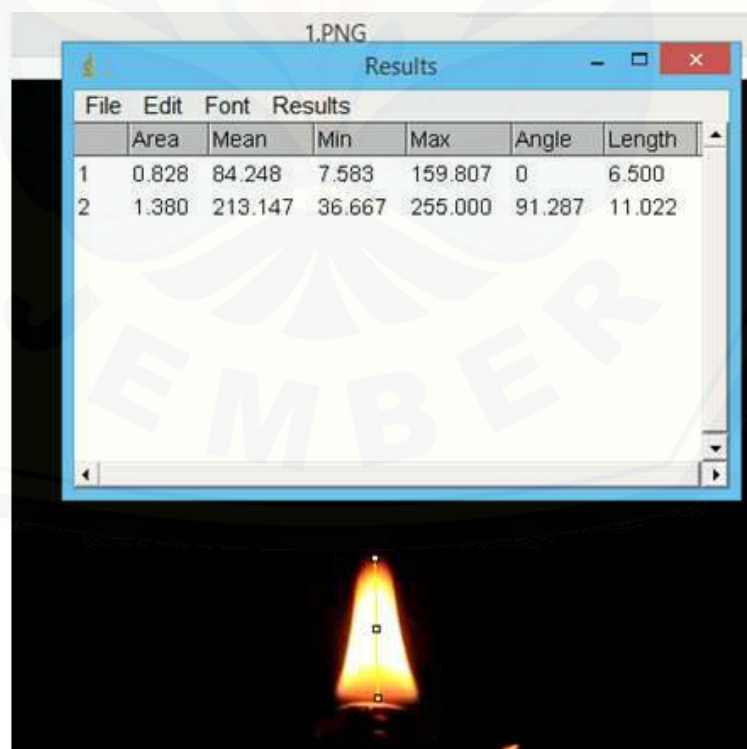
Gambar A.8 Pengukuran tinggi api percobaan ke-3 bahan bakar B10



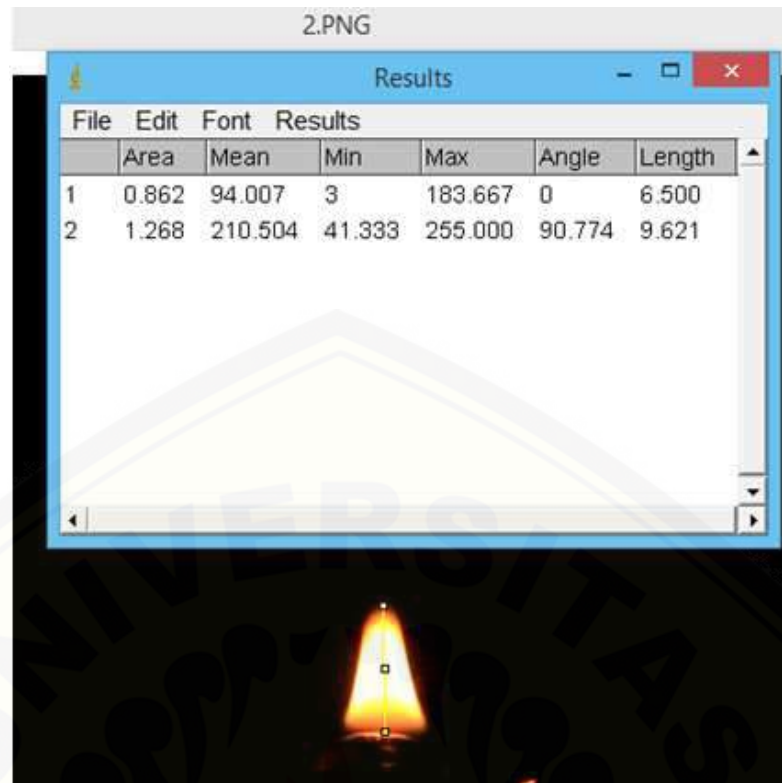
Gambar A.9 Pengukuran tinggi api percobaan ke-4 bahan bakar B10



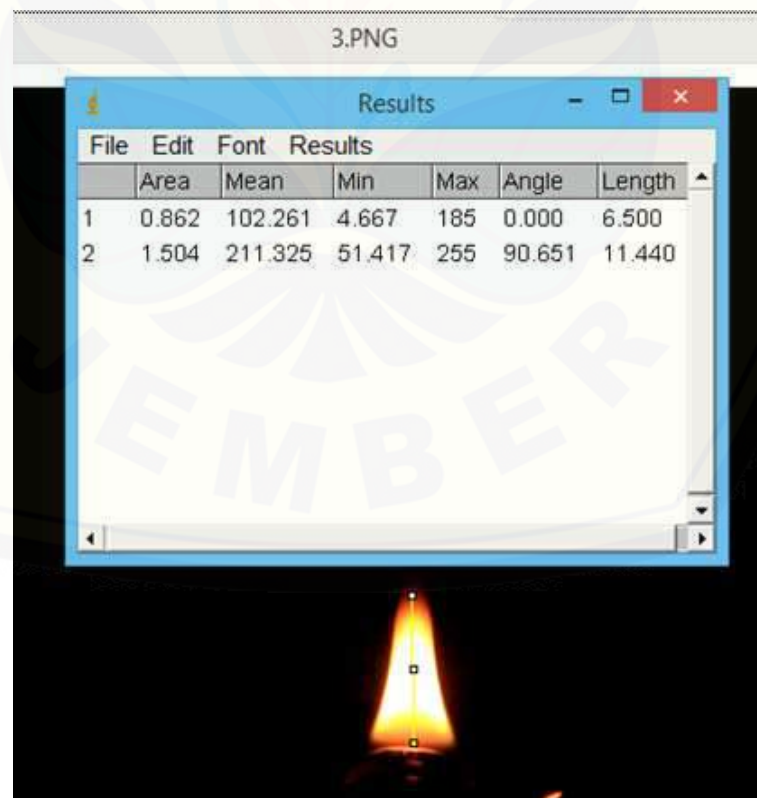
Gambar A.10 Pengukuran tinggi api percobaan ke-5 bahan bakar B10



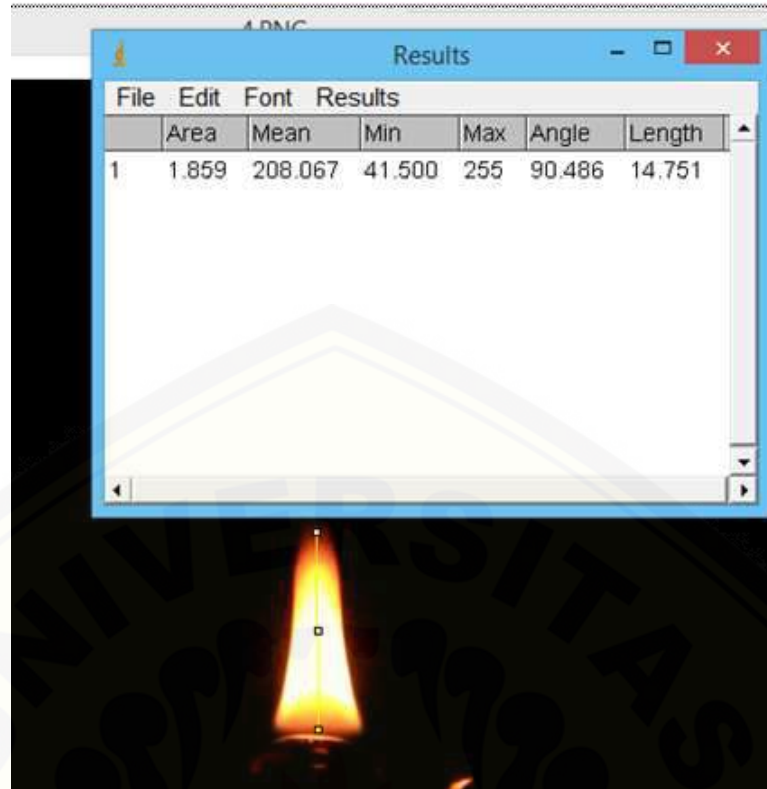
Gambar A.11 Pengukuran tinggi api percobaan ke-1 bahan bakar B20



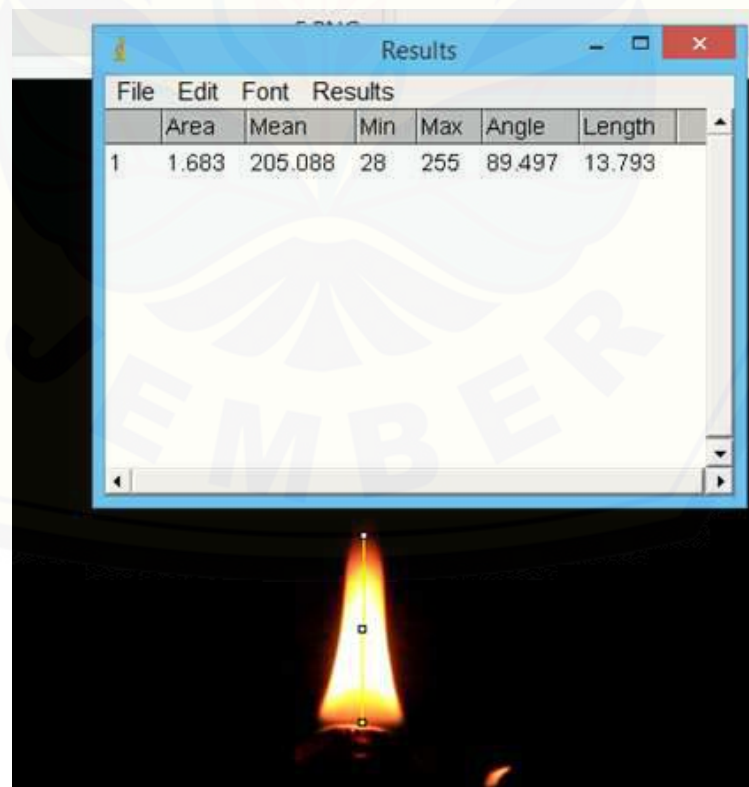
Gambar A.12 Pengukuran tinggi api percobaan ke-2 bahan bakar B20



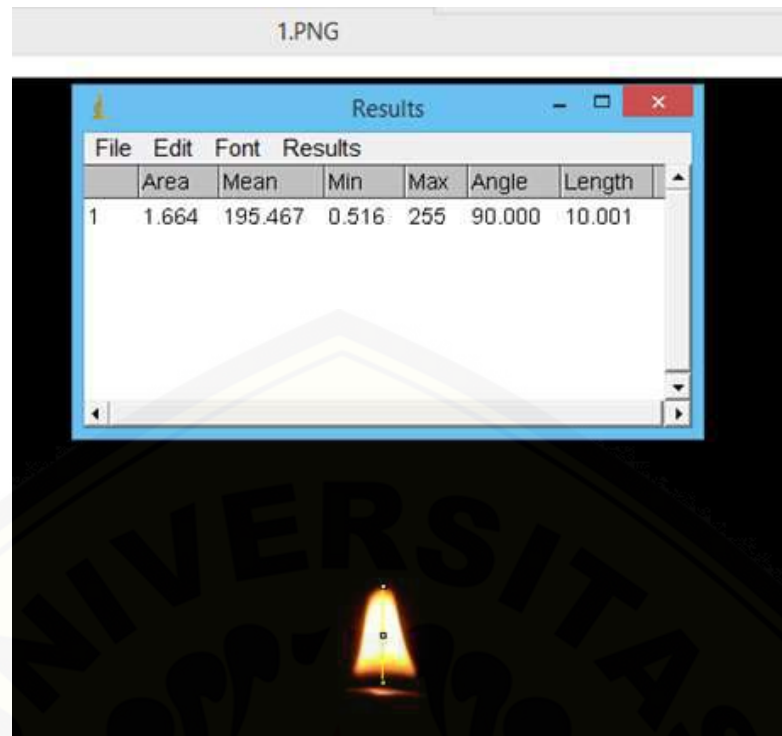
Gambar A.13 Pengukuran tinggi api percobaan ke-3 bahan bakar B20



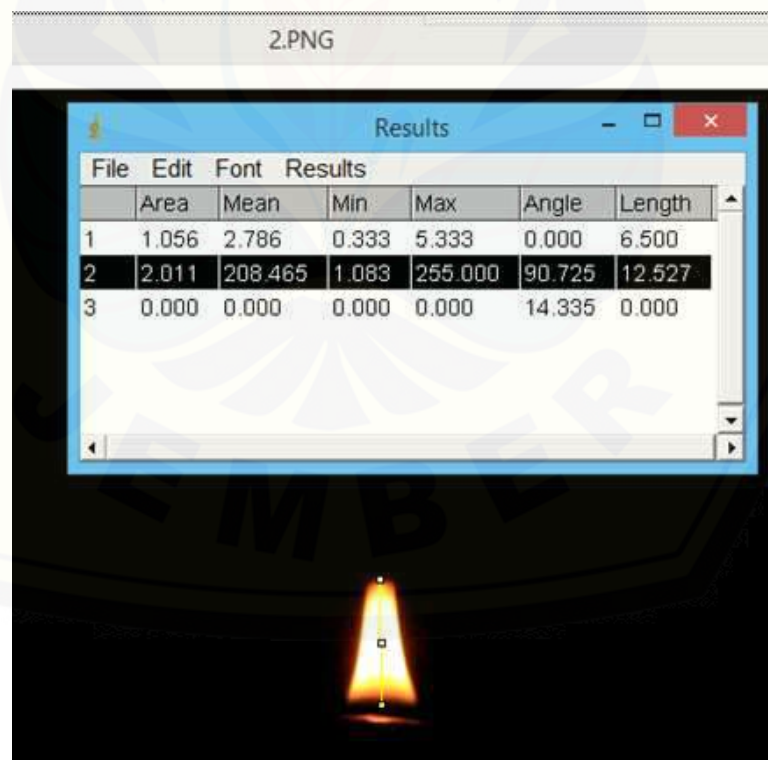
Gambar A.14 Pengukuran tinggi api percobaan ke-4 bahan bakar B20



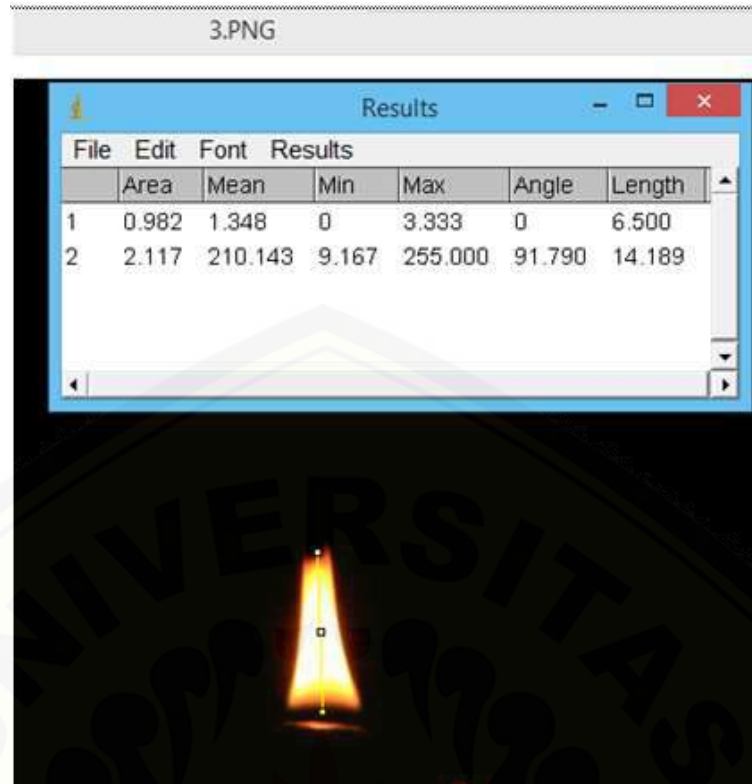
Gambar A.15 Pengukuran tinggi api percobaan ke-5 bahan bakar B20



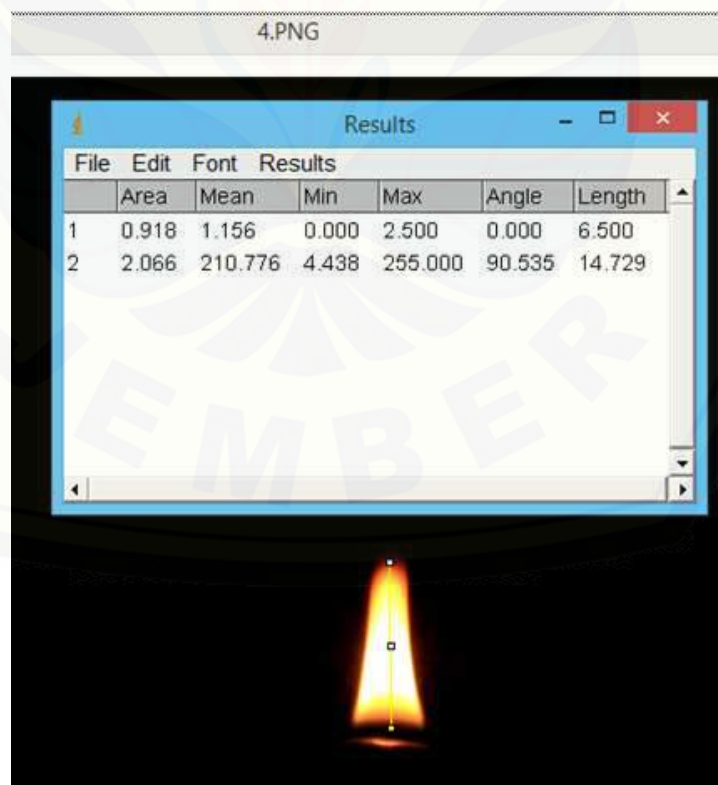
Gambar A.16 Pengukuran tinggi api percobaan ke-1 bahan bakar B30



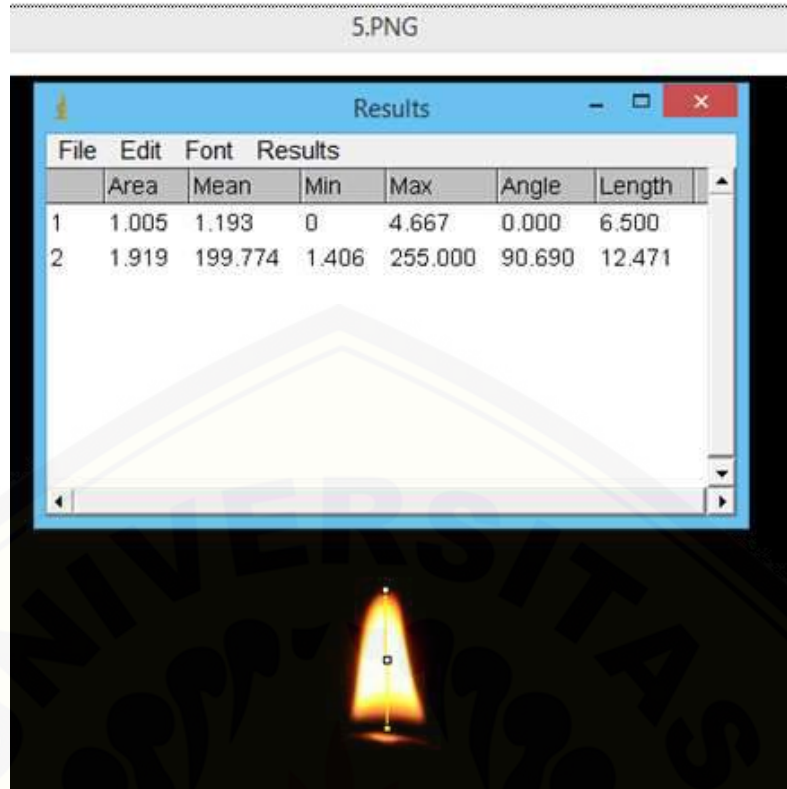
Gambar A.17 Pengukuran tinggi api percobaan ke-2 bahan bakar B30



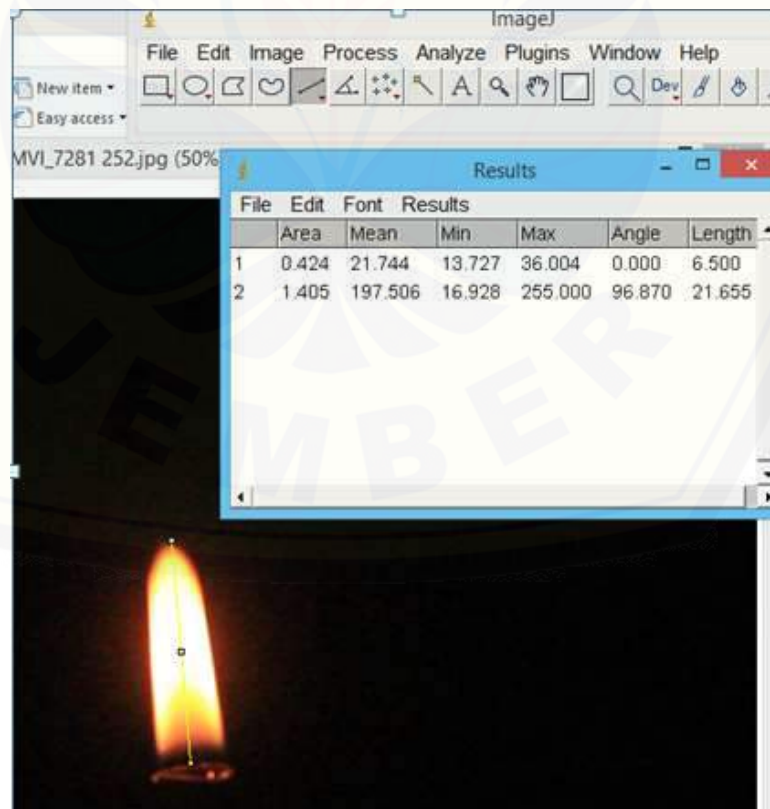
Gambar A.18 Pengukuran tinggi api percobaan ke-3 bahan bakar B30



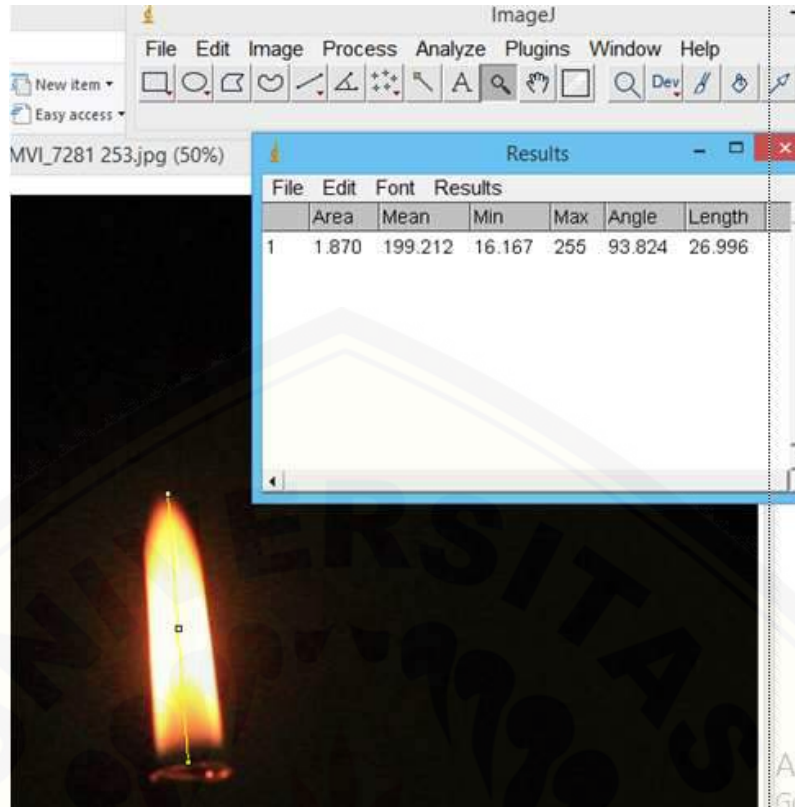
Gambar A.19 Pengukuran tinggi api percobaan ke-4 bahan bakar B30



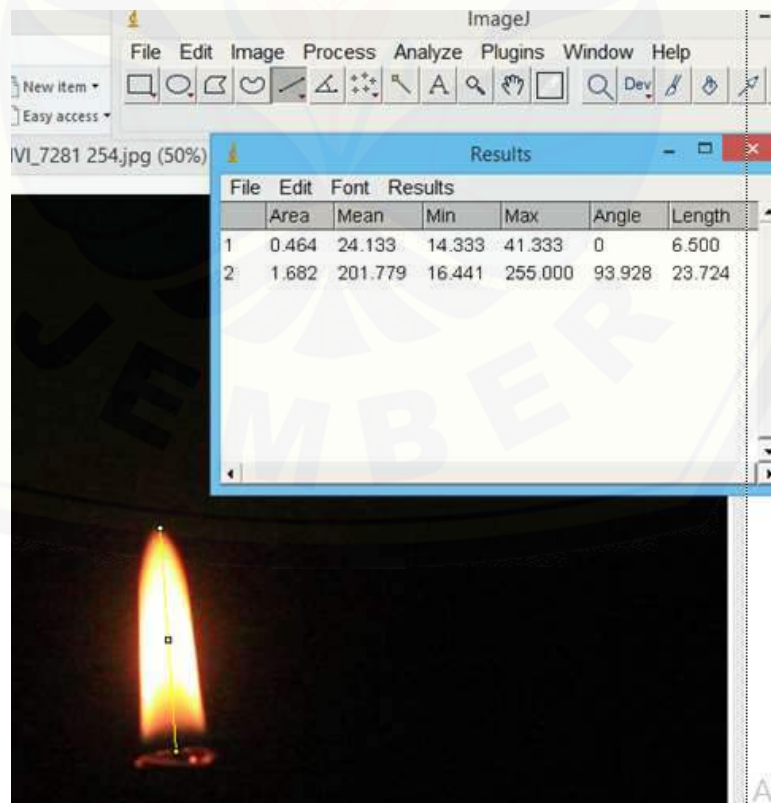
Gambar A.20 Pengukuran tinggi api percobaan ke-5 bahan bakar B30



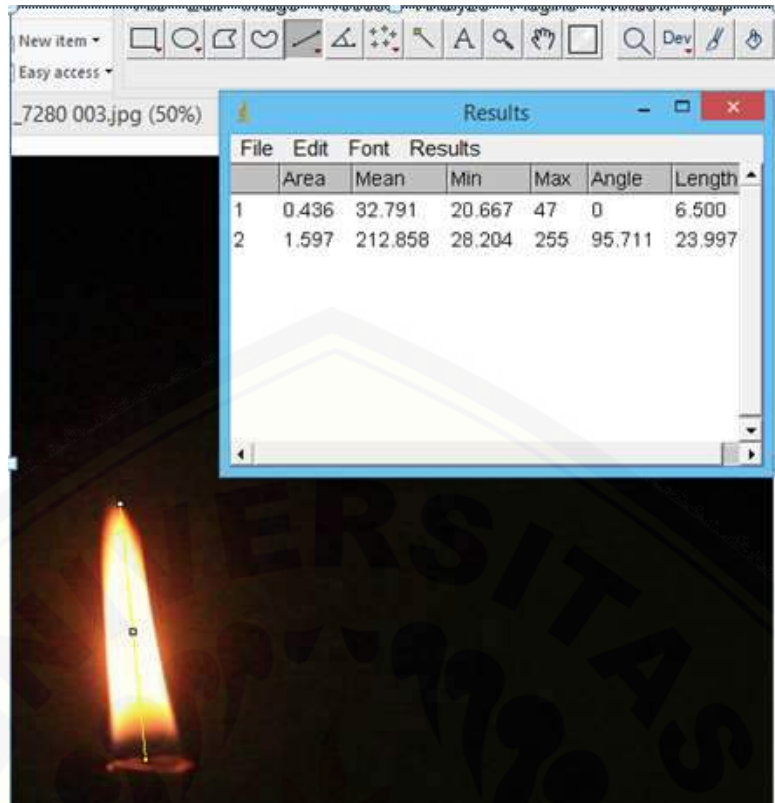
Gambar A.21 Pengukuran tinggi api percobaan ke-1 bahan bakar biodiesel



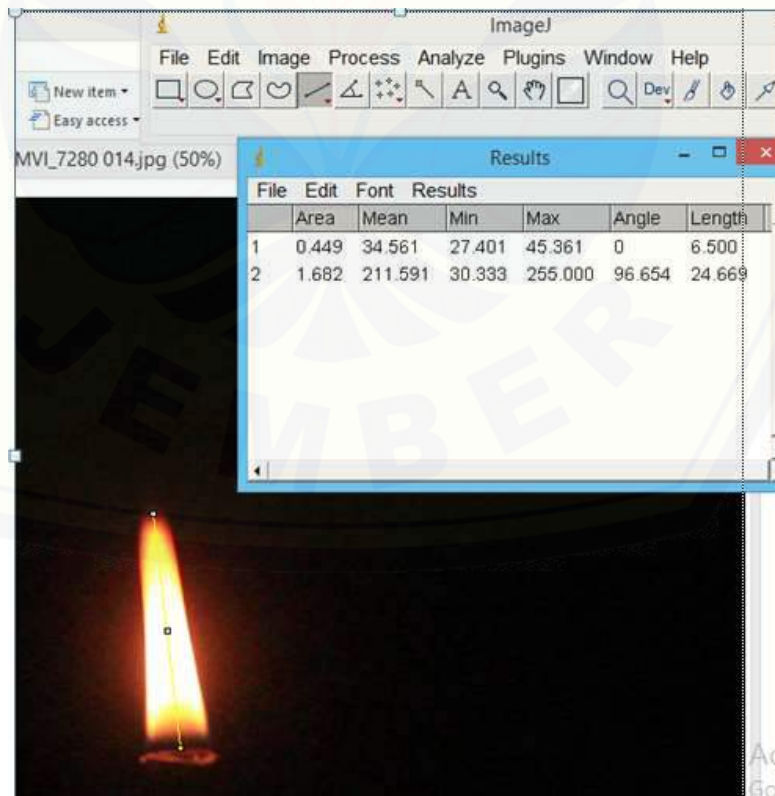
Gambar A.22 Pengukuran tinggi api percobaan ke-2 bahan bakar biodiesel



Gambar A.23 Pengukuran tinggi api percobaan ke-3 bahan bakar biodiesel

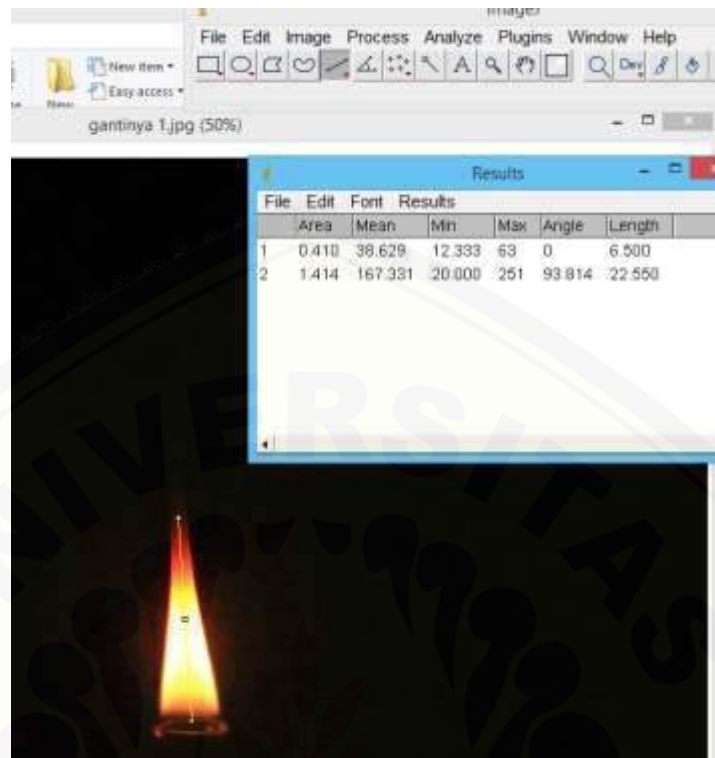


Gambar A.24 Pengukuran tinggi api percobaan ke-4 bahan bakar biodiesel

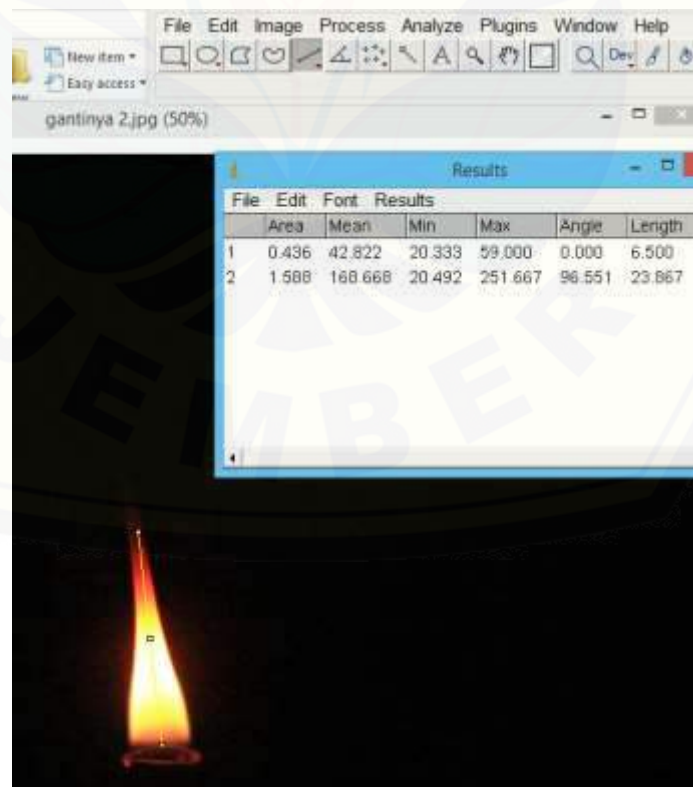


Gambar A.25 Pengukuran tinggi api percobaan ke-5 bahan bakar biodiesel

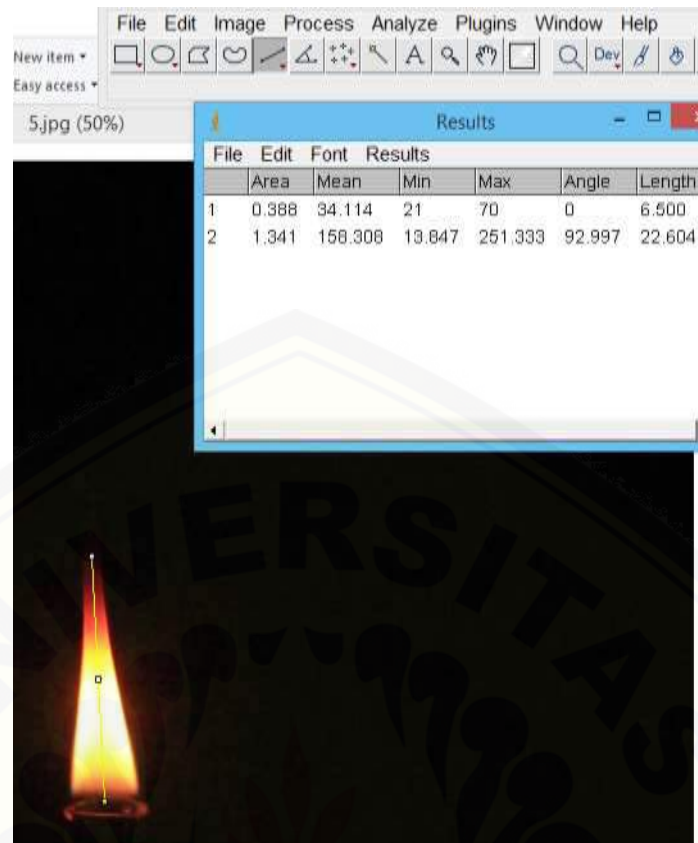
2. Tinggi Nyala Api pada Debit 4 ml/h



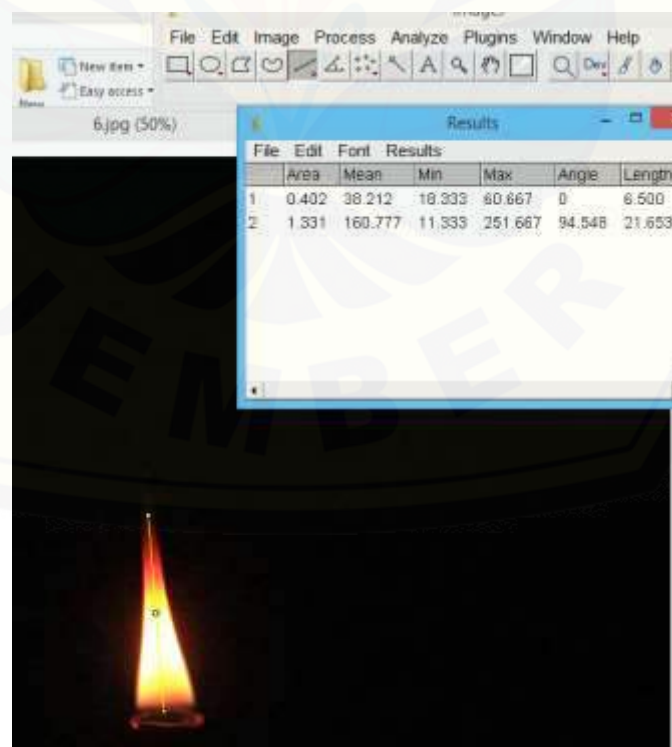
Gambar A.26 Pengukuran tinggi api percobaan ke-1 bahan bakar biosolar



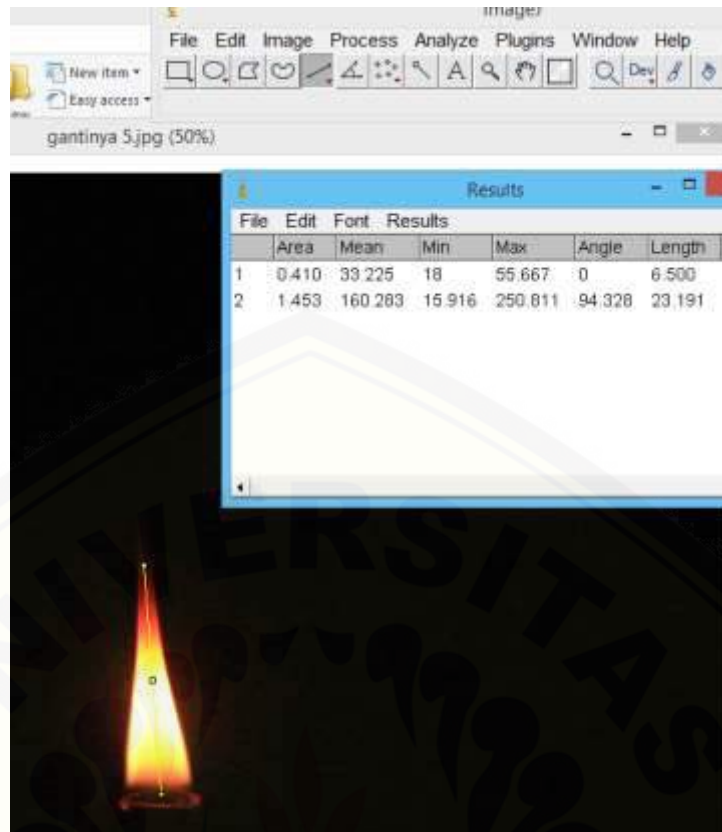
Gambar A.27 Pengukuran tinggi api percobaan ke-2 bahan bakar biosolar



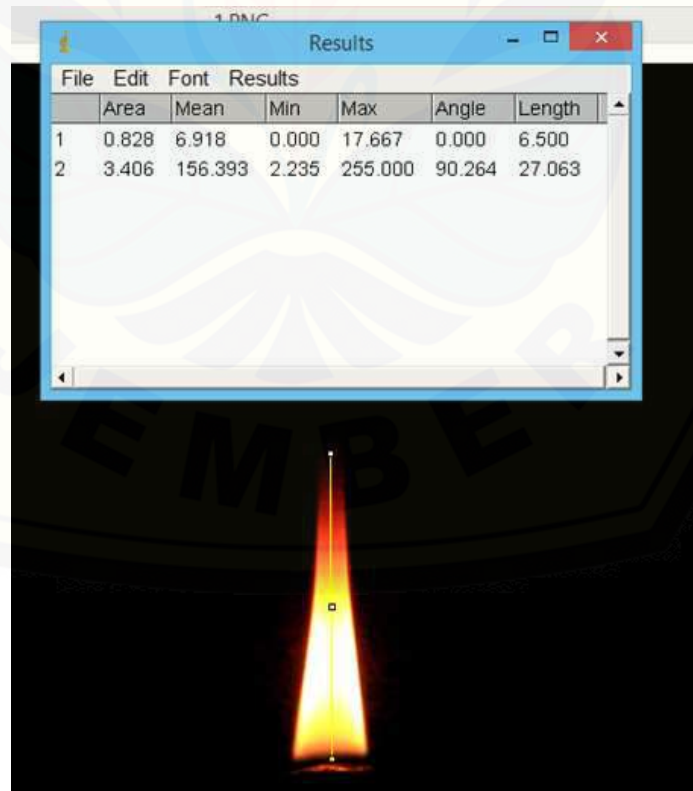
Gambar A.28 Pengukuran tinggi api percobaan ke-3 bahan bakar biosolar



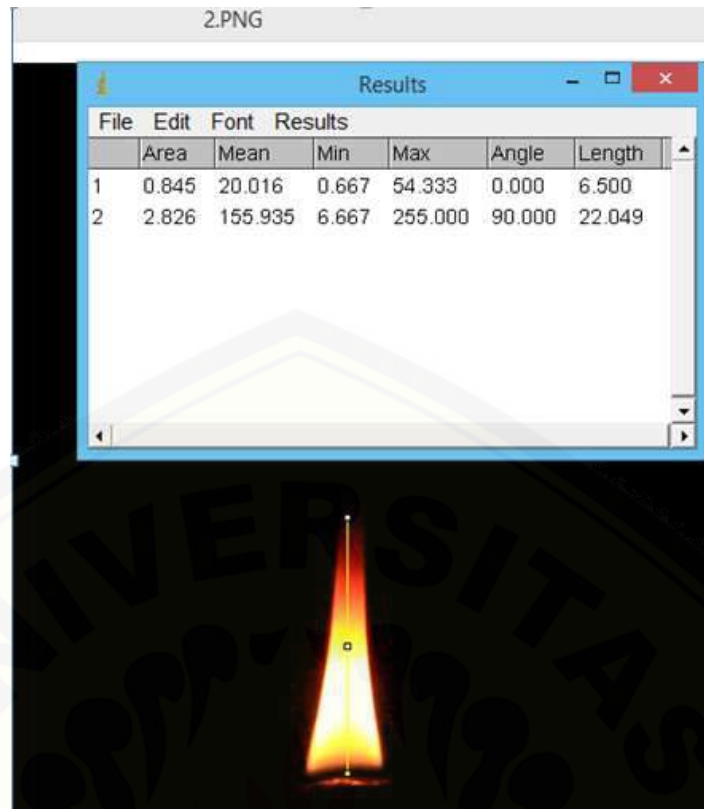
Gambar A.29 Pengukuran tinggi api percobaan ke-4 bahan bakar biosolar



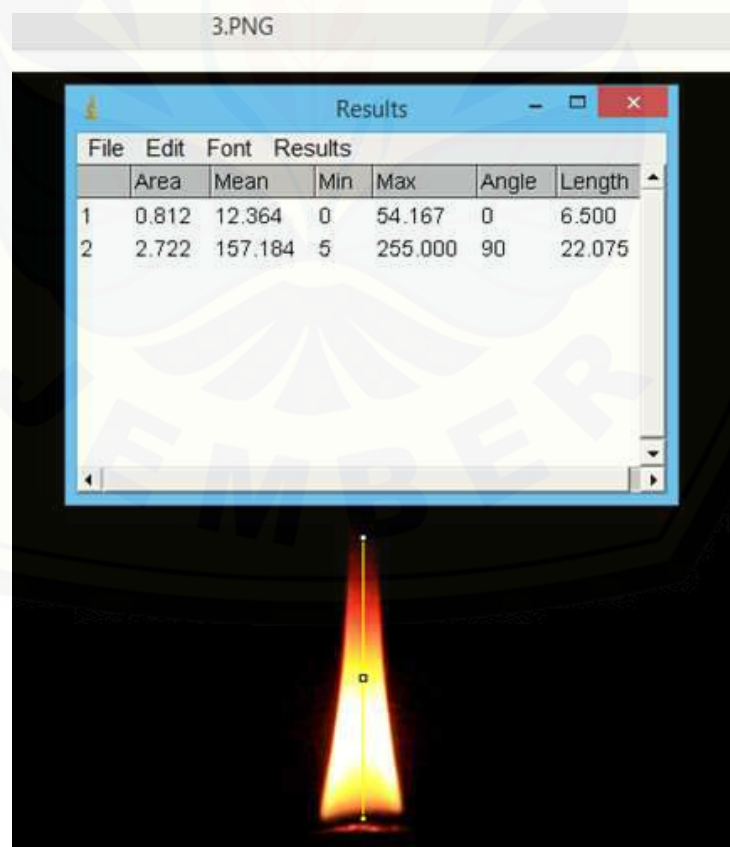
Gambar A.30 Pengukuran tinggi api percobaan ke-5 bahan bakar biosolar



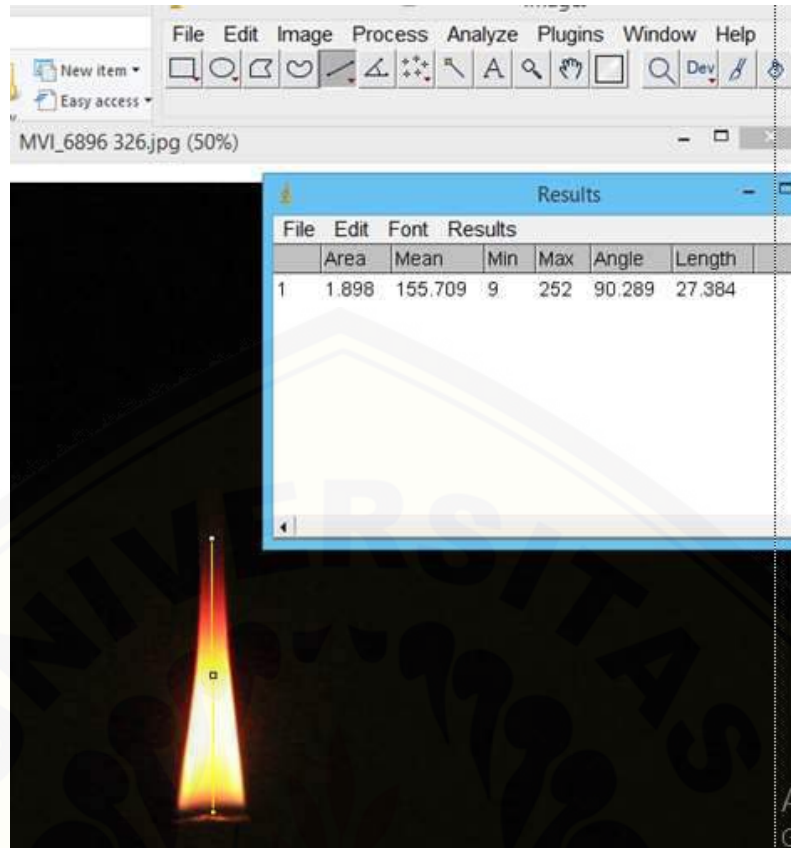
Gambar A.31 Pengukuran tinggi api percobaan ke-1 bahan bakar B10



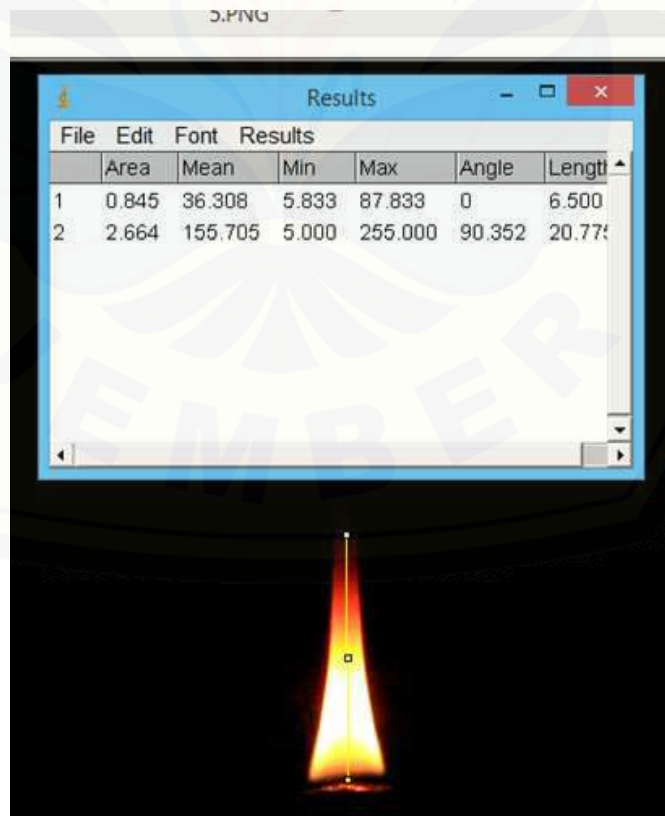
Gambar A.32 Pengukuran tinggi api percobaan ke-2 bahan bakar B10



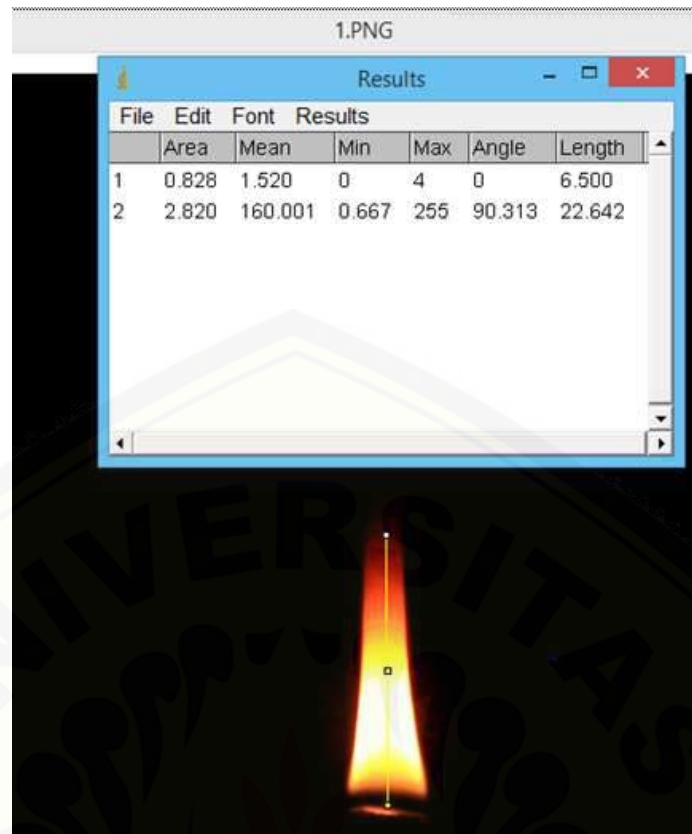
Gambar A.33 Pengukuran tinggi api percobaan ke-3 bahan bakar B10



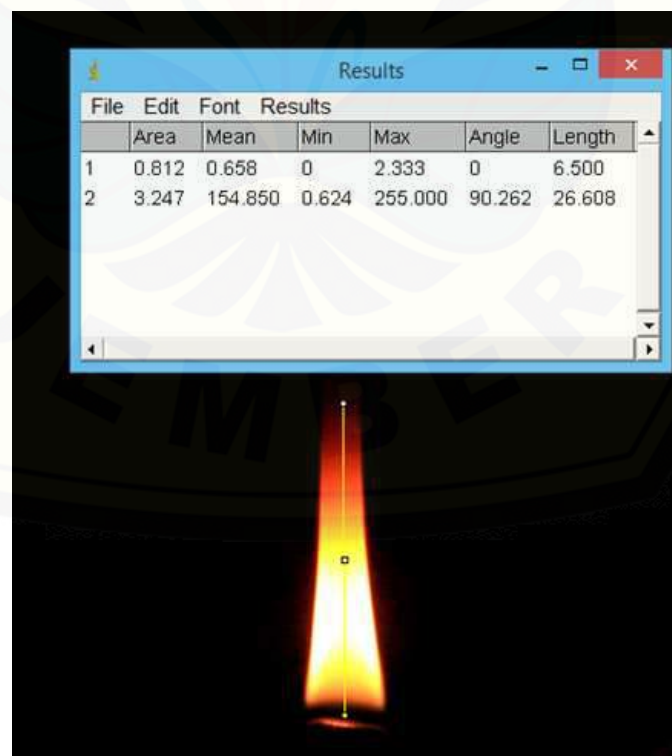
GambarA.34 Pengukuran tinggi api percobaan ke-4 bahan bakar B10



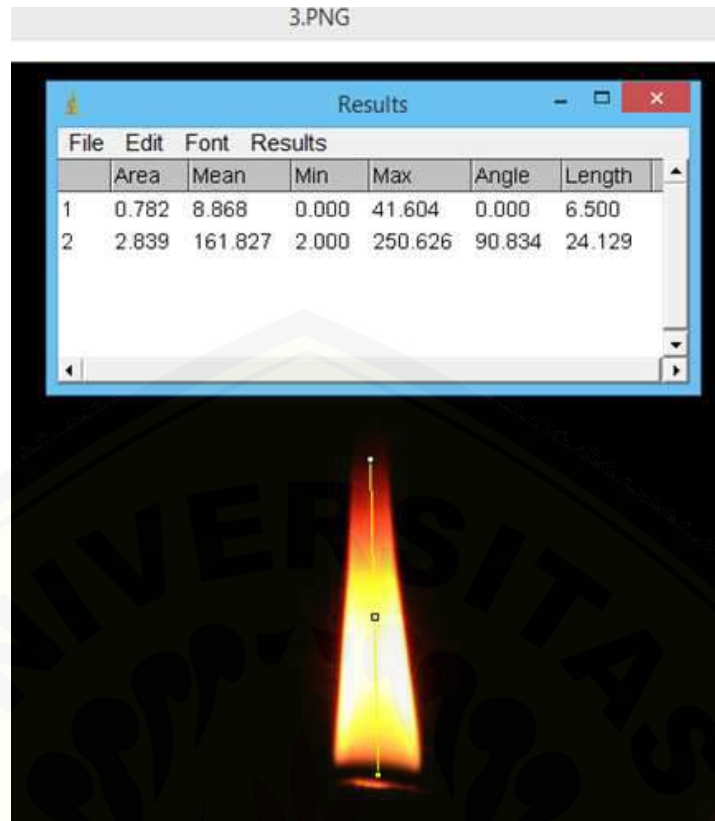
Gambar A.35 Pengukuran tinggi api percobaan ke-5 bahan bakar B10



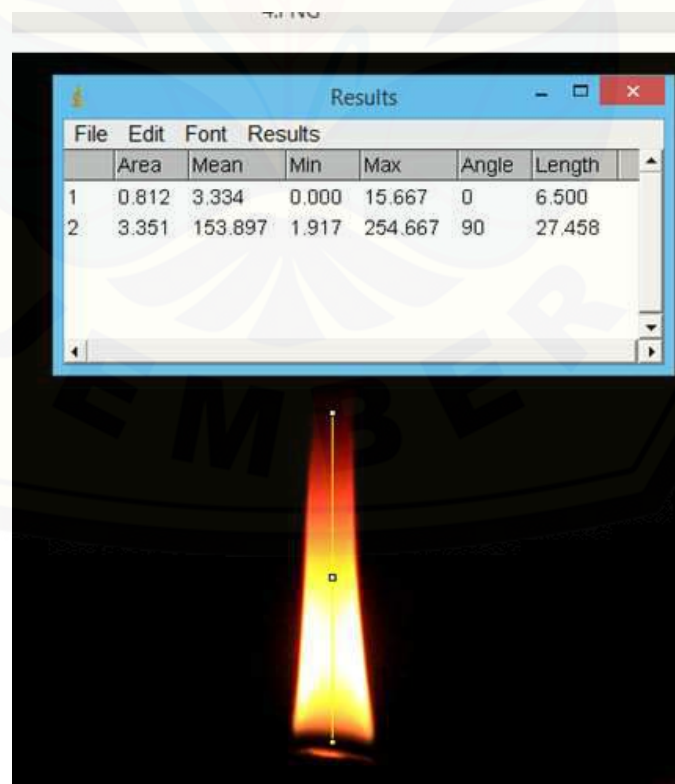
Gambar A.36 Pengukuran tinggi api percobaanke-1 bahan bakar B20



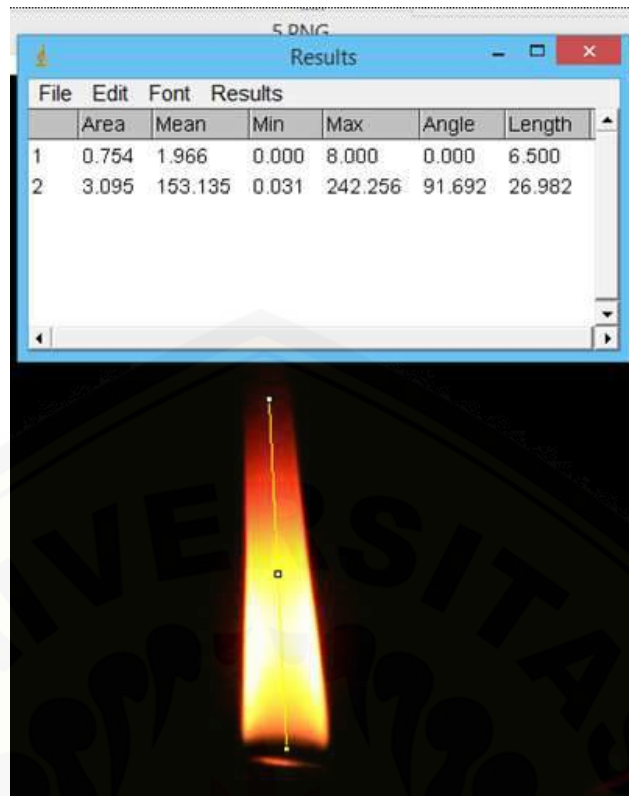
Gambar A.37 Pengukuran tinggi api percobaan ke-2 bahan bakar B20



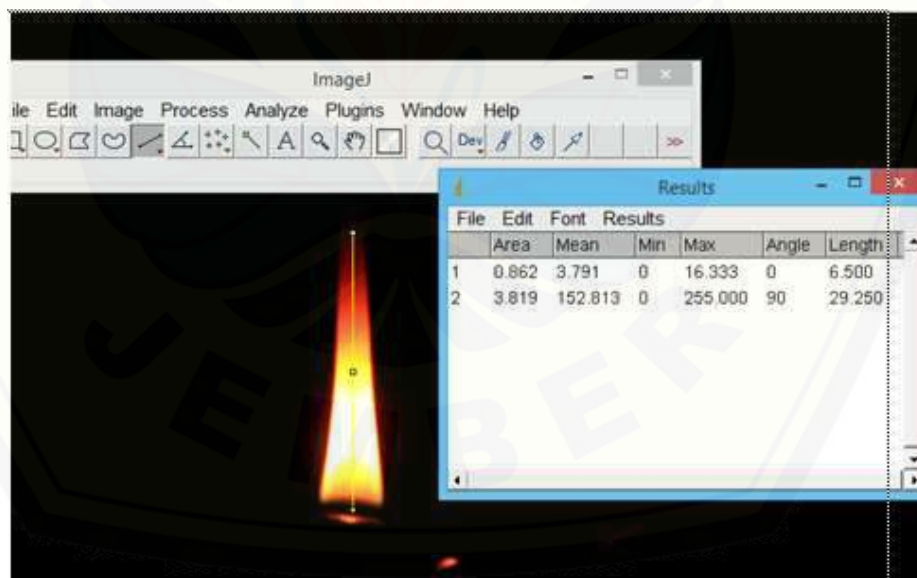
Gambar A.38 Pengukuran tinggi api percobaan ke-3 bahan bakar B20



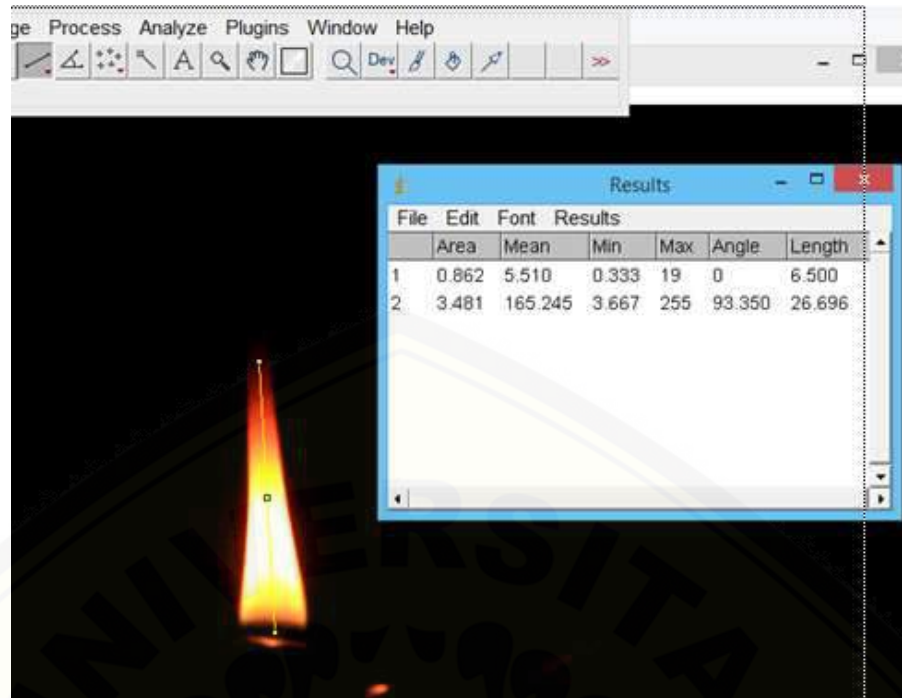
Gambar A.39 Pengukuran tinggi api percobaan ke-4 bahan bakar B20



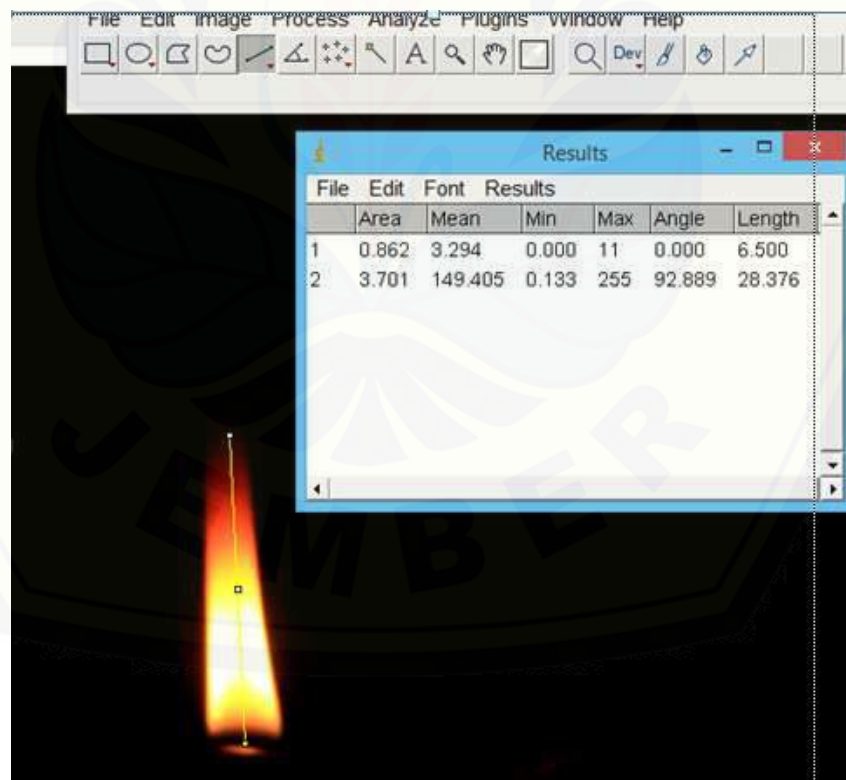
Gambar 40 Pengukuran tinggi api percobaan ke-5 bahan bakar B20



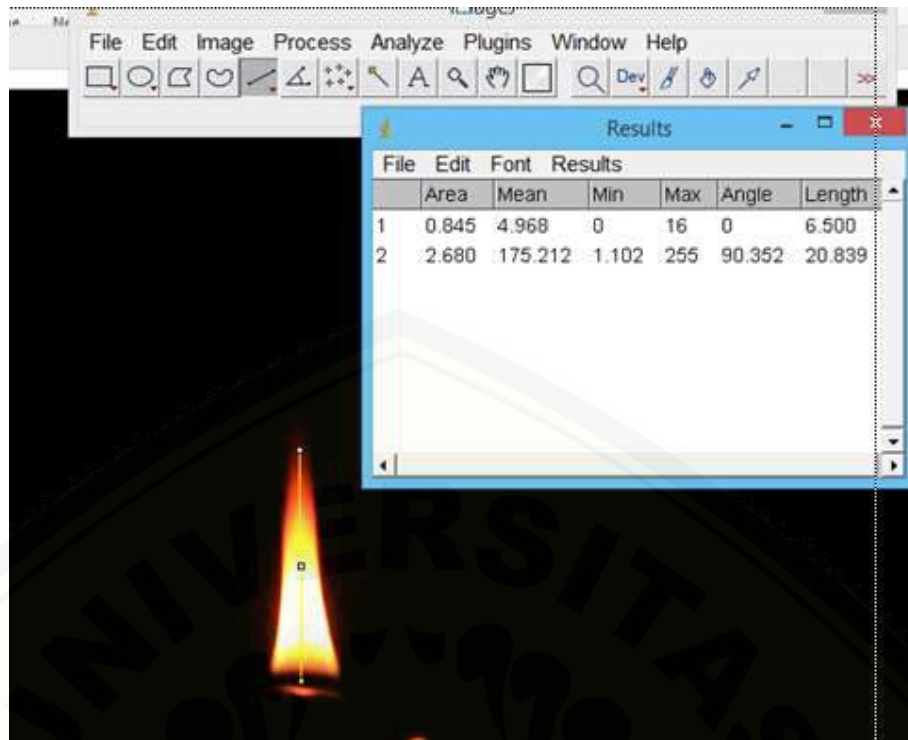
Gambar A.41 Pengukuran tinggi api percobaan ke-1 bahan bakar B30



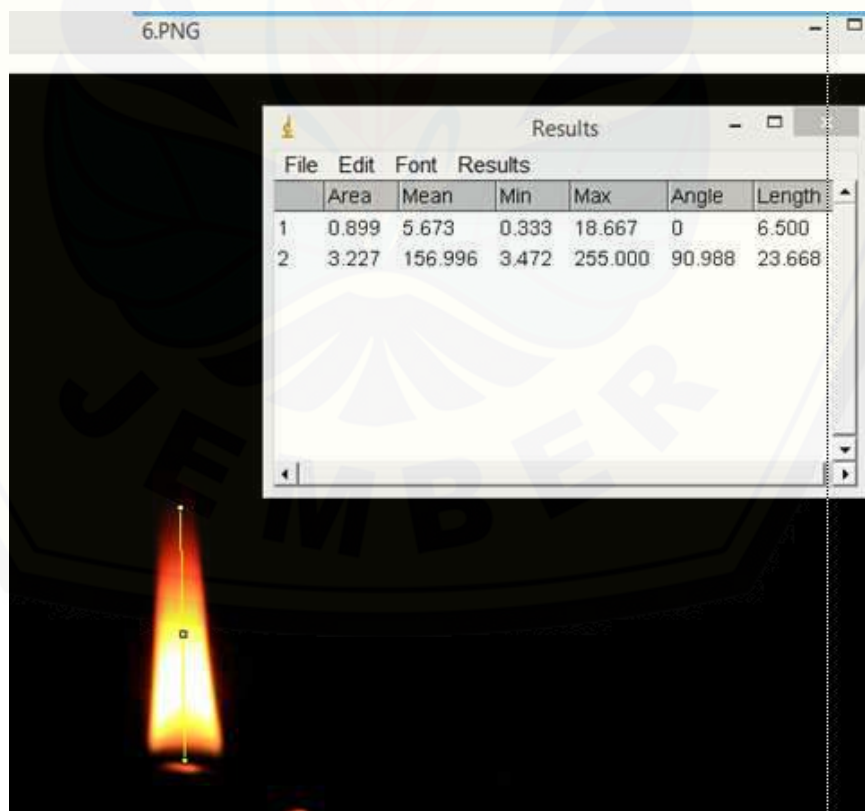
Gambar A.42 Pengukuran tinggi api percobaan ke-2 bahan bakar B30



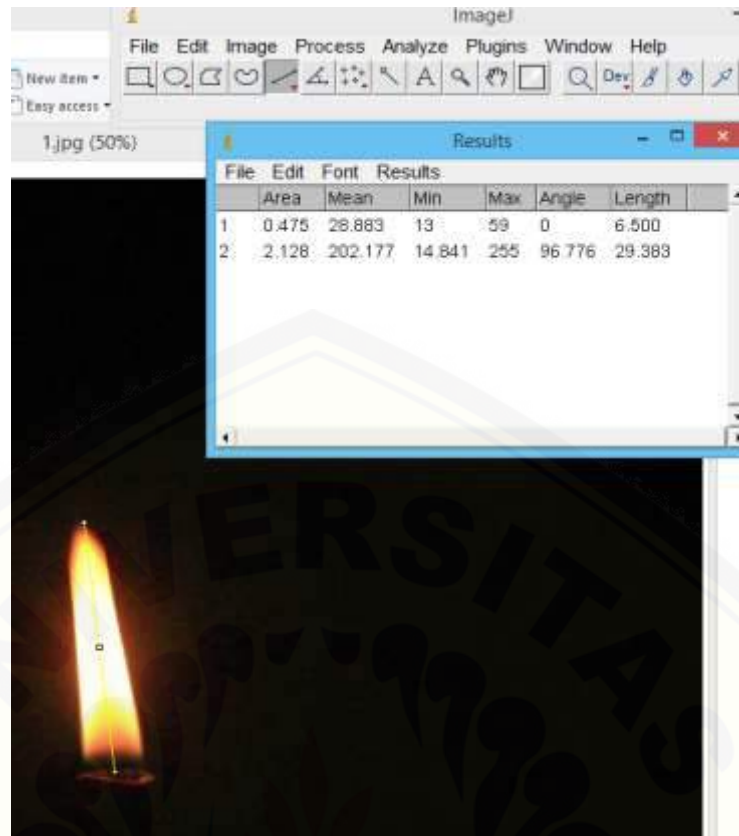
Gambar A.43 Pengukuran tinggi api percobaan ke-3 bahan bakar B30



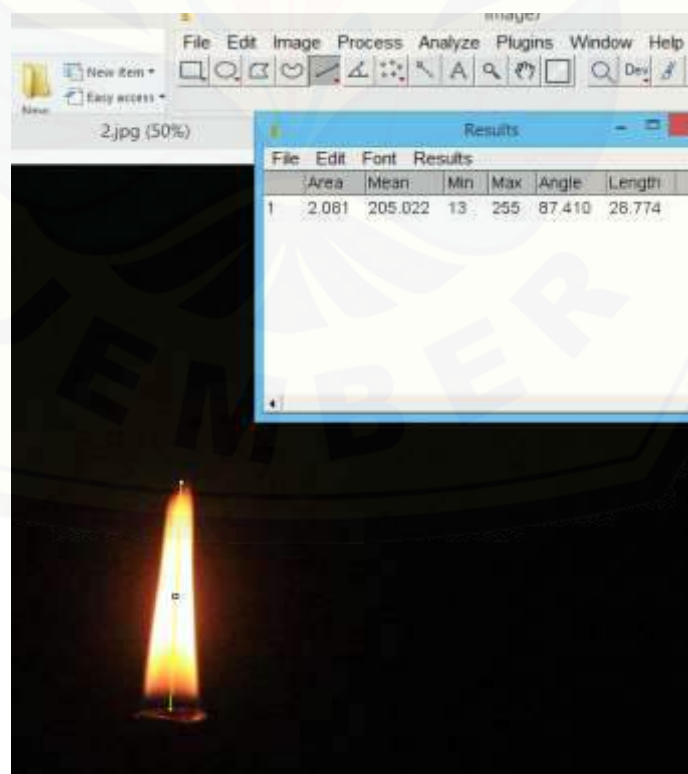
Gambar A.44 Pengukuran tinggi api percobaan ke-4 bahan bakar B30



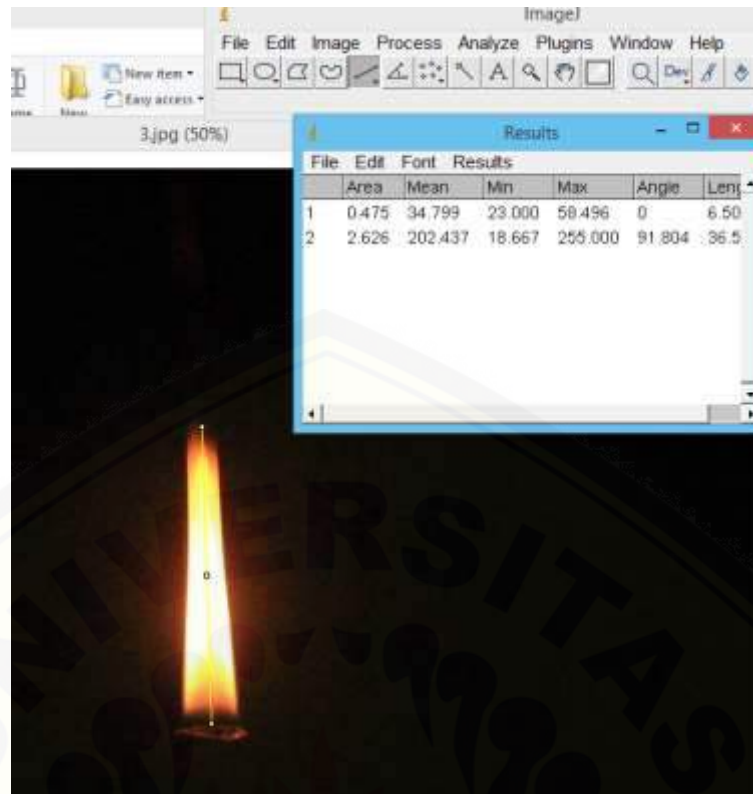
Gambar A.45 Pengukuran tinggi api percobaan ke-5 bahan bakar B30



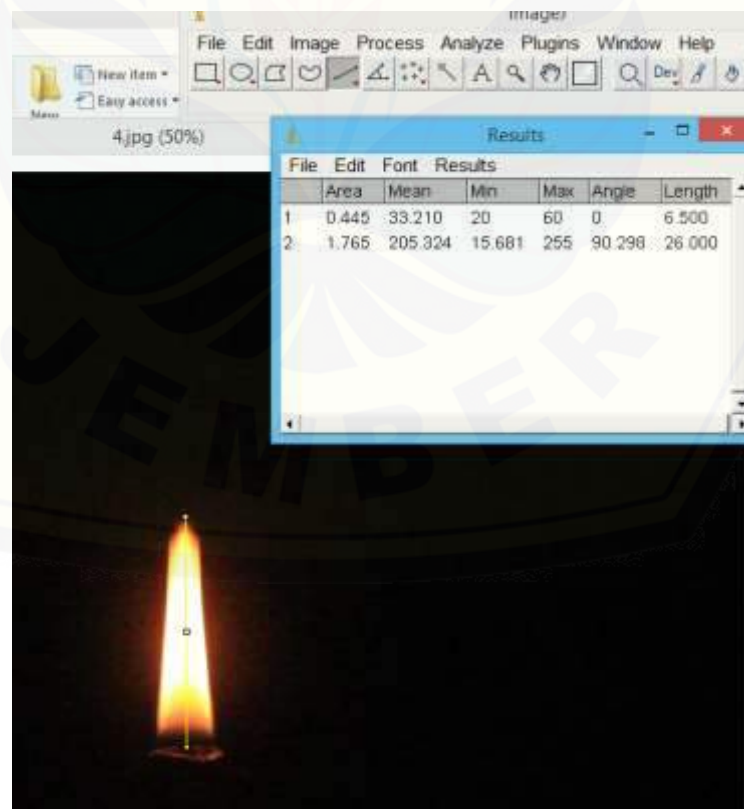
Gambar A.46 Pengukuran tinggi api percobaan ke-1 bahan bakar biodiesel



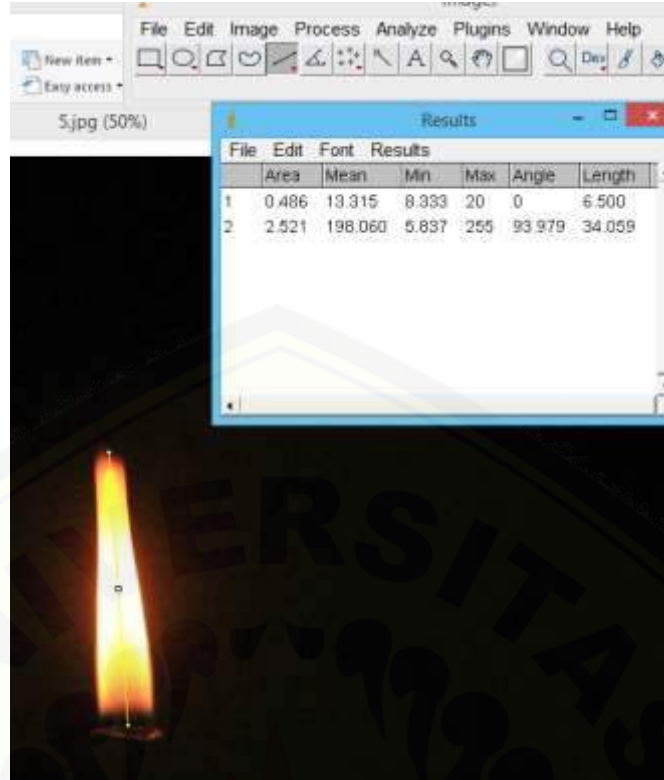
Gambar A.47 Pengukuran tinggi api percobaan ke-2 bahan bakar biodiesel



Gambar A.48 Pengukuran tinggi api percobaan ke-3 bahan bakar biodiesel

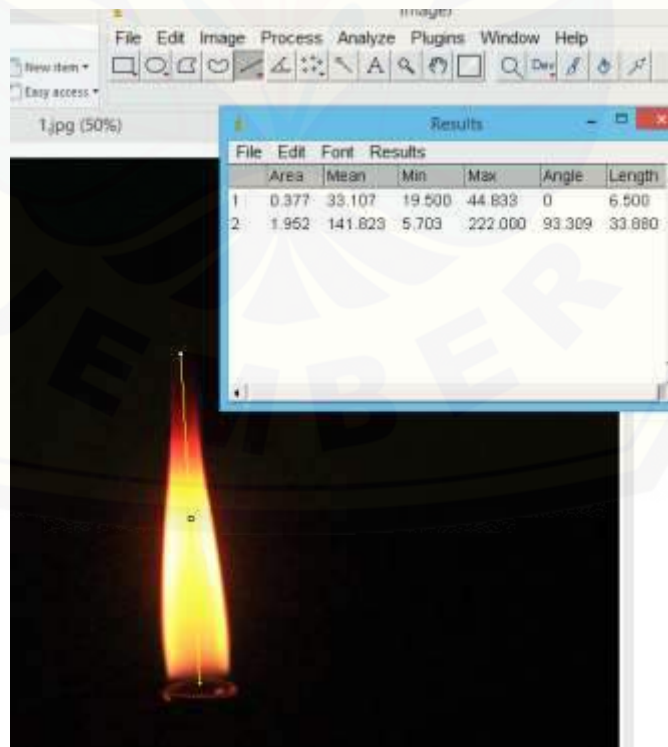


Gambar A.49 Pengukuran tinggi api percobaan ke-4 bahan bakar biodiesel

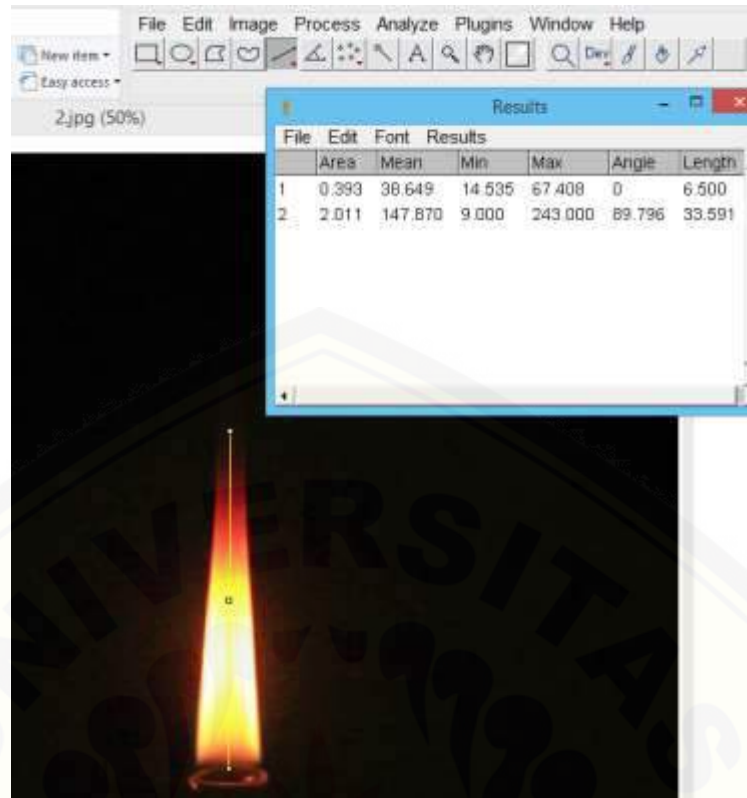


Gambar A.50 Pengukuran tinggi api percobaan ke-5 bahan bakar biodiesel

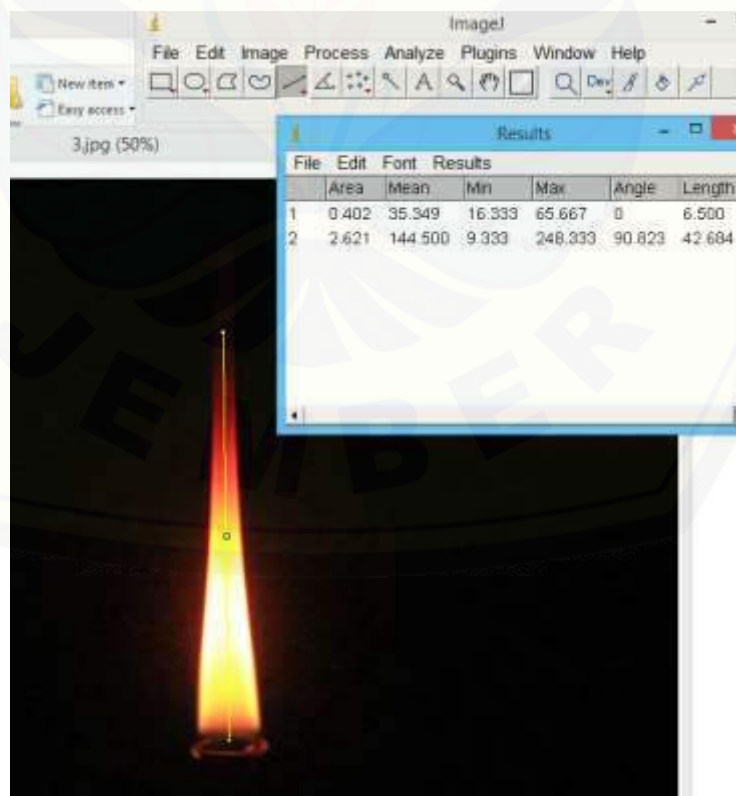
3. Tinggi Nyala Api pada Debit 6 ml/h



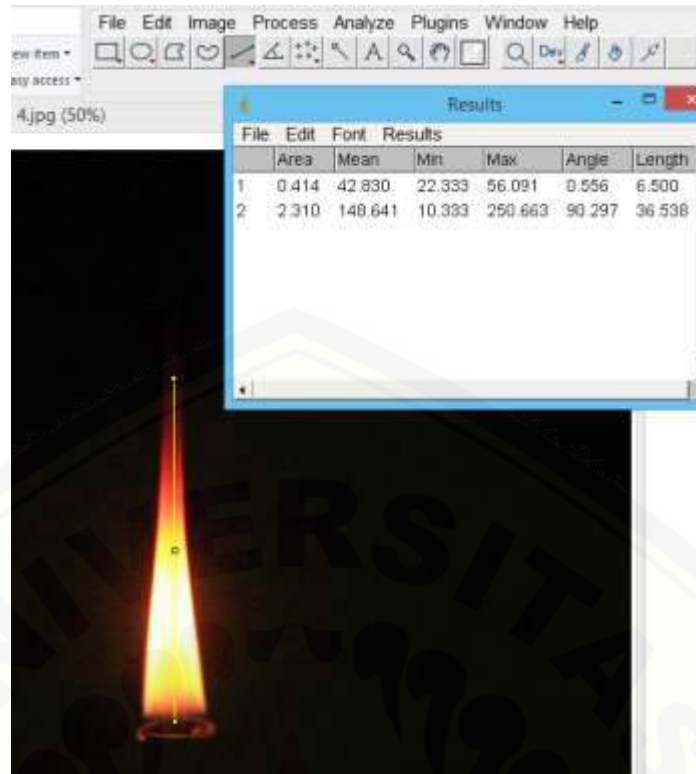
Gambar A.51 Pengukuran tinggi api percobaan ke-1 bahan bakar biosolar



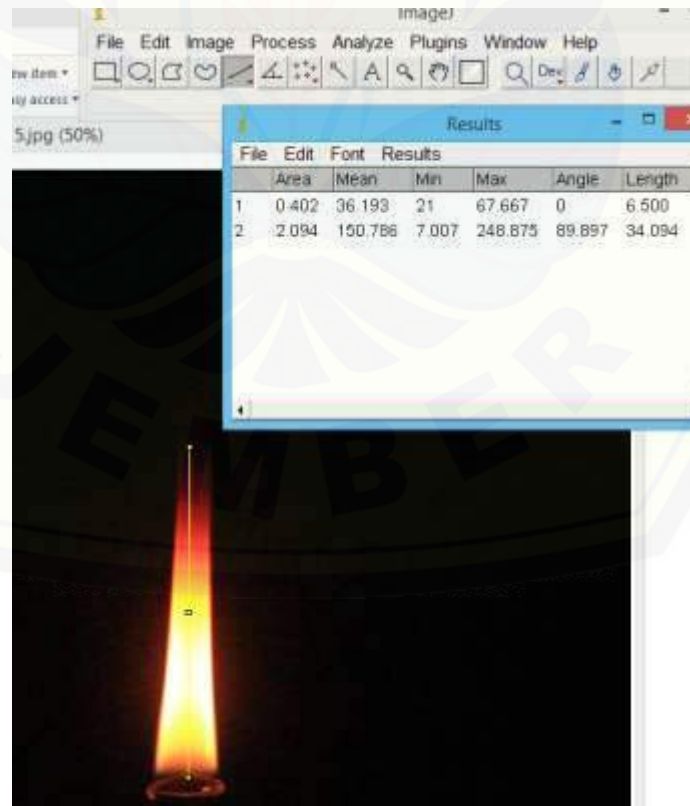
Gambar A. 52 Pengukuran tinggi api percobaan ke- 2 bahan bakar biosolar



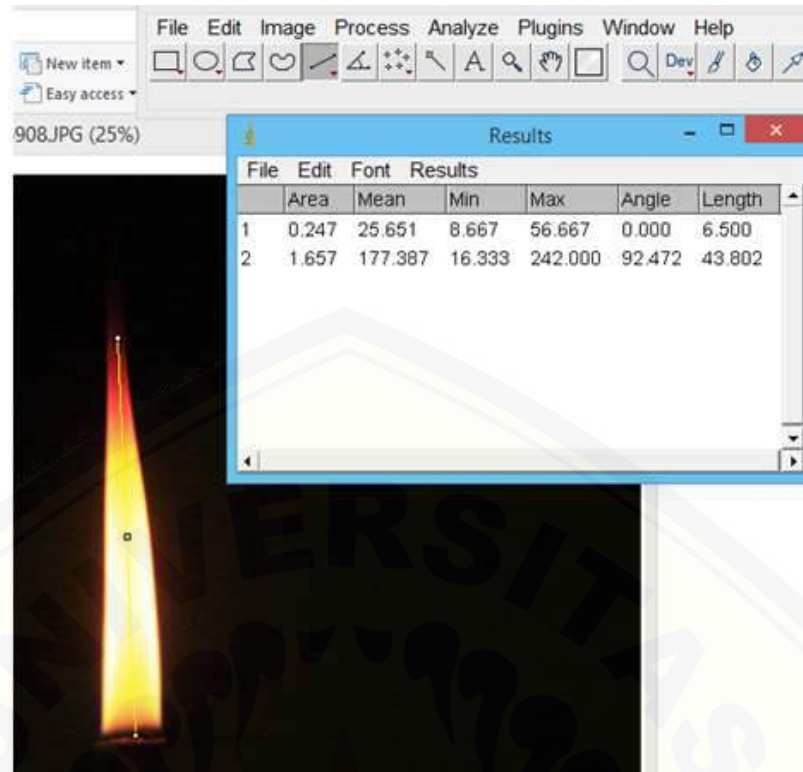
Gambar A.53 Pengukuran tinggi api percobaan ke-3 bahan bakar biosolar



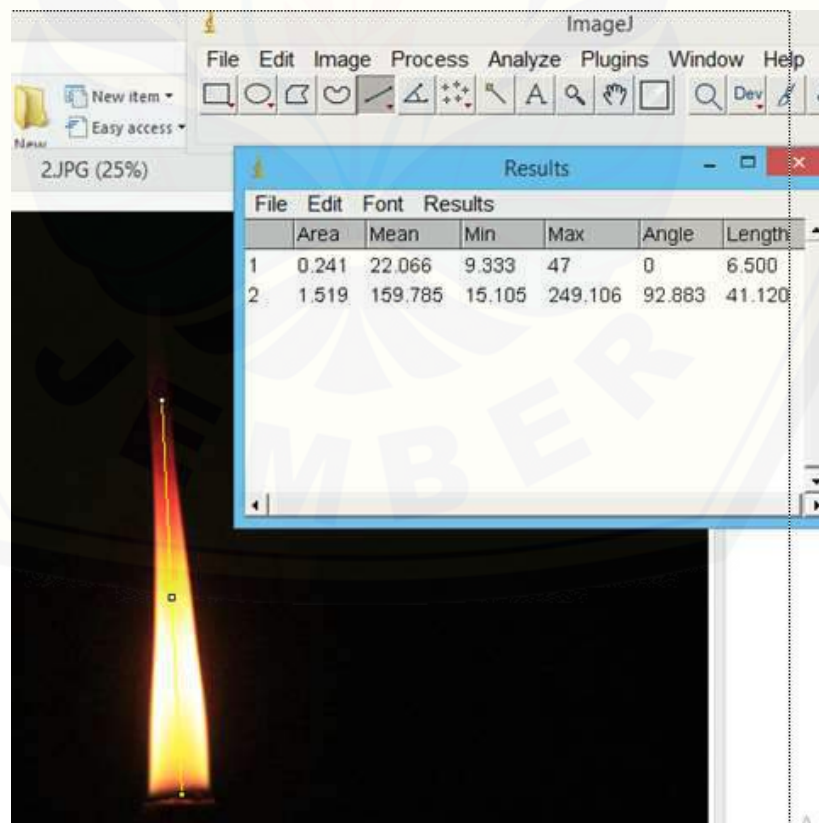
Gambar A.54 Pengukuran tinggi api percobaan ke-4 bahan bakar biosolar



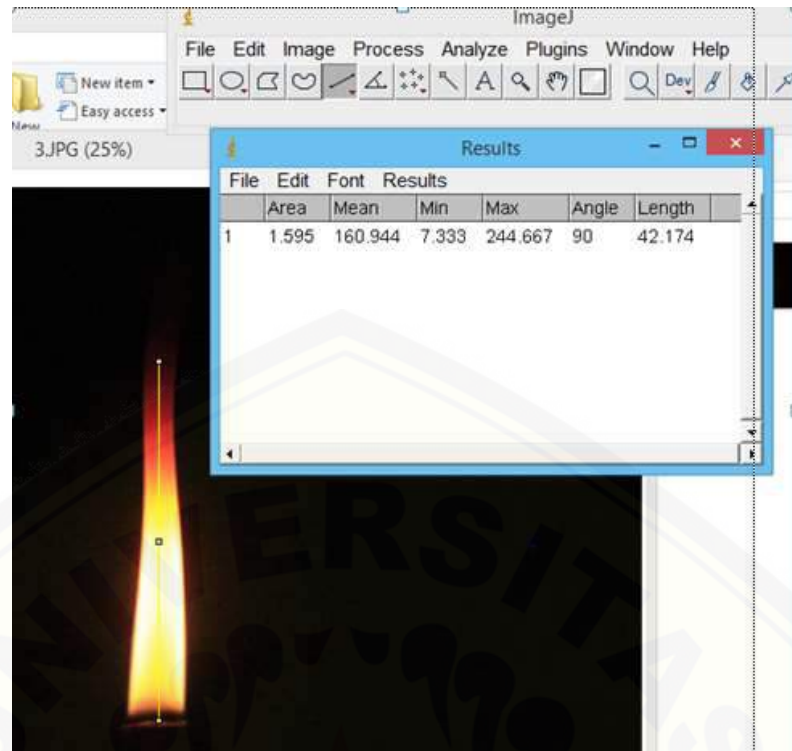
Gambar A.55 Pengukuran tinggi api percobaan ke-5 bahan bakar biosolar



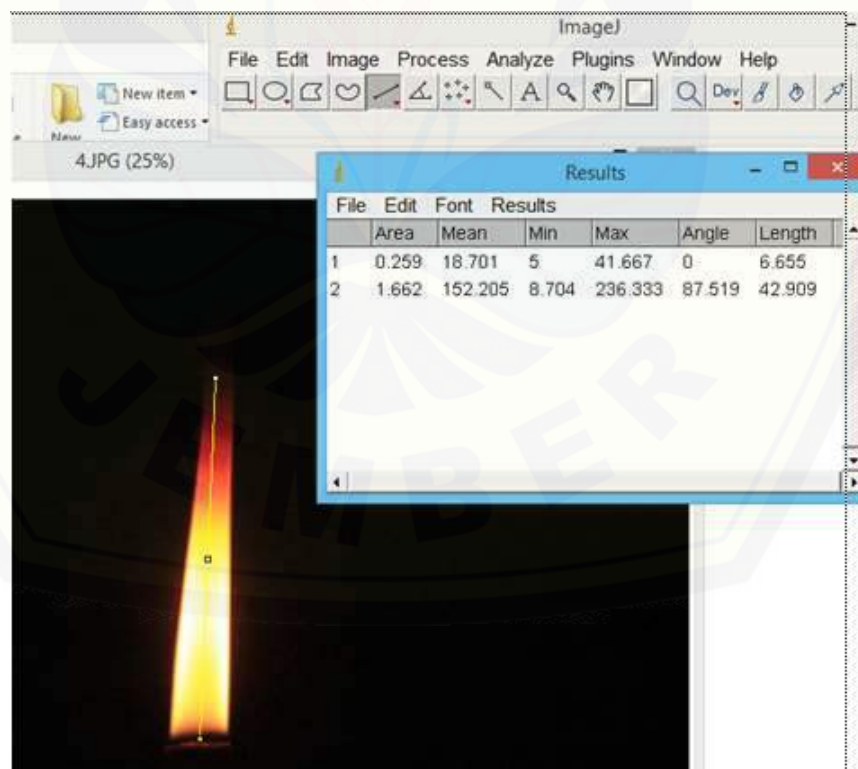
Gambar A.56 Pengukuran tinggi api percobaan ke-1 bahan bakar B10



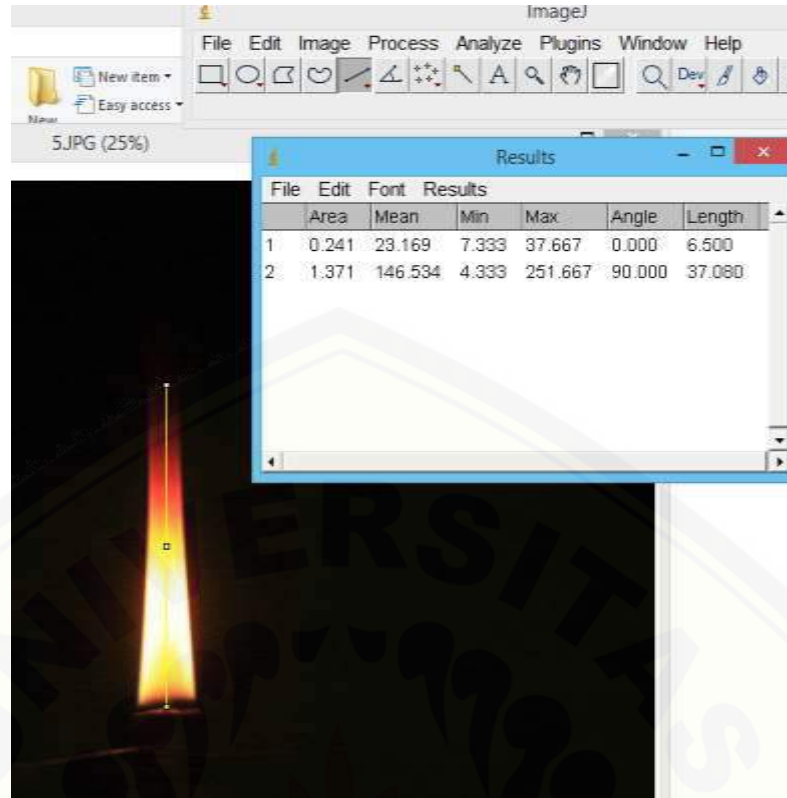
Gambar A.57 Pengukuran tinggi api percobaan ke-2 bahan bakar B10



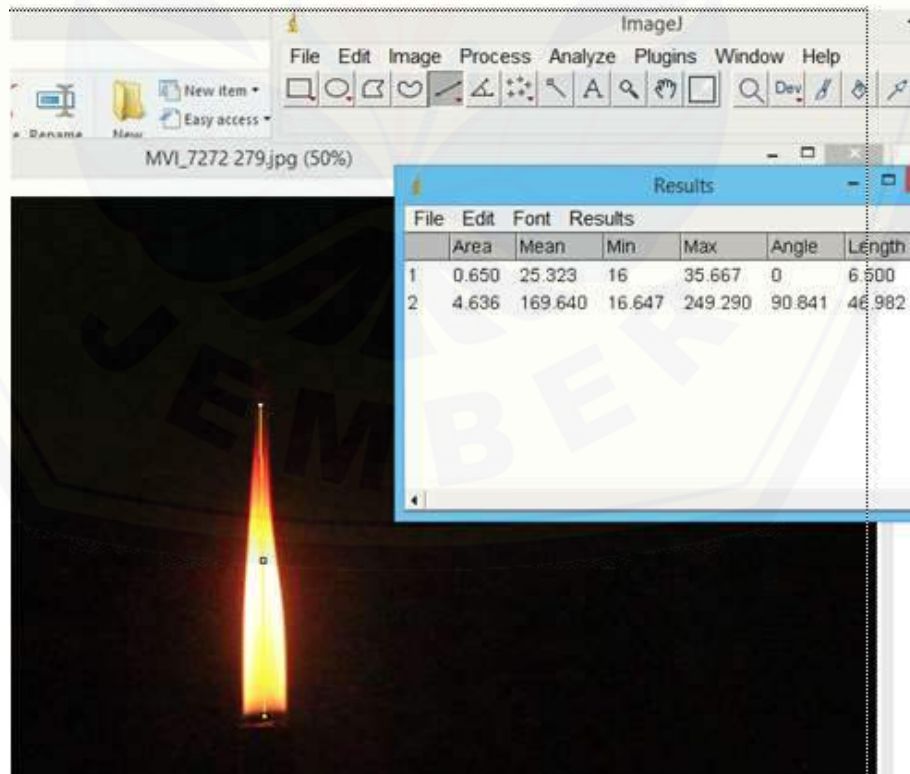
Gambar A.58 Pengukuran tinggi api percobaan ke-3 bahan bakar B10



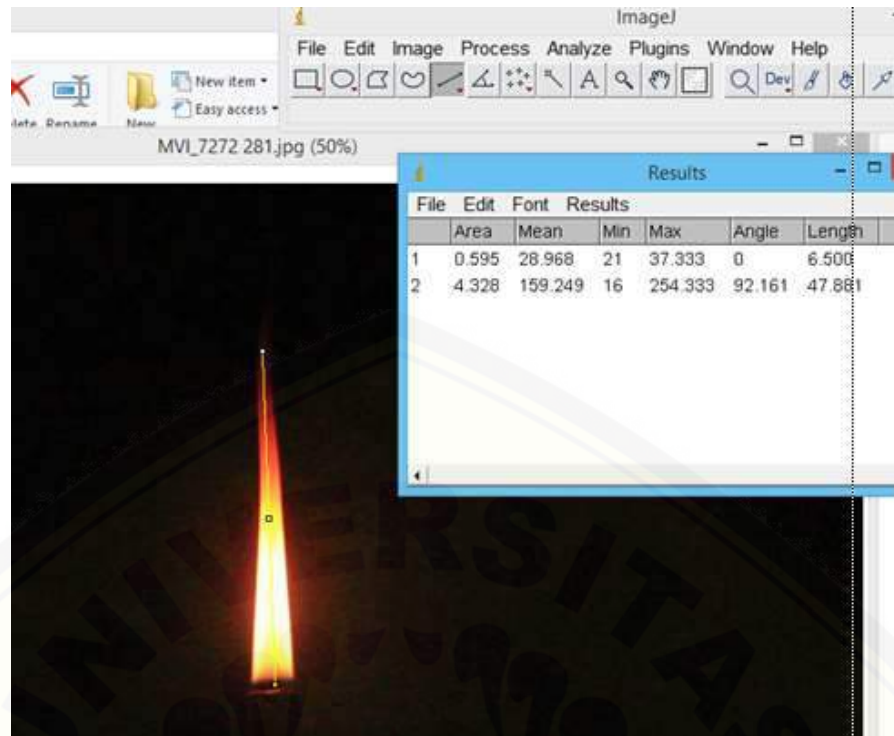
Gambar A.59 Pengukuran tinggi api percobaan ke-4 bahan bakar B10



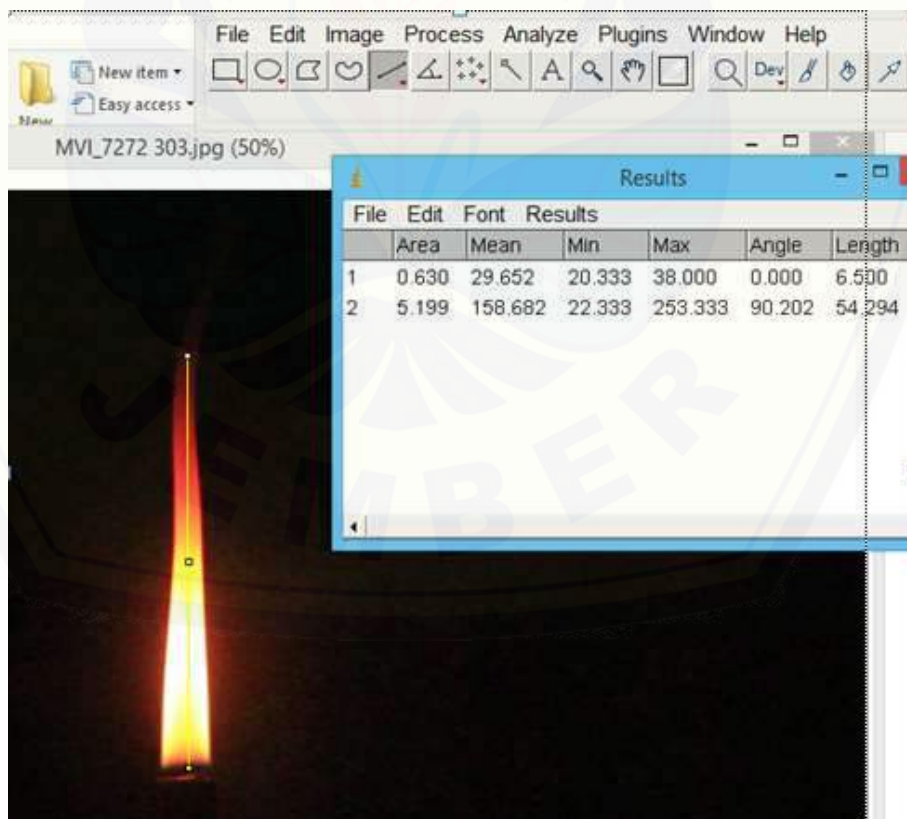
Gambar A.60 Pengukuran tinggi api percobaan ke-5 bahan bakar B10



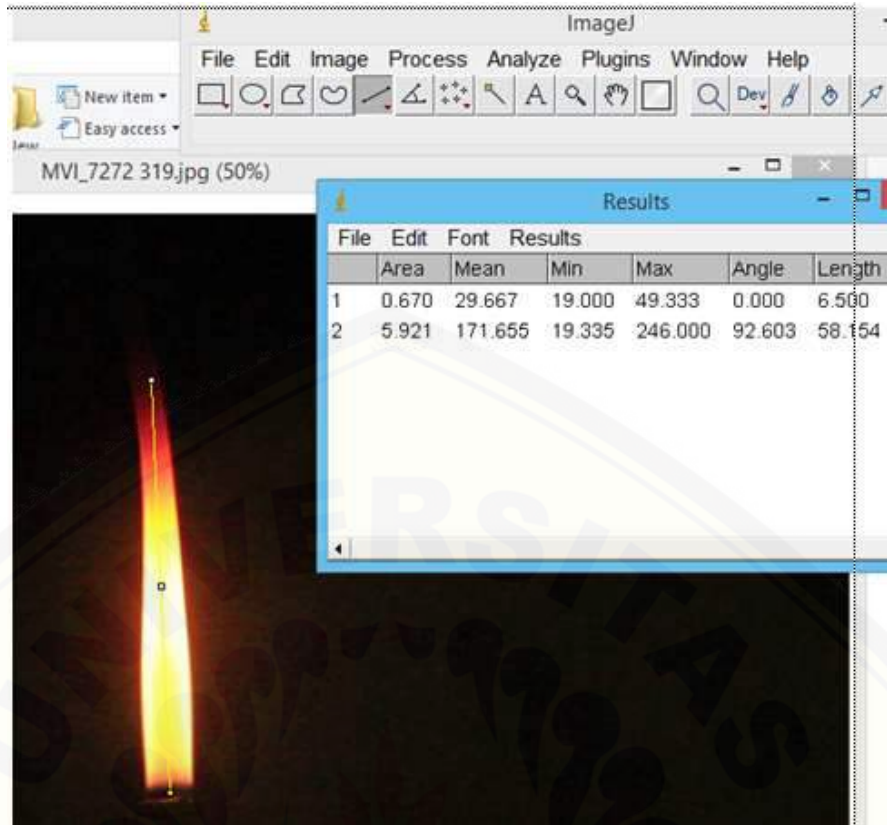
Gambar A.61 Pengukuran tinggi api percobaan ke-1 bahan bakar B20



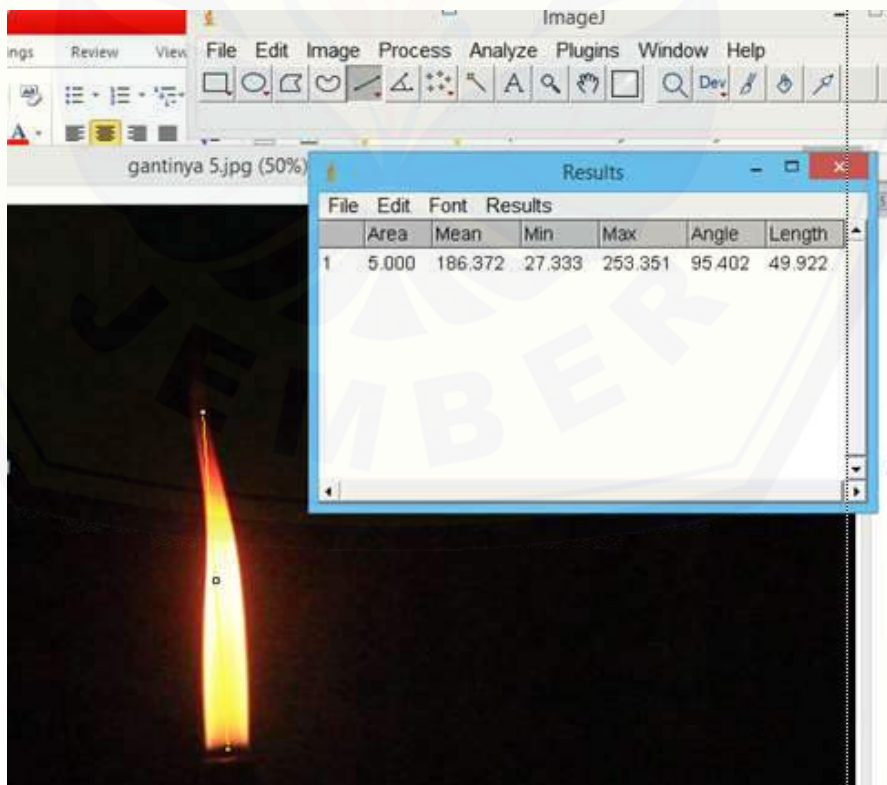
Gambar A.62 Pengukuran tinggi api percobaan ke-2 bahan bakar B20



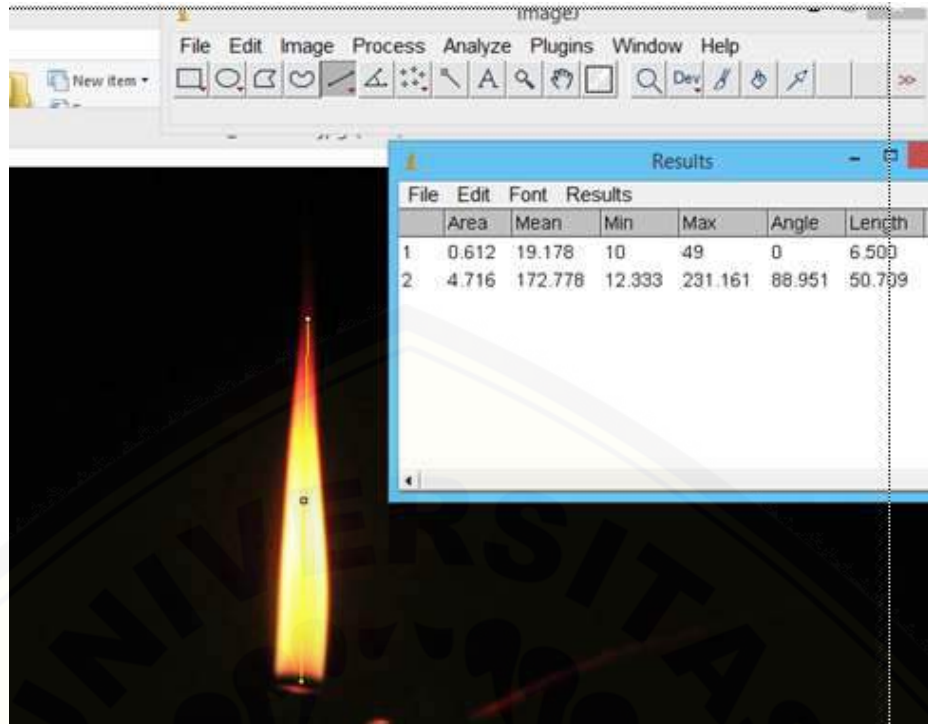
Gambar A.63 Pengukuran tinggi api percobaan ke-3 bahan bakar B20



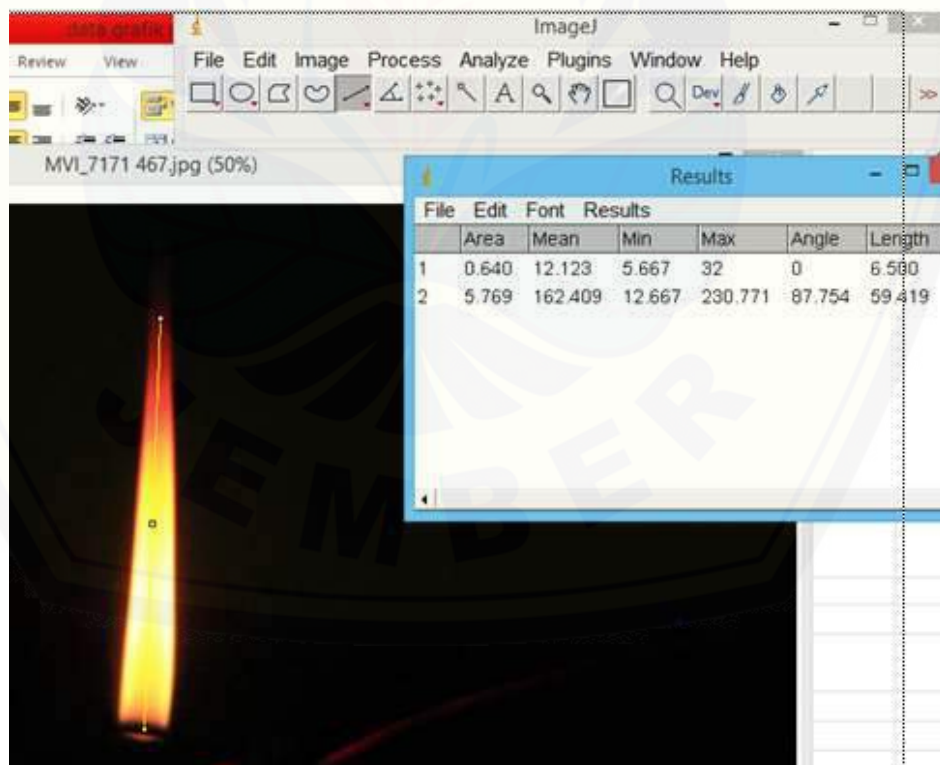
Gambar A.64 Pengukuran tinggi api percobaan ke-4 bahan bakar B20



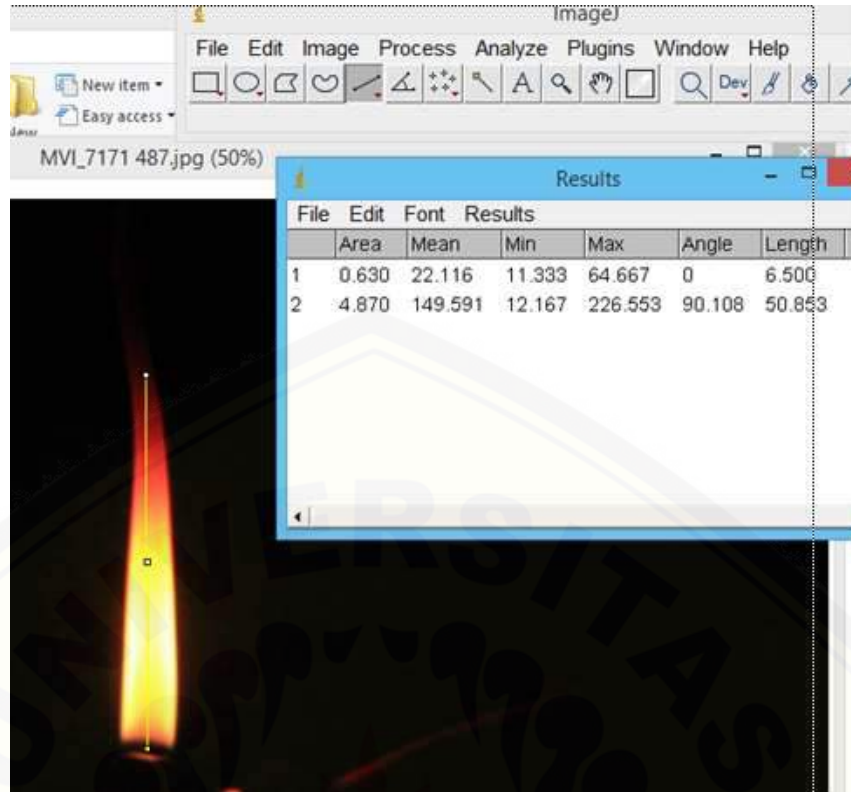
Gambar A.65 Pengukuran tinggi api percobaan ke-5 bahan bakar B20



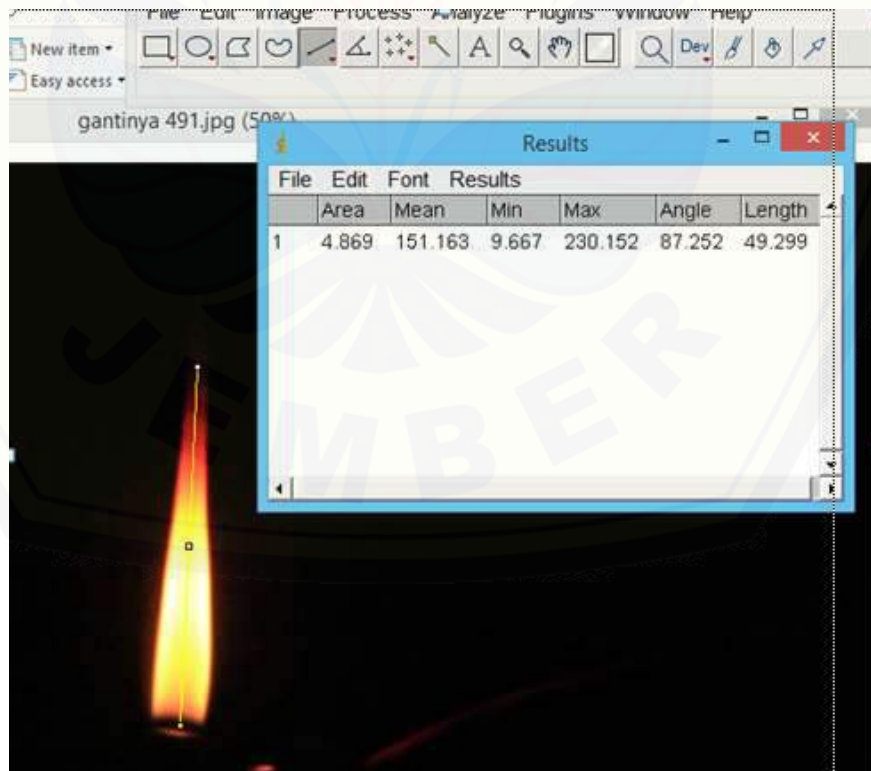
Gambar A.66 Pengukuran tinggi api percobaan ke-1 bahan bakar B30



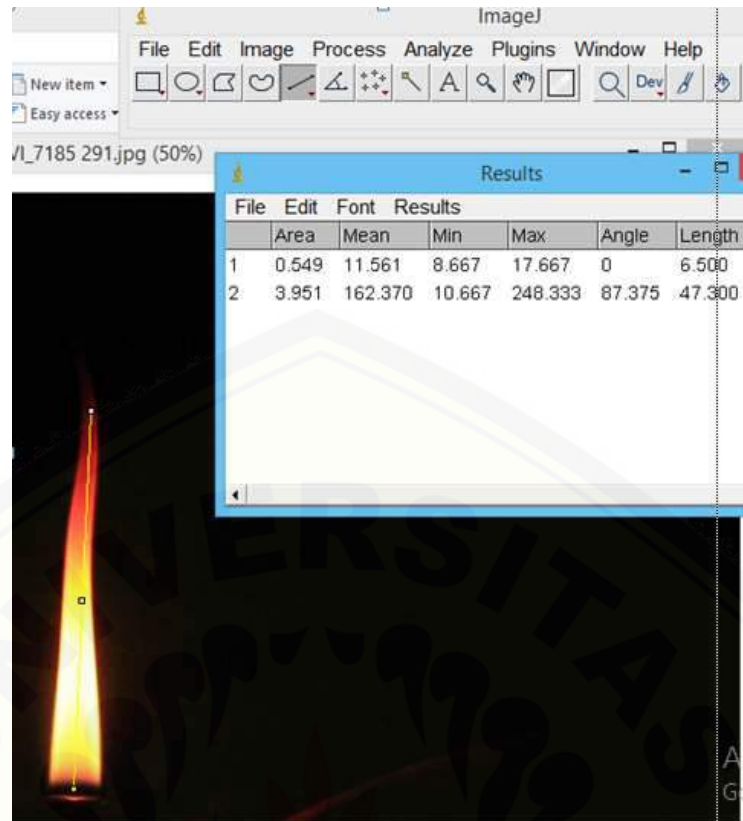
Gambar A.67 Pengukuran tinggi api percobaan ke-2 bahan bakar B30



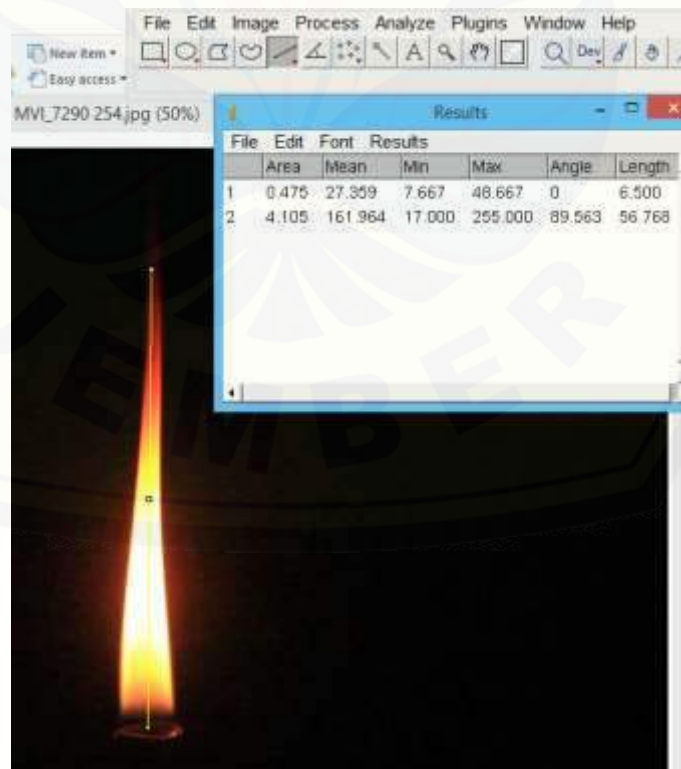
Gambar A.68 Pengukuran tinggi api percobaan ke-3 bahan bakar B30



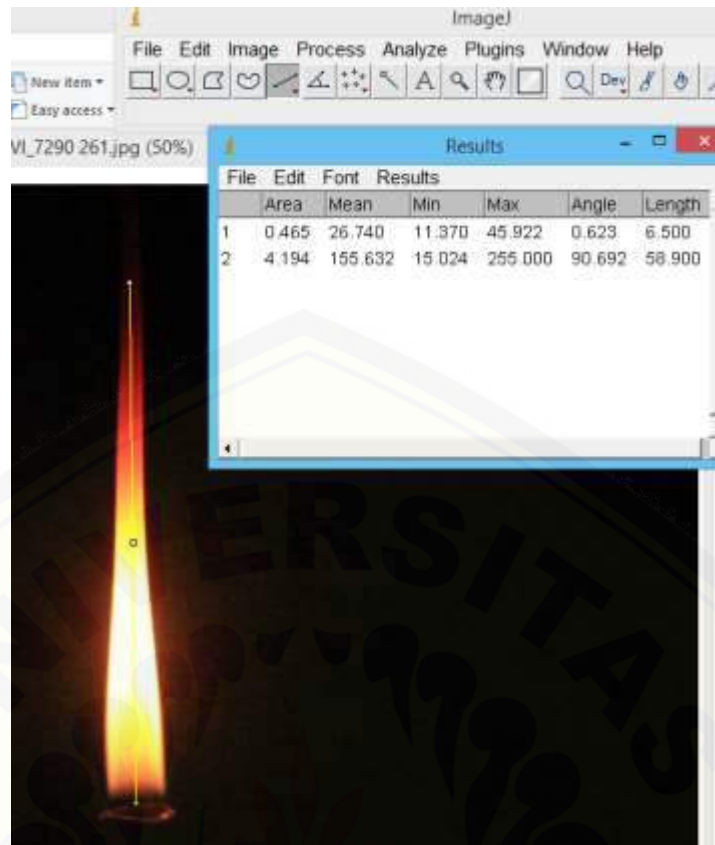
Gambar A.69 Pengukuran tinggi api percobaan ke-4 bahan bakar B30



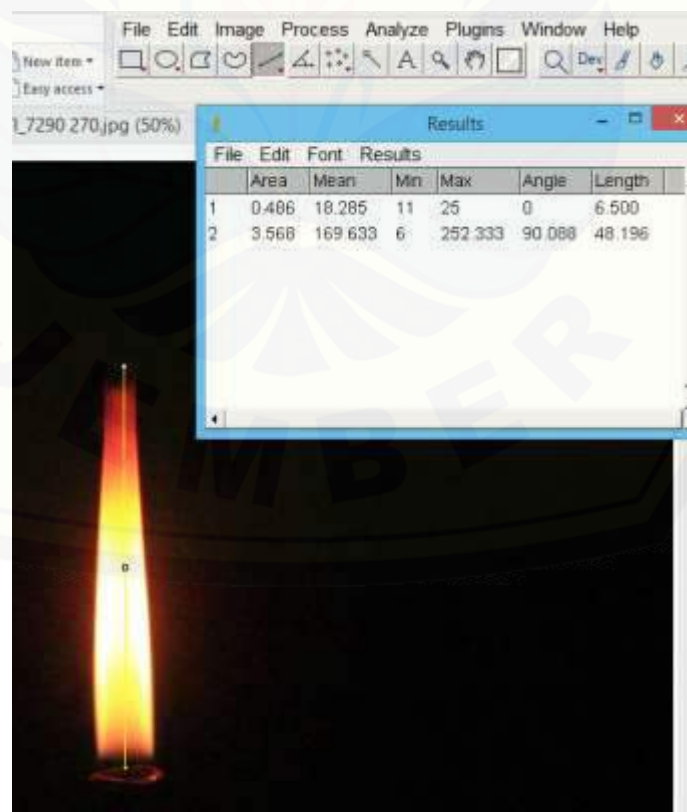
Gambar A.70 Pengukuran tinggi api percobaan ke-5 bahan bakar B30



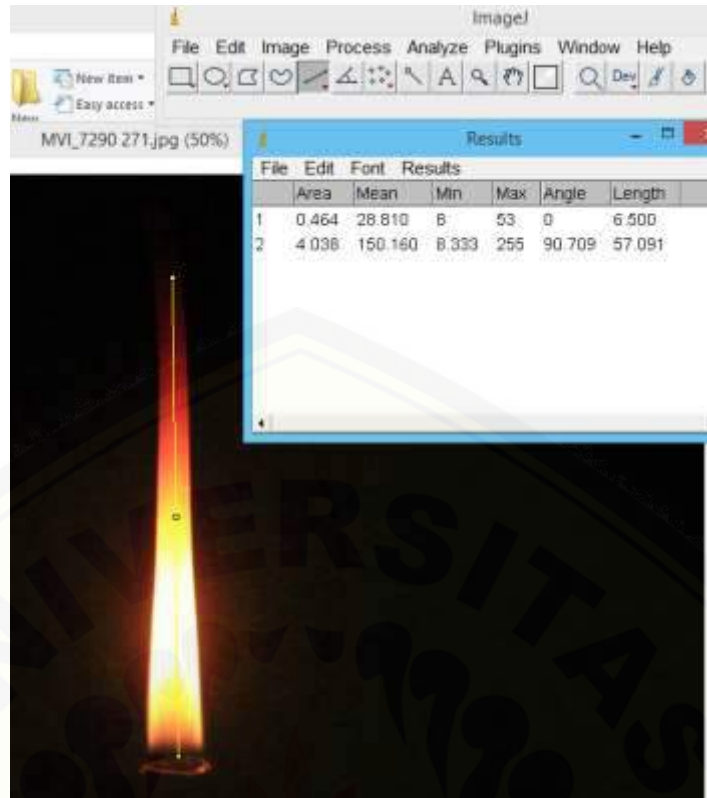
Gambar A.71 Pengukuran tinggi api percobaan ke-1 bahan bakar biodiesel



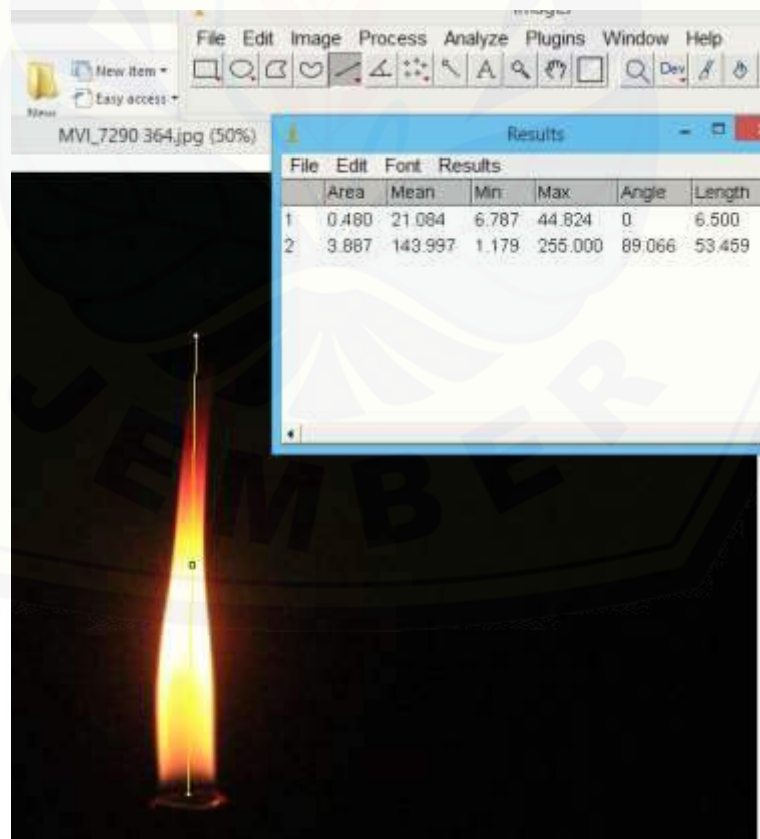
Gambar A.72 Pengukuran tinggi api percobaan ke-2 bahan bakar biodiesel



Gambar A.73 Pengukuran tinggi api percobaan ke-3 bahan bakar biodiesel



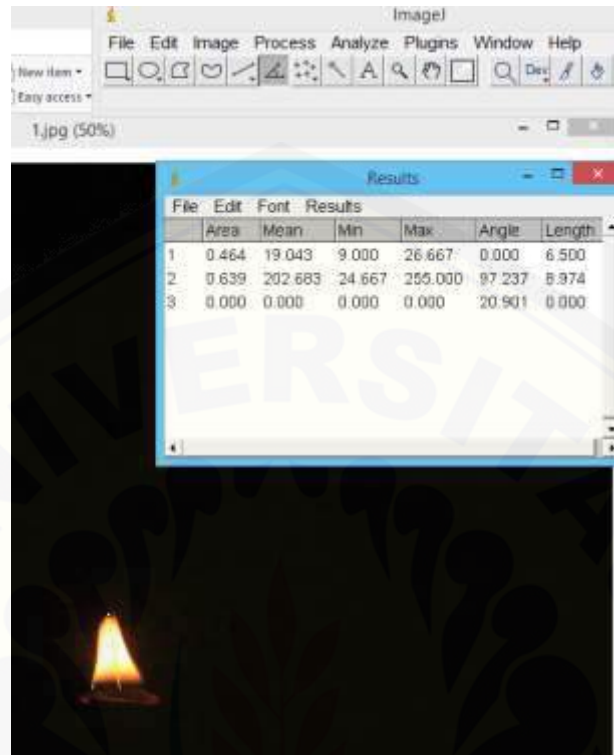
Gambar A.74 Pengukuran tinggi api percobaan ke-4 bahan bakar biodiesel



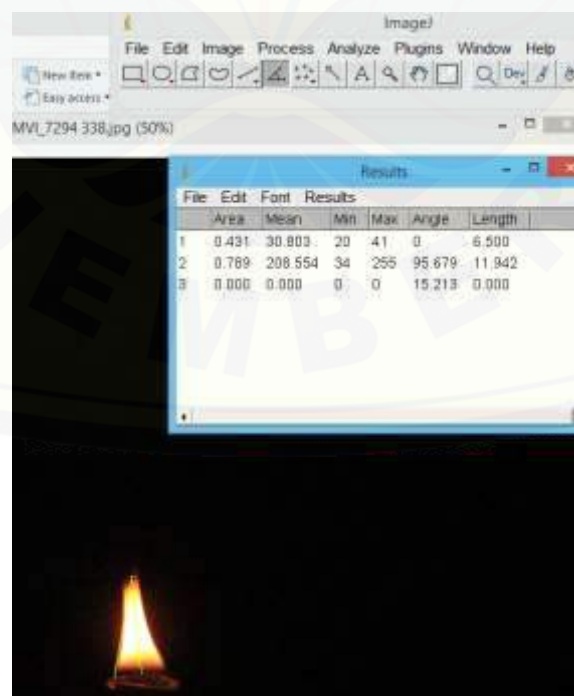
Gambar A.75 Pengukuran tinggi api percobaan ke-5 bahan bakar biodiesel

A.2 Pengukuran Sudut Nyala Api

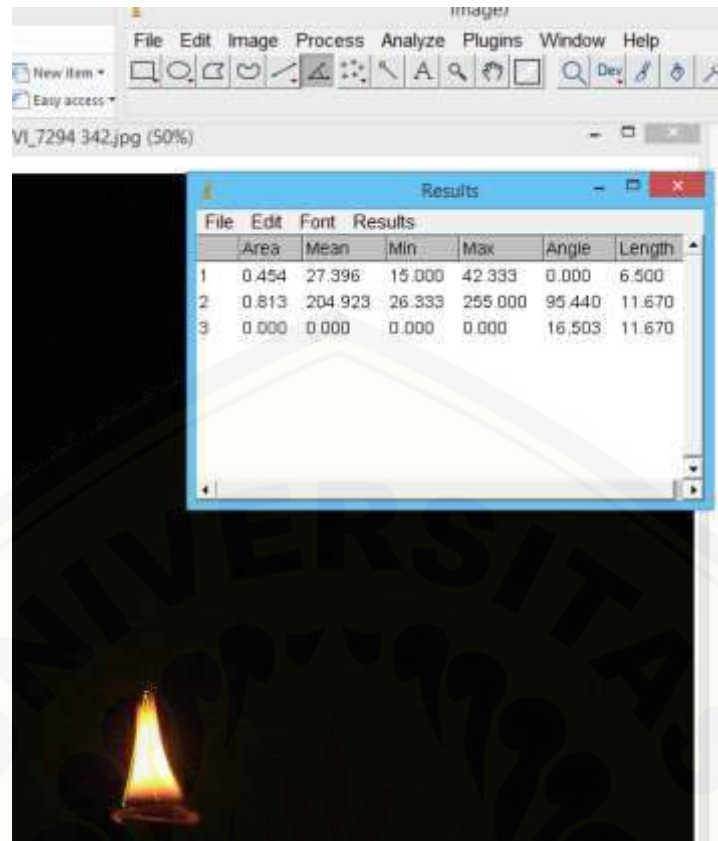
1. Sudut Nyala Api pada Debit 2 ml/h



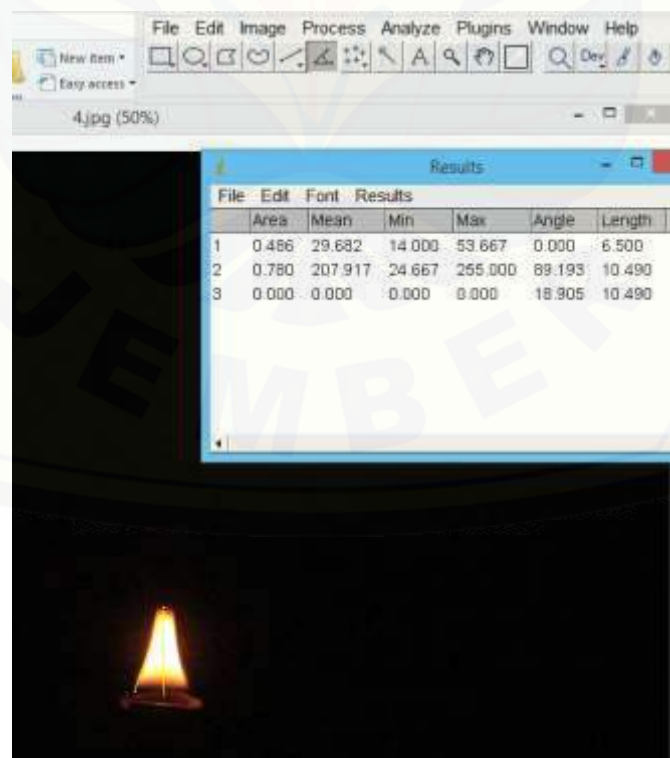
Gambar A.76 Pengukuran sudut api percobaan ke-1 bahan bakar biosolar



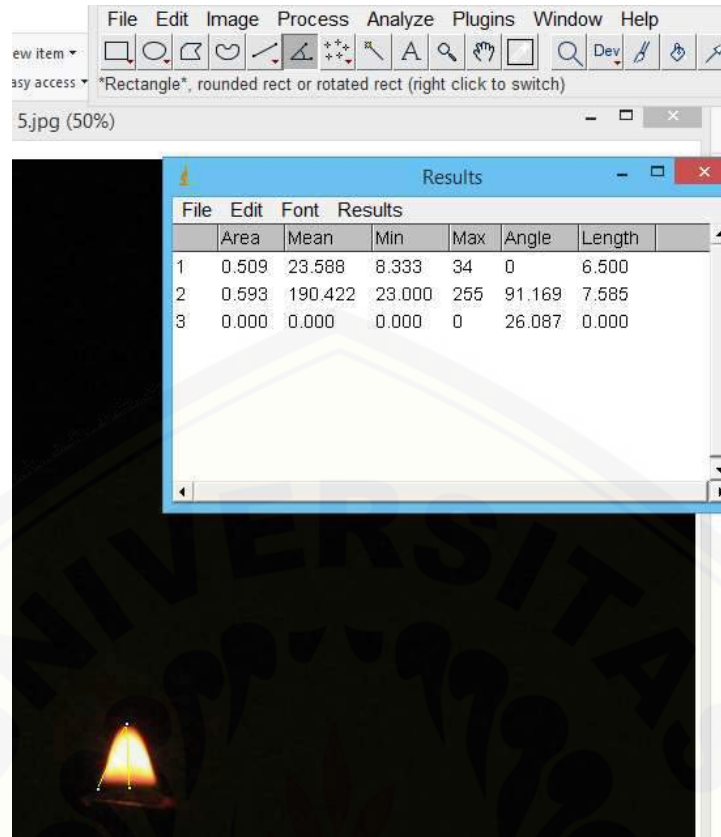
Gambar A.77 Pengukuran sudut api percobaan ke-2 bahan bakar biosolar



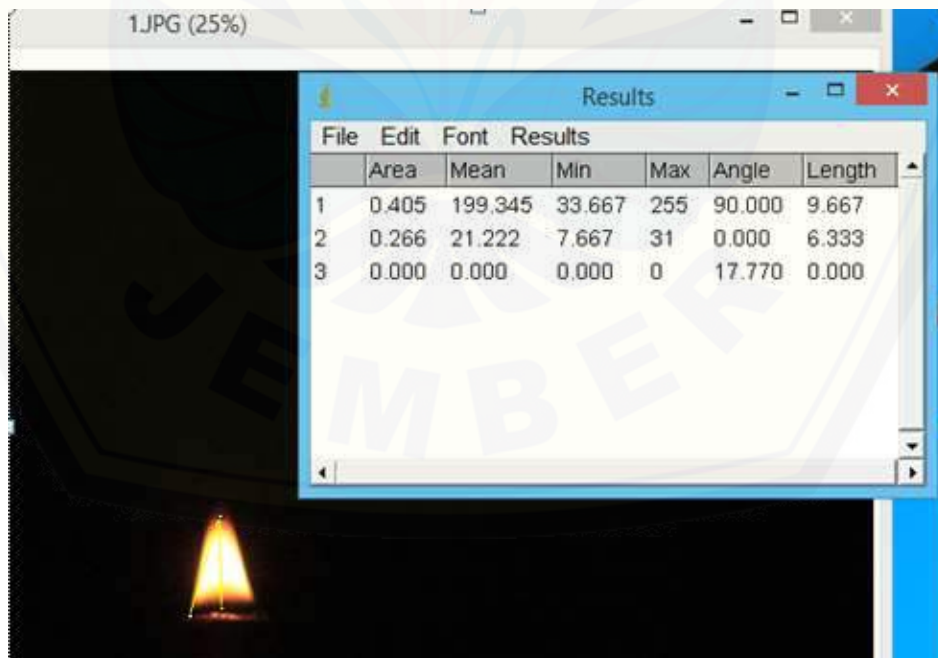
Gambar A.78 Pengukuran sudut api percobaan ke-3 bahan bakar biosolar



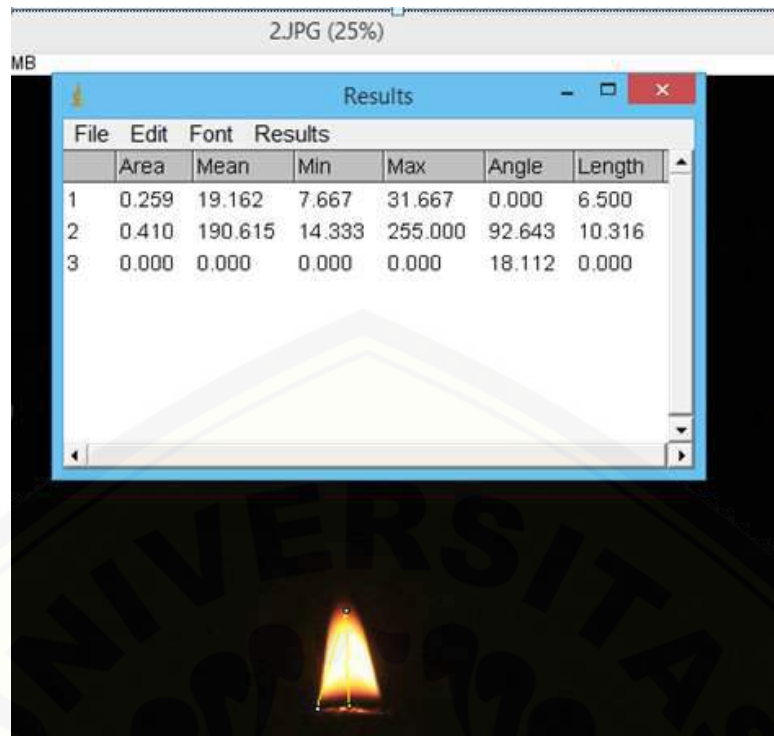
Gambar A.79 Pengukuran sudut api percobaan ke-4 bahan bakar biosolar



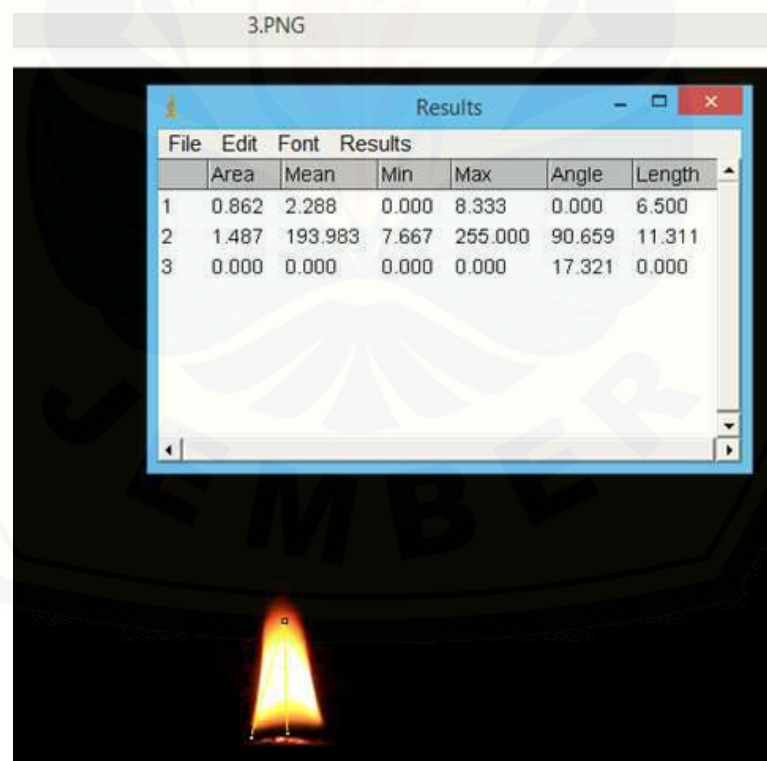
Gambar A.80 Pengukuran sudut api percobaan ke-5 bahan bakar biosolar



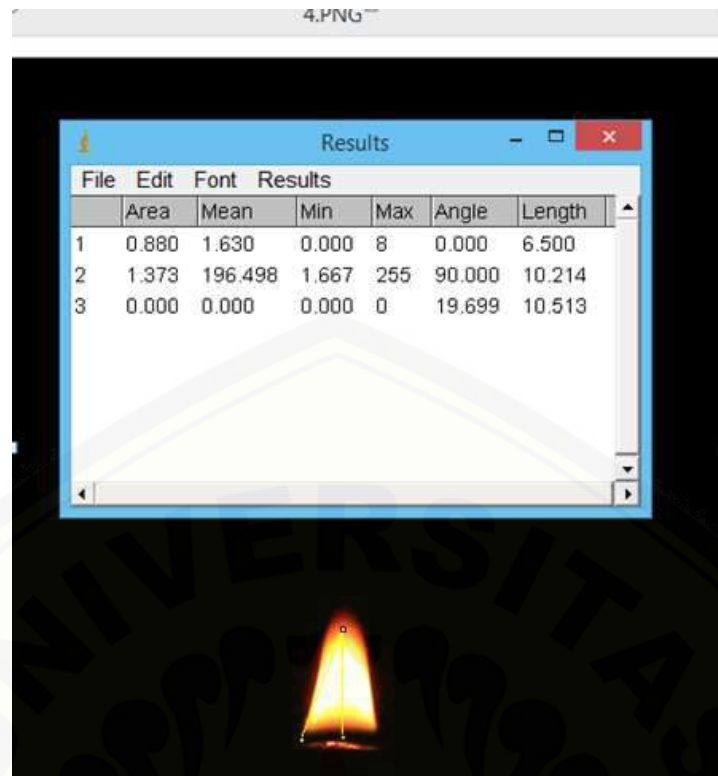
Gambar A.81 Pengukuran sudut api percobaan ke-1 bahan bakar B10



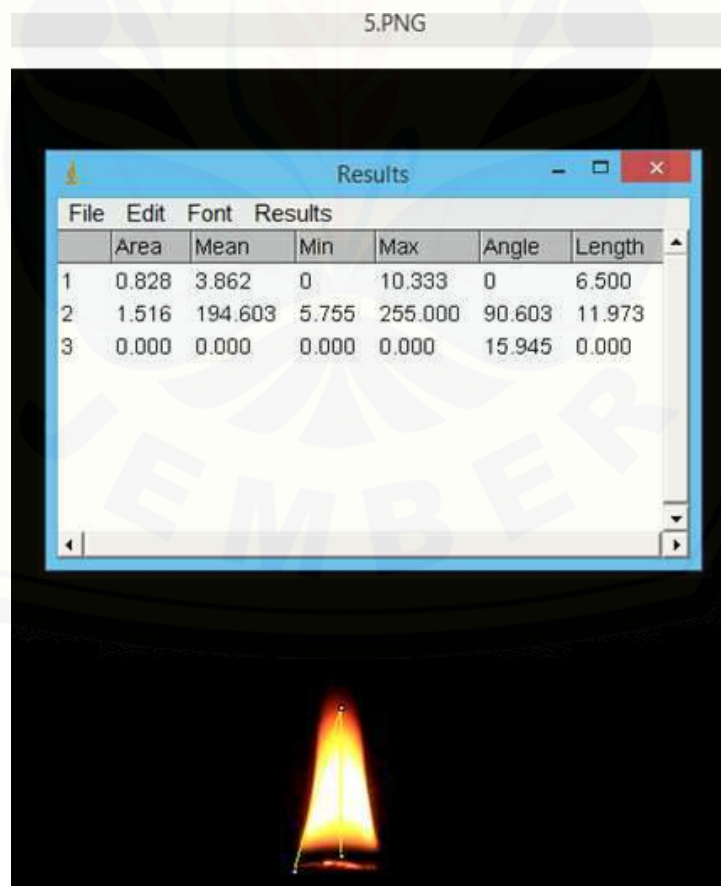
Gambar A.82 Pengukuran sudut api percobaan ke-2 bahan bakar B10



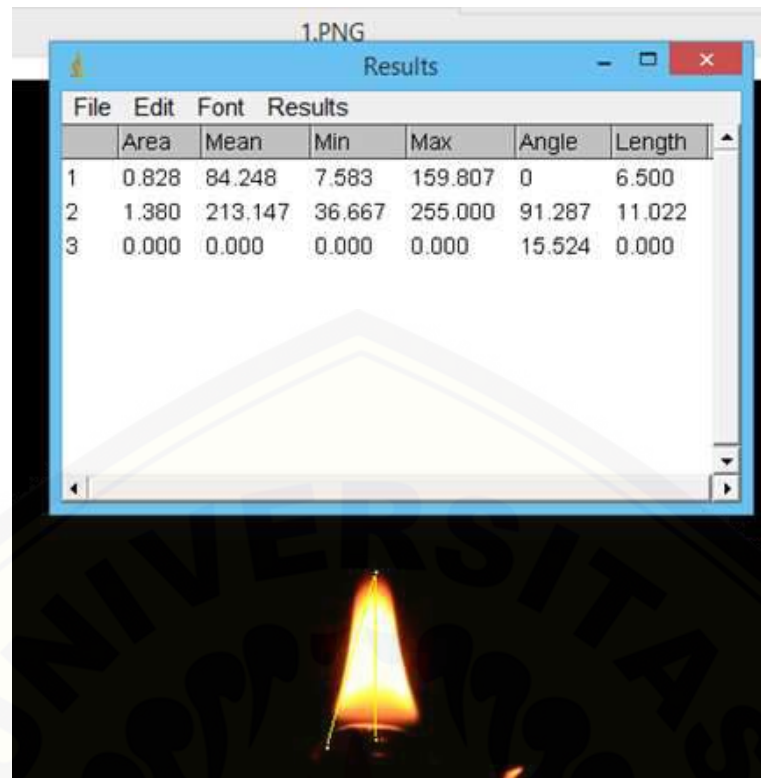
Gambar A.83 Pengukuran sudut api percobaan ke-3 bahan bakar B10



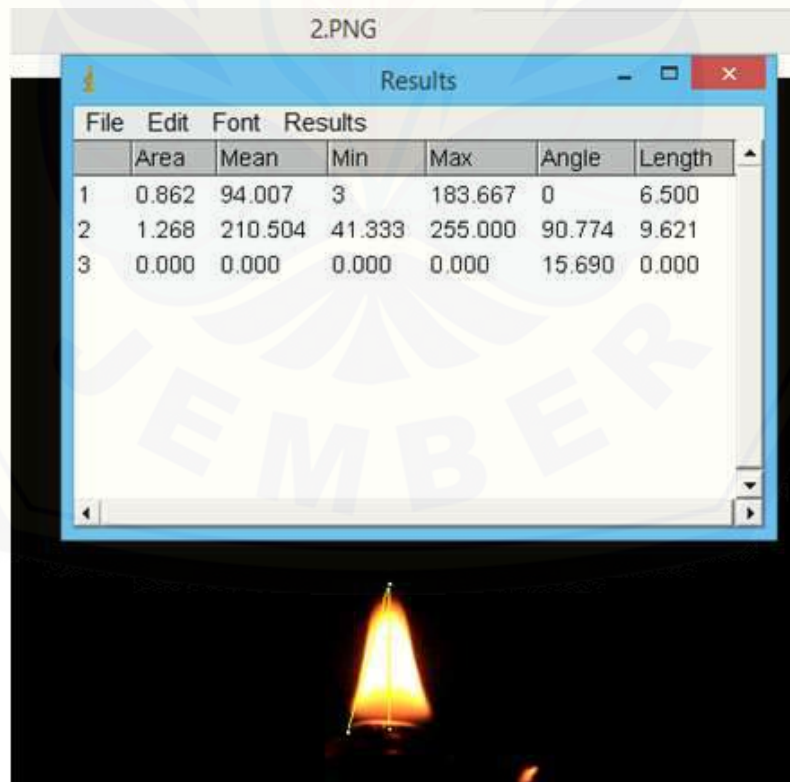
Gambar A.84 Pengukuran sudut api percobaan ke-4 bahan bakar B10



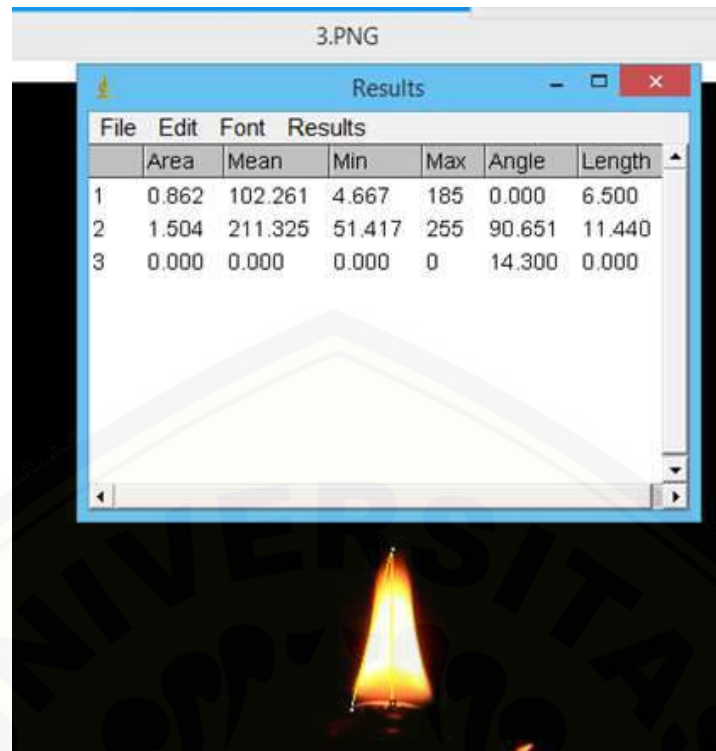
Gambar A.85 Pengukuran sudut api percobaan ke-5 bahan bakar B10



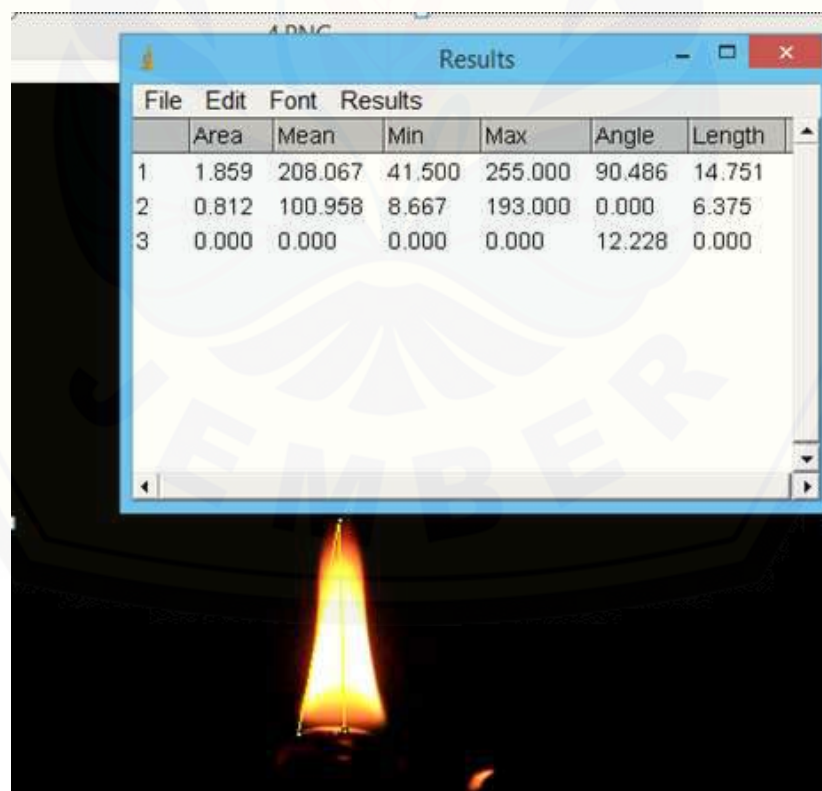
Gambar A.86 Pengukuran sudut api percobaan ke-1 bahan bakar B20



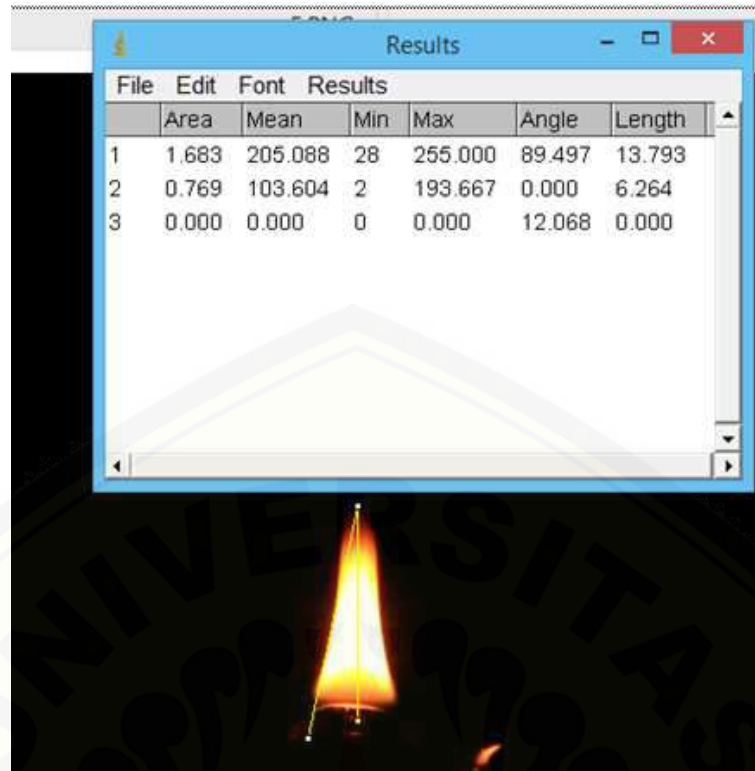
Gambar A.87 Pengukuran sudut api percobaan ke-2 bahan bakar B20



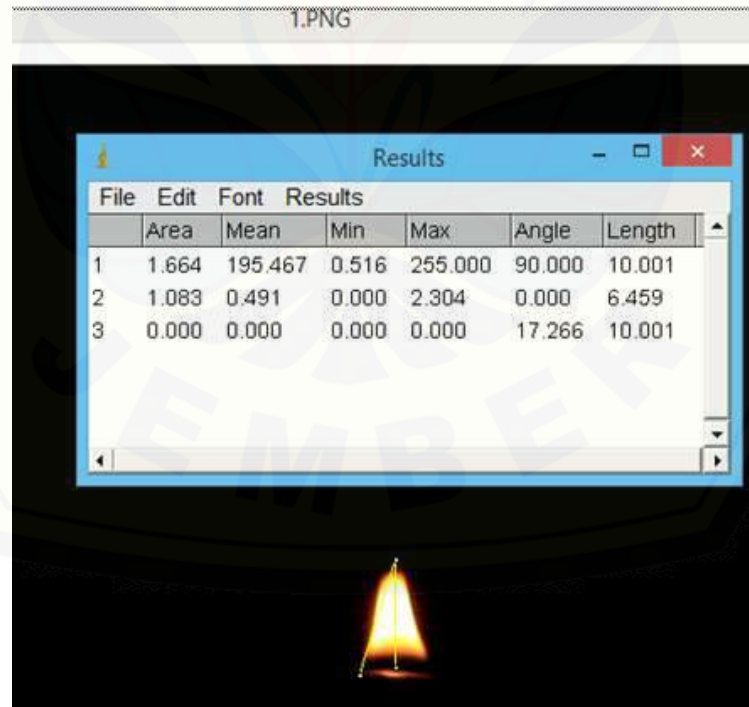
Gambar A.88 Pengukuran sudut api percobaan ke-3 bahan bakar B20



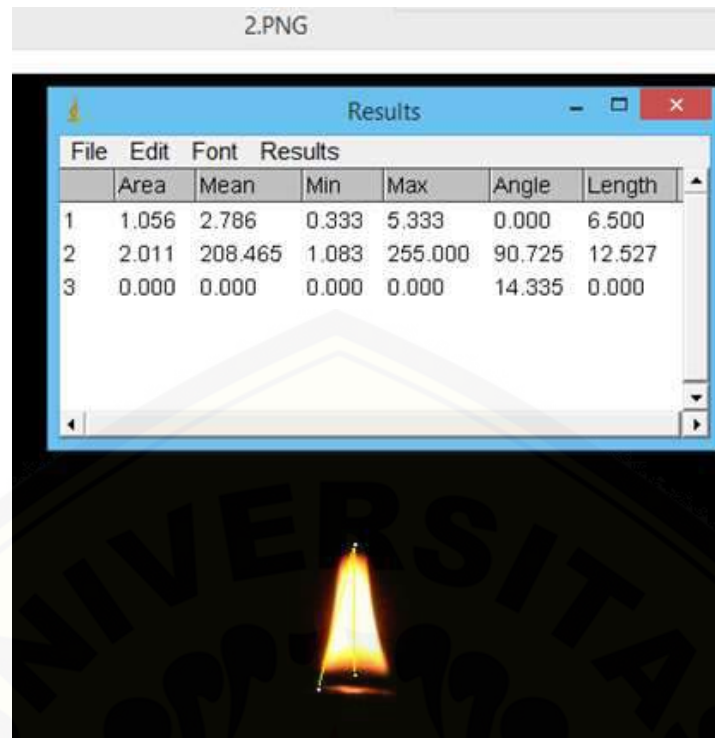
Gambar A.89 Pengukuran sudut api percobaan ke-4 bahan bakar B20



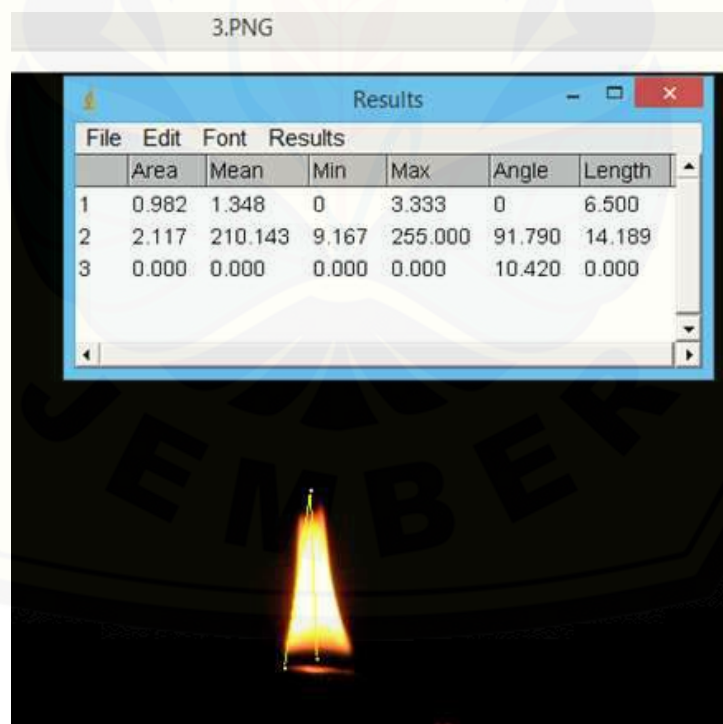
Gambar A.90 Pengukuran sudut api percobaan ke-5 bahan bakar B20



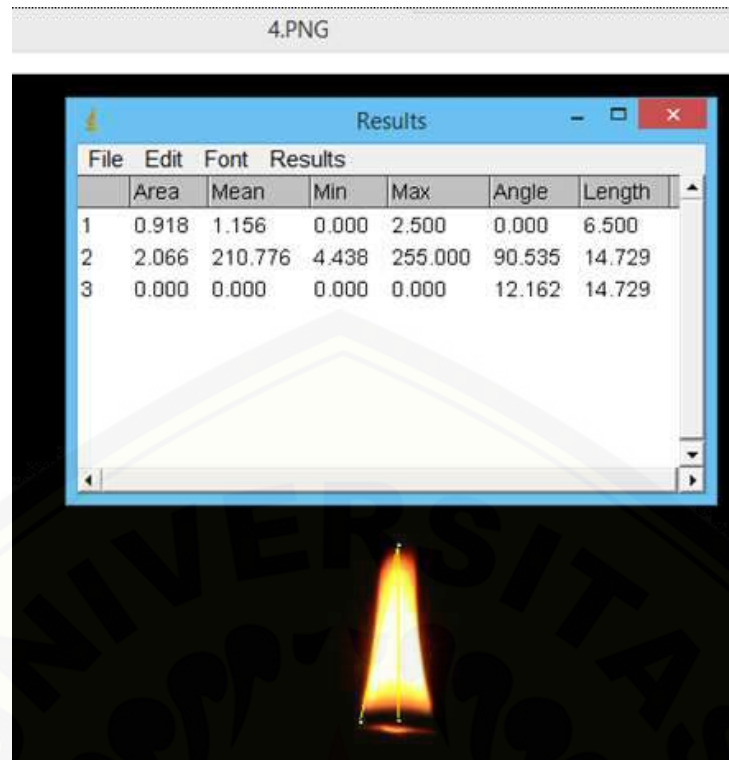
Gambar A.91 Pengukuran sudut api percobaan ke-1 bahan bakar B30



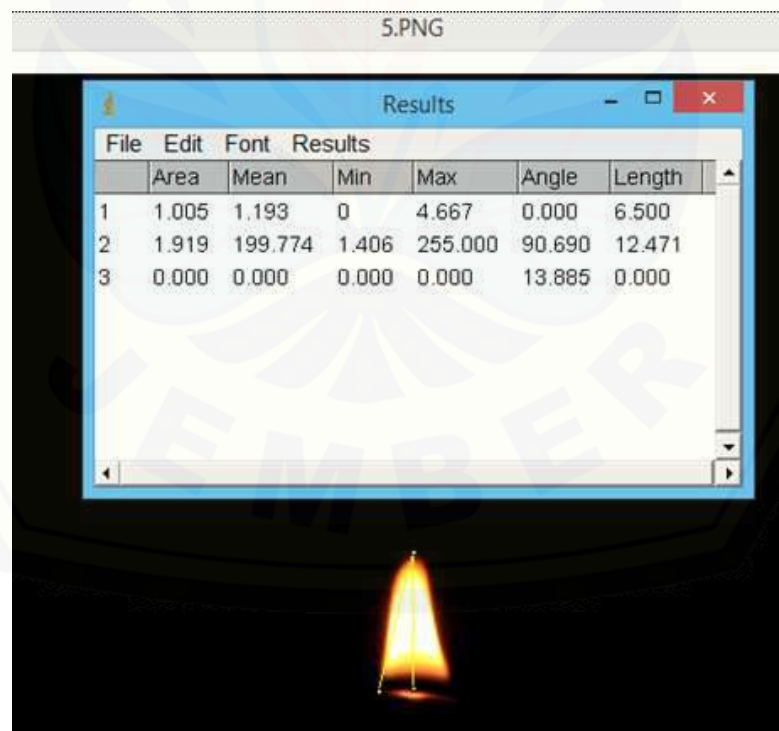
Gambar A.92 Pengukuran sudut api percobaan ke-2 bahan bakar B30



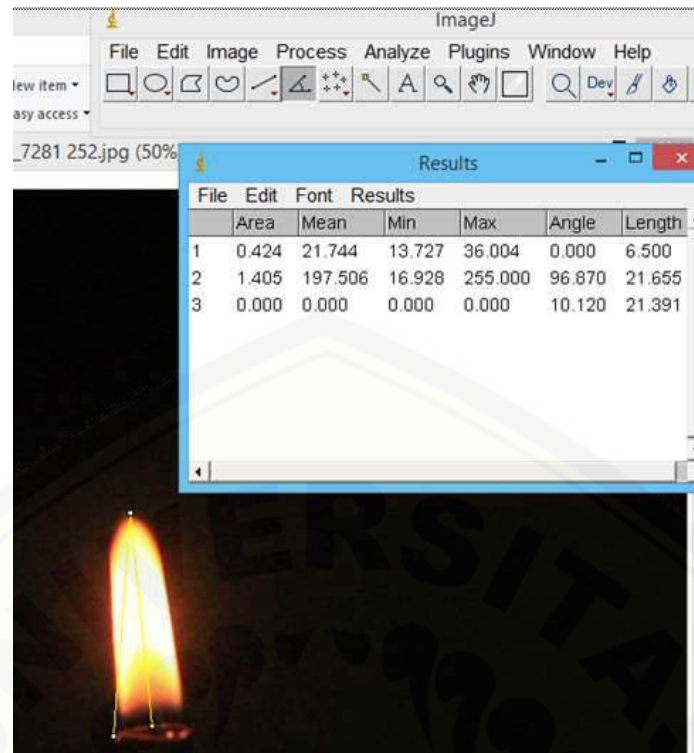
Gambar A.93 Pengukuran sudut api percobaan ke-3 bahan bakar B30



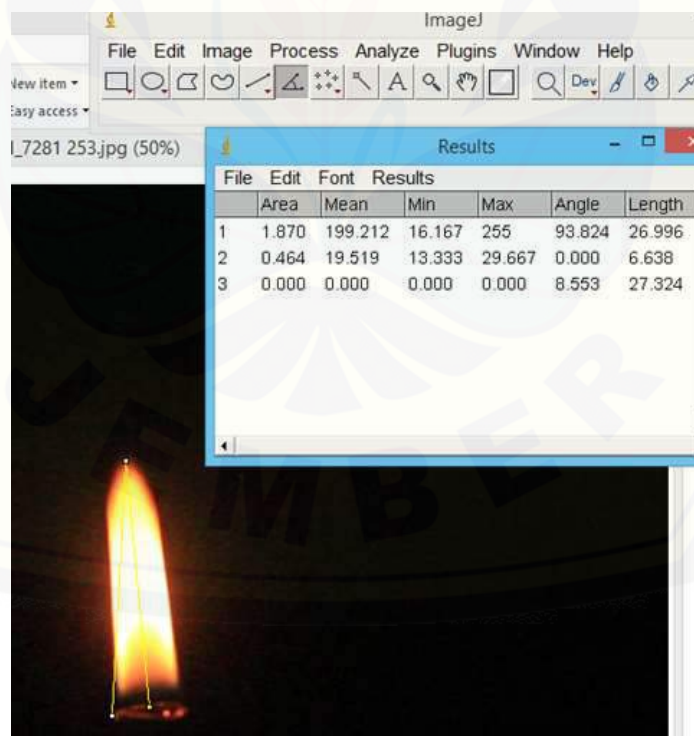
Gambar A.94 Pengukuran sudut api percobaan ke-4 bahan bakar B30



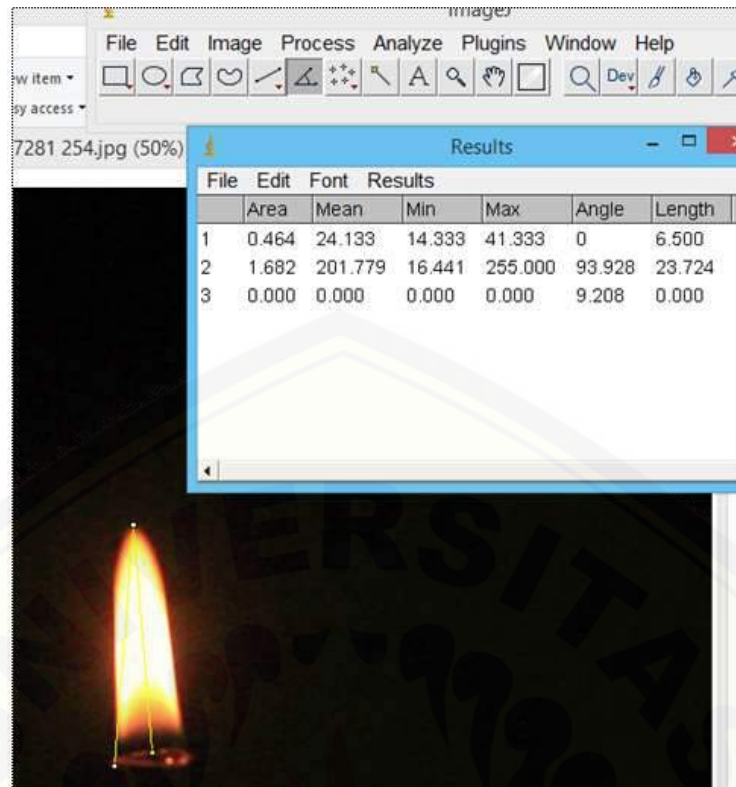
Gambar A.95 Pengukuran sudut api percobaan ke-5 bahan bakar B30



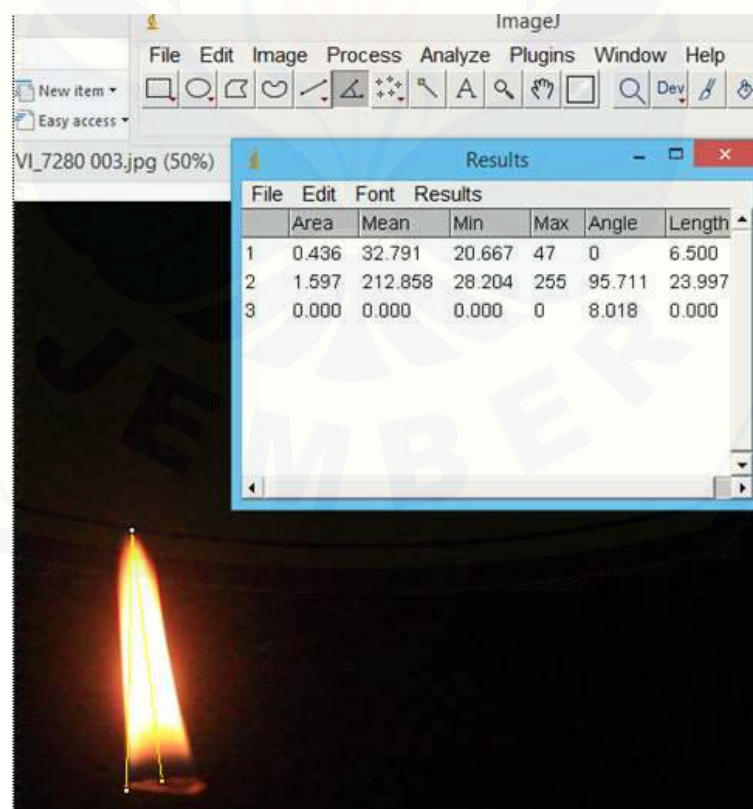
Gambar A.96 Pengukuran sudut api percobaan ke-1 bahan bakar Biodiesel



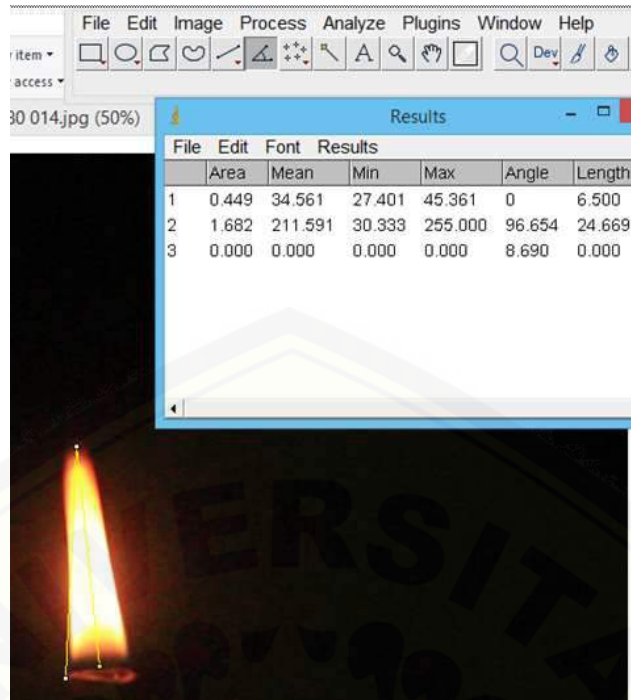
Gambar A.97 Pengukuran sudut api percobaan ke-2 bahan bakar biodiesel



Gambar A.98 Pengukuran sudut api percobaan ke-3 bahan bakar biodiesel

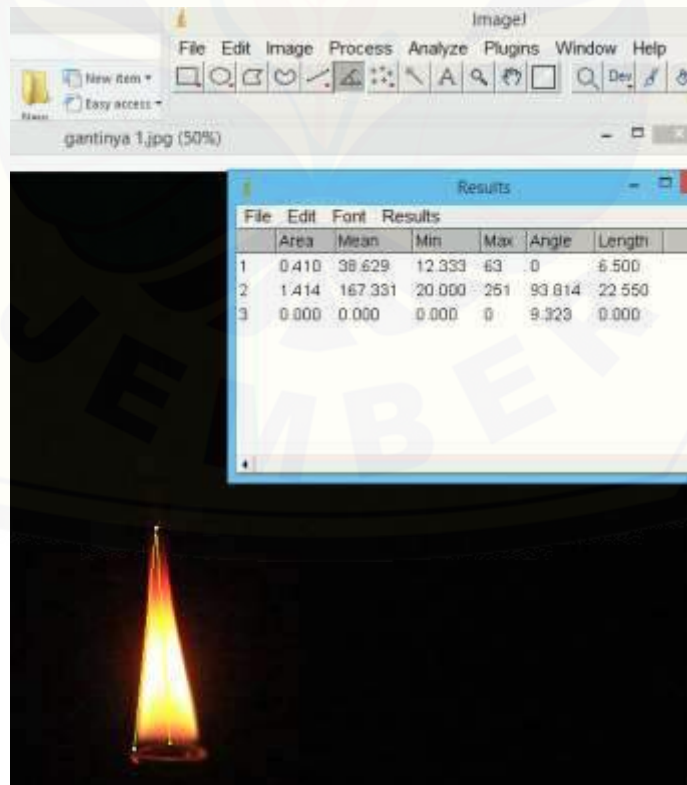


Gambar A.99 Pengukuran sudut api percobaan ke-4 bahan bakar biodiesel

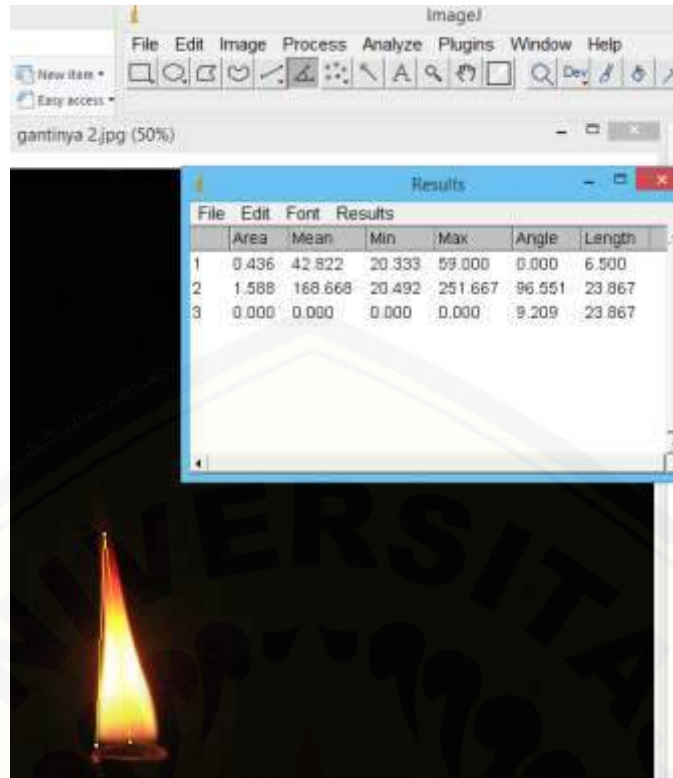


Gambar A.100 Pengukuran sudut api percobaan ke-5 bahan bakar biodiesel

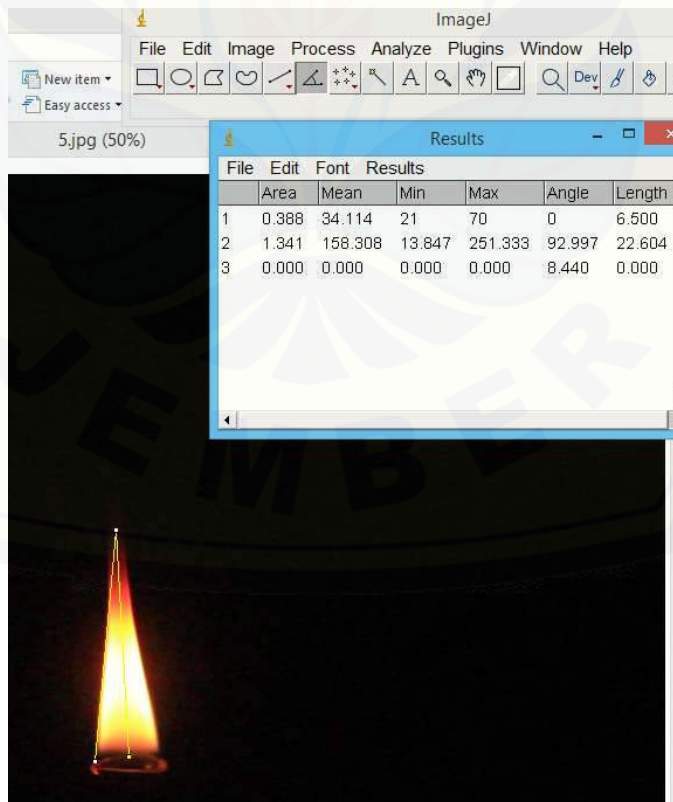
2. Sudut Nyala Api pada Debit 4 ml/h



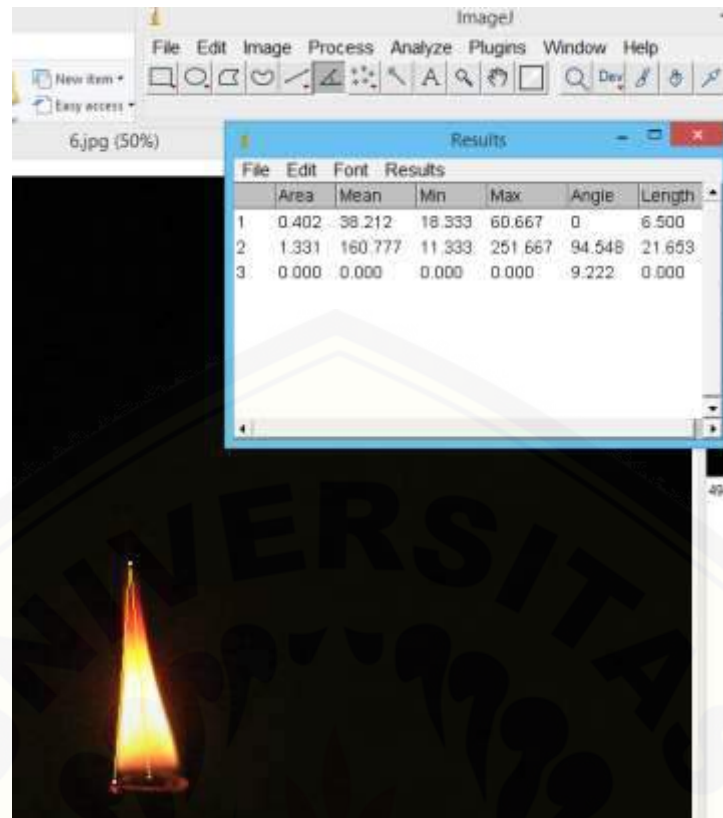
Gambar A.101 Pengukuran sudut api percobaan ke-1 bahan bakar biosolar



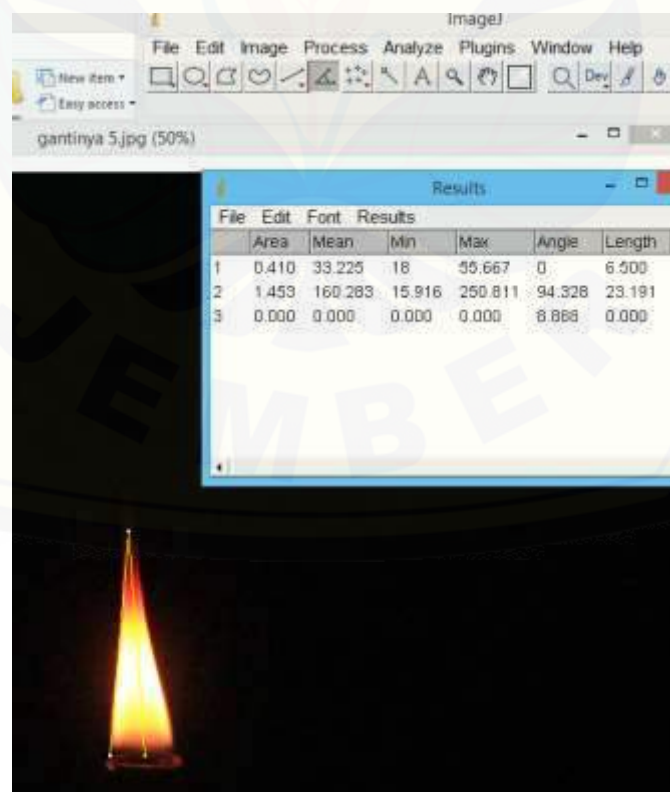
Gambar A.102 Pengukuran sudut api percobaan ke-2 bahan bakar biodiesel



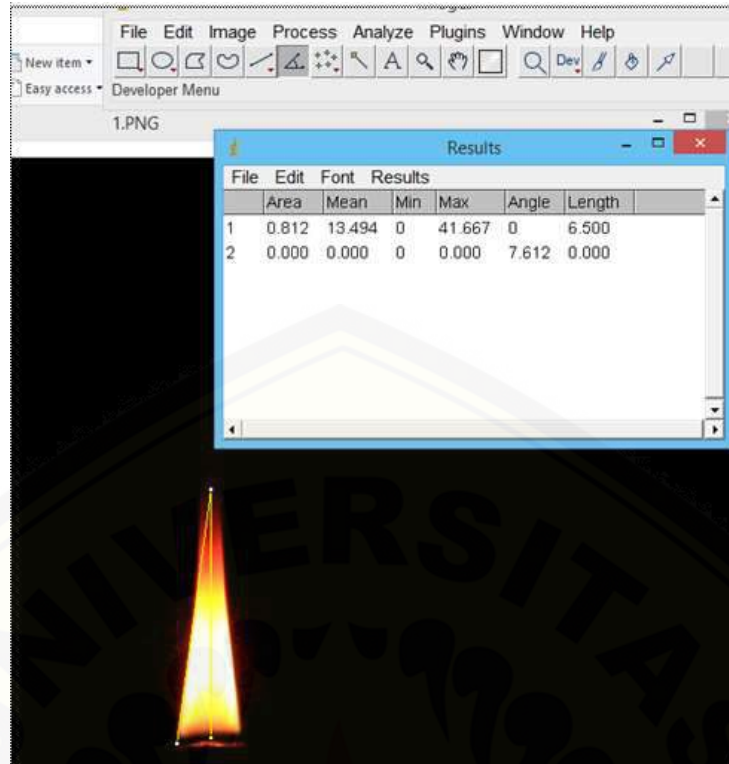
Gambar A.103 Pengukuran sudut api percobaan ke-3 bahan bakar biodiesel



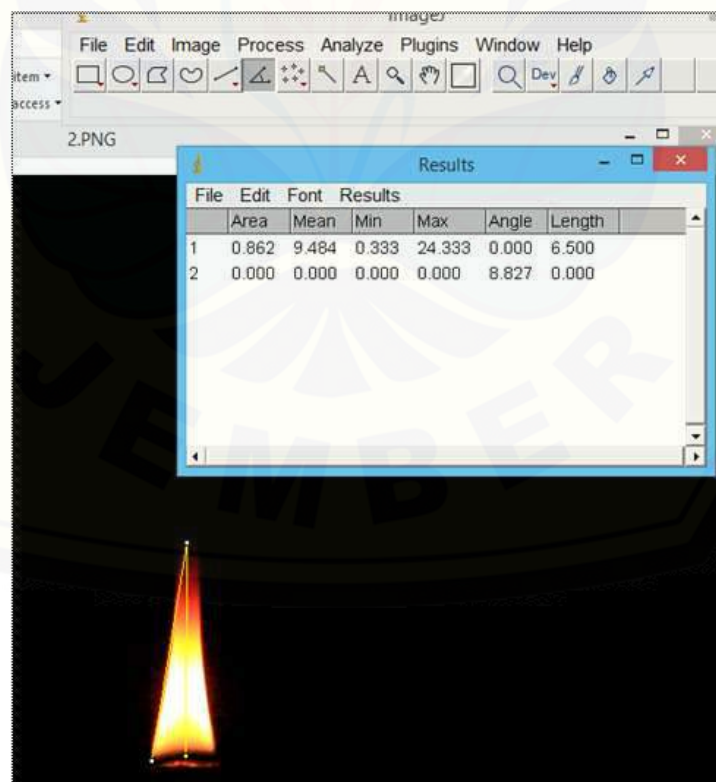
Gambar A.104 Pengukuran sudut api percobaan ke-4 bahan bakar biosolar



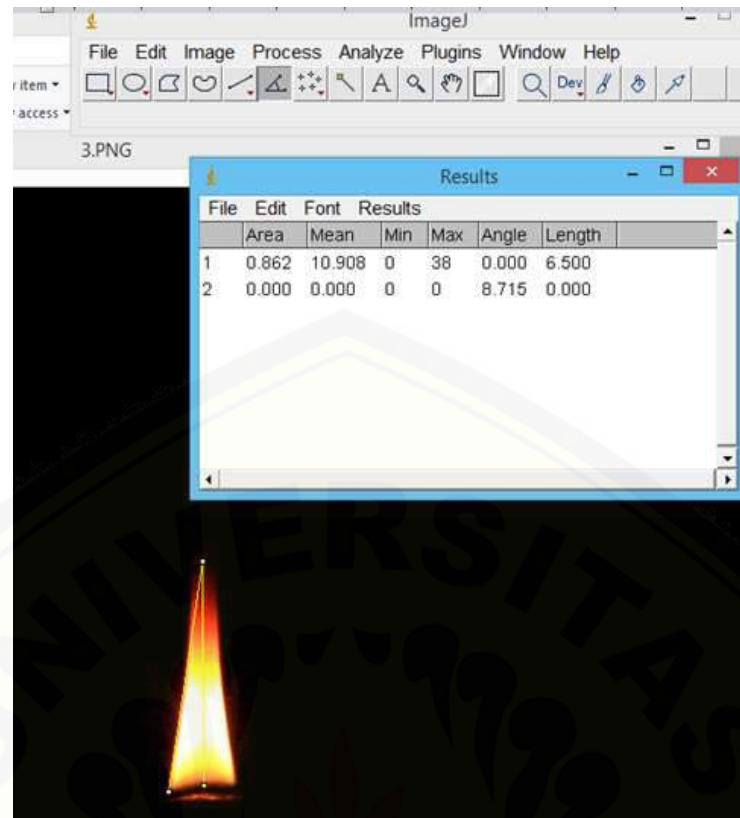
Gambar A.105 Pengukuran sudut api percobaan ke-5 bahan bakar biosolar



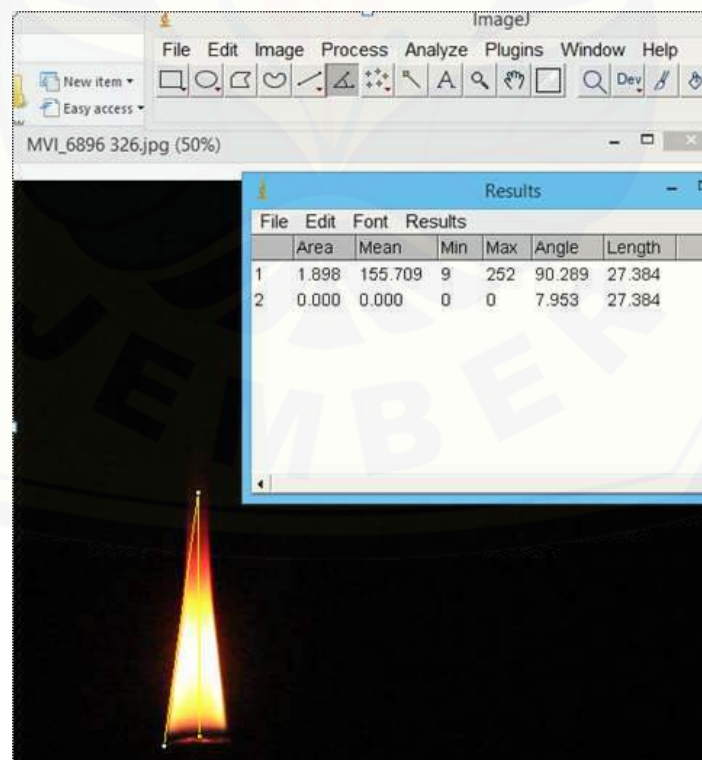
Gambar A.106 Pengukuran sudut api percobaan ke-1 bahan bakar B10



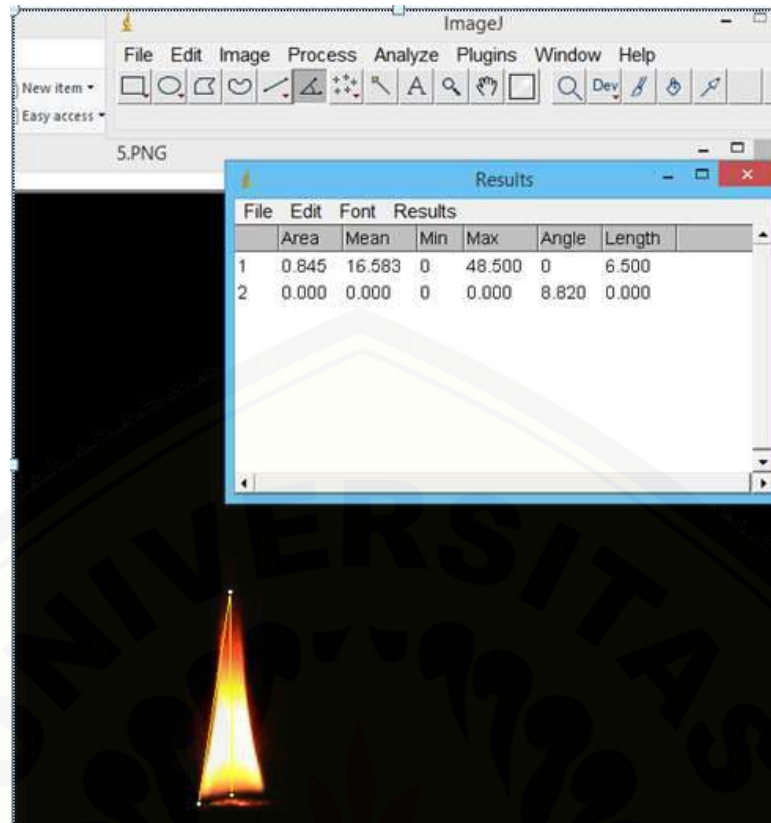
Gambar A.107 Pengukuran sudut api percobaan ke-2 bahan bakar B10



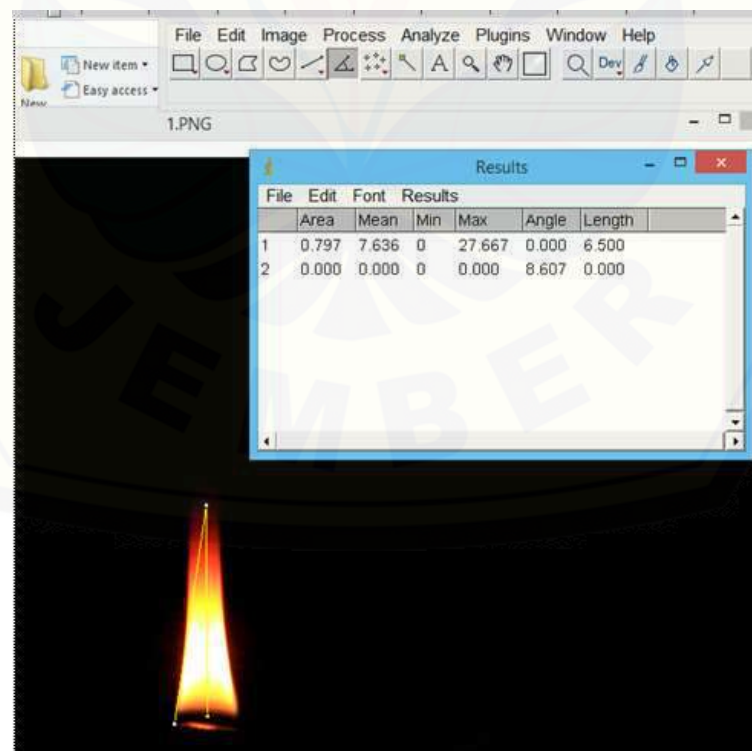
Gambar A.108 Pengukuran sudut api percobaan ke-3 bahan bakar B10



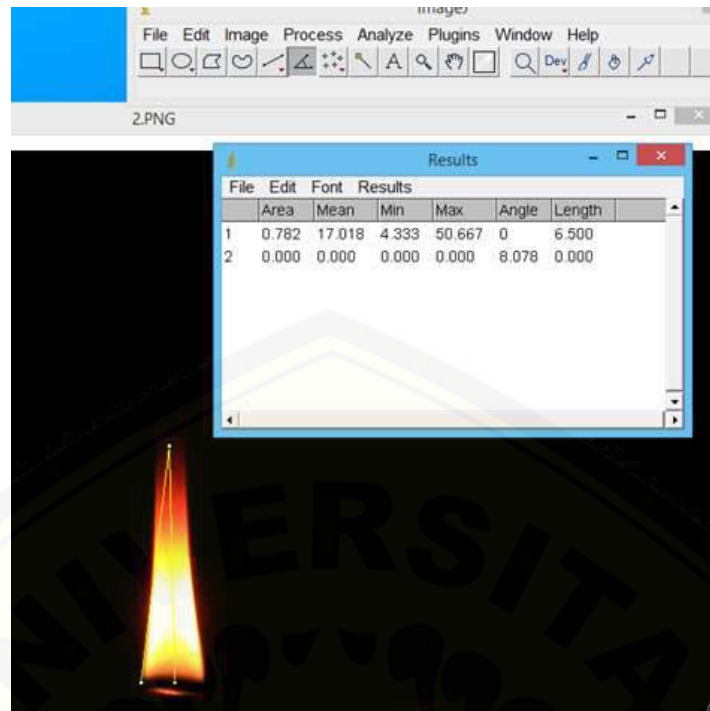
Gambar A.109 Pengukuran sudut api percobaan ke-4 bahan bakar B10



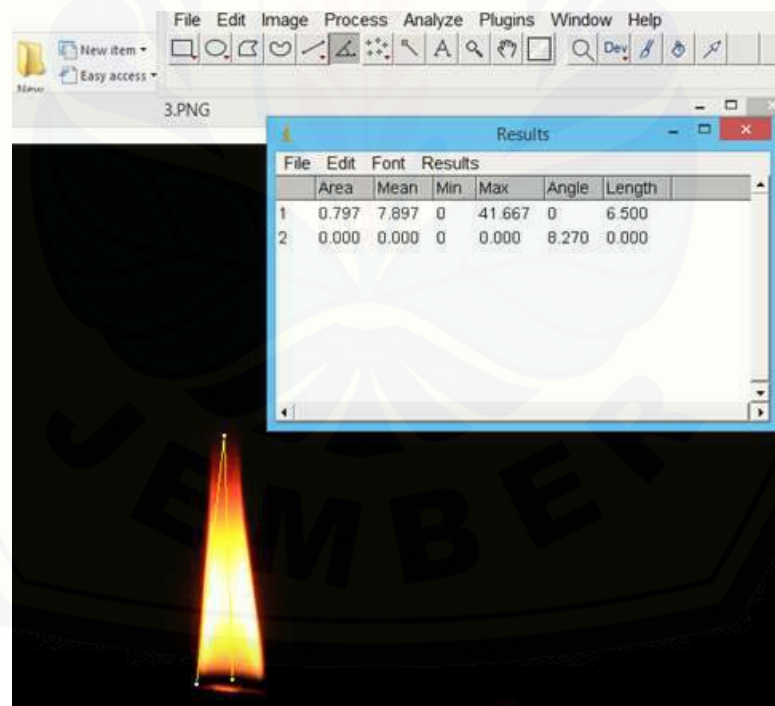
Gambar A.110 Pengukuran sudut api percobaan ke-5 bahan bakar B10



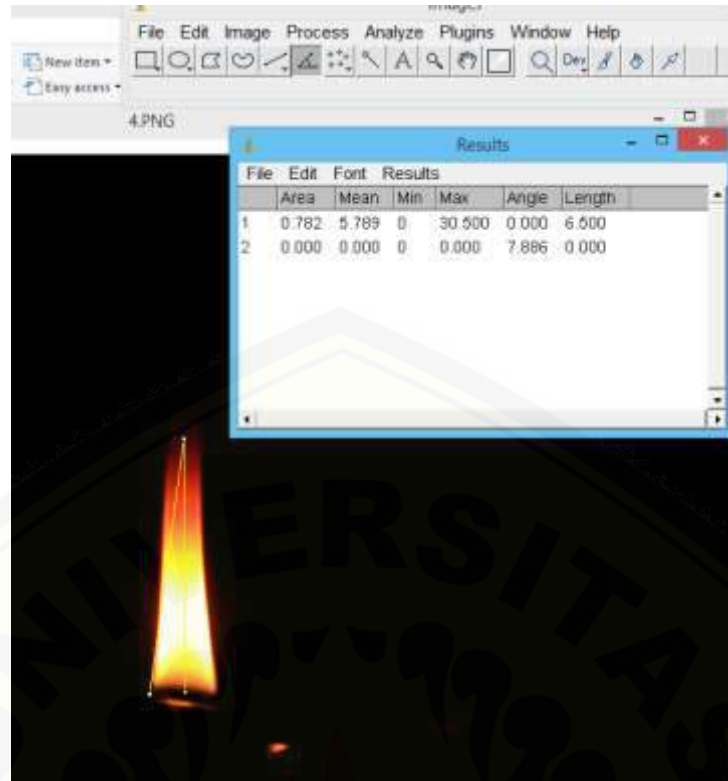
Gambar A.111 Pengukuran sudut api percobaan ke-1 bahan bakar B20



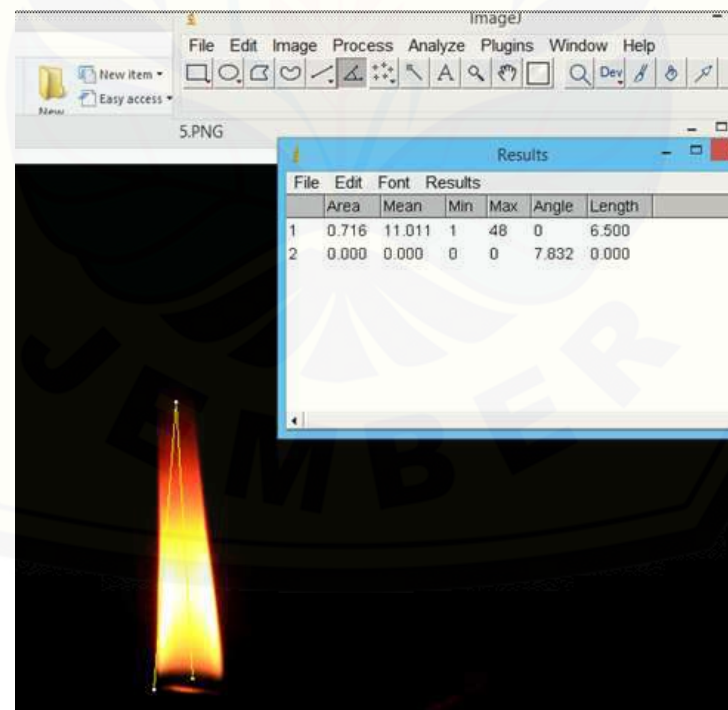
Gambar A.112 Pengukuran sudut api percobaan ke-2 bahan bakar B20



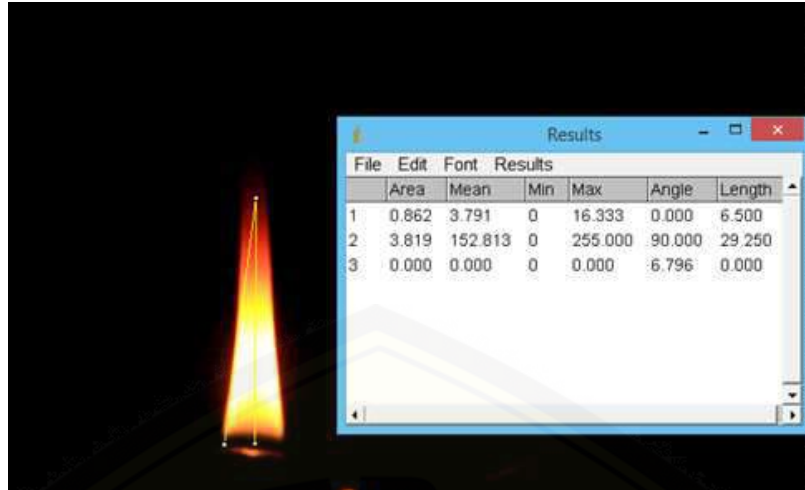
Gambar A.113 Pengukuran sudut api percobaan ke-3 bahan bakar B20



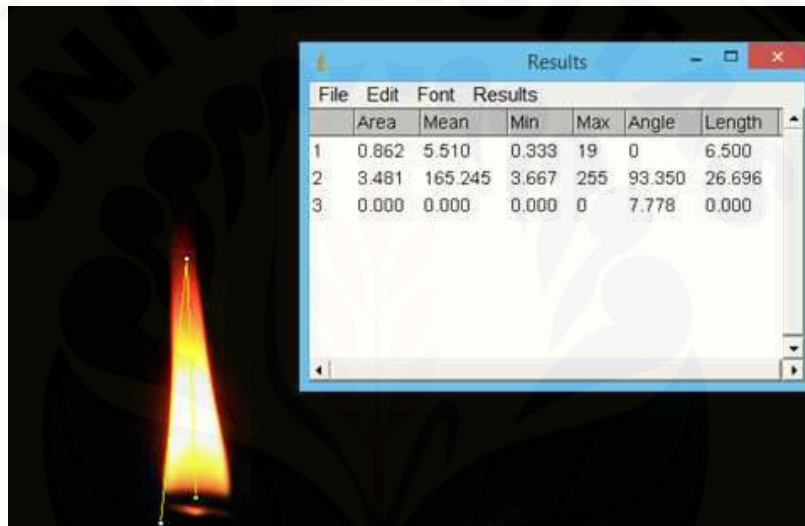
Gambar A.114 Pengukuran sudut api percobaan ke-4 bahan bakar B20



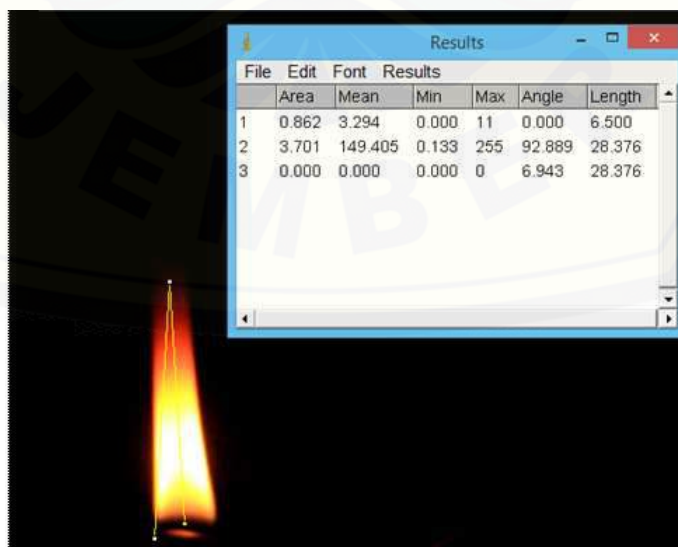
Gambar A.115 Pengukuran sudut api percobaan ke-5 bahan bakar B20



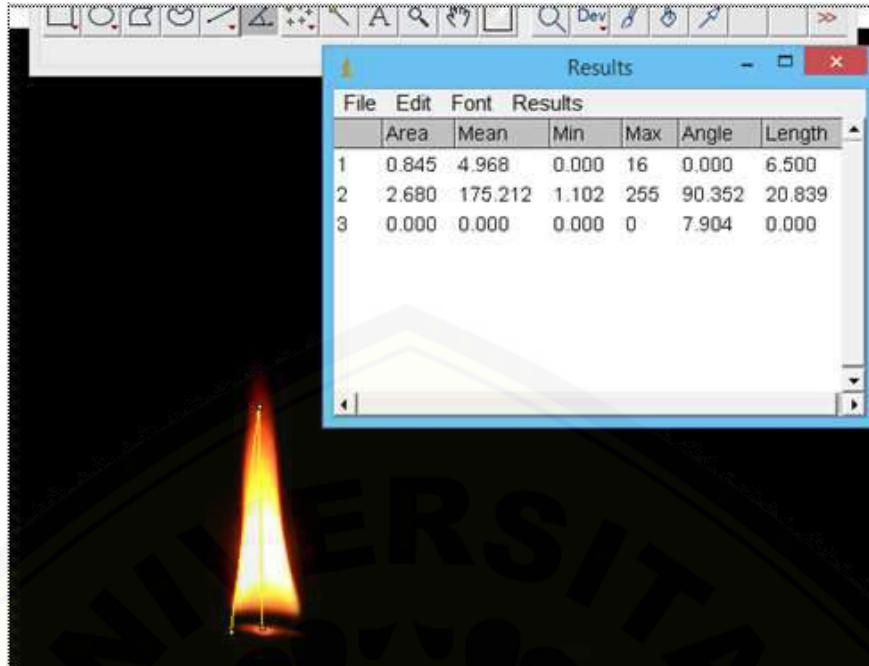
Gambar A.116 Pengukuran sudut api percobaan ke-1 bahan bakar B30



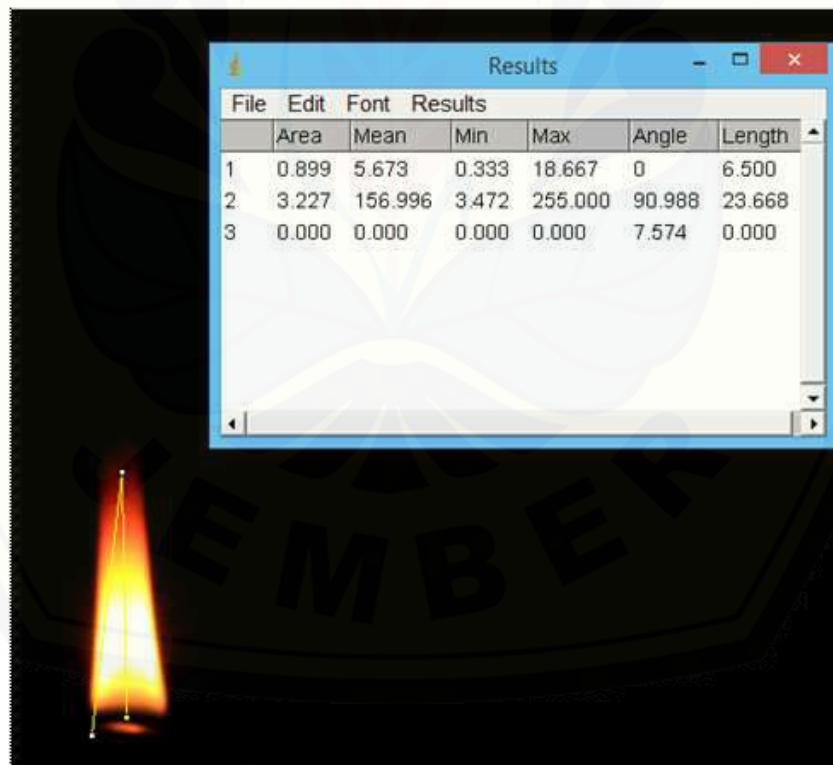
Gambar A.117 Pengukuran sudut api percobaan ke-2 bahan bakar B30



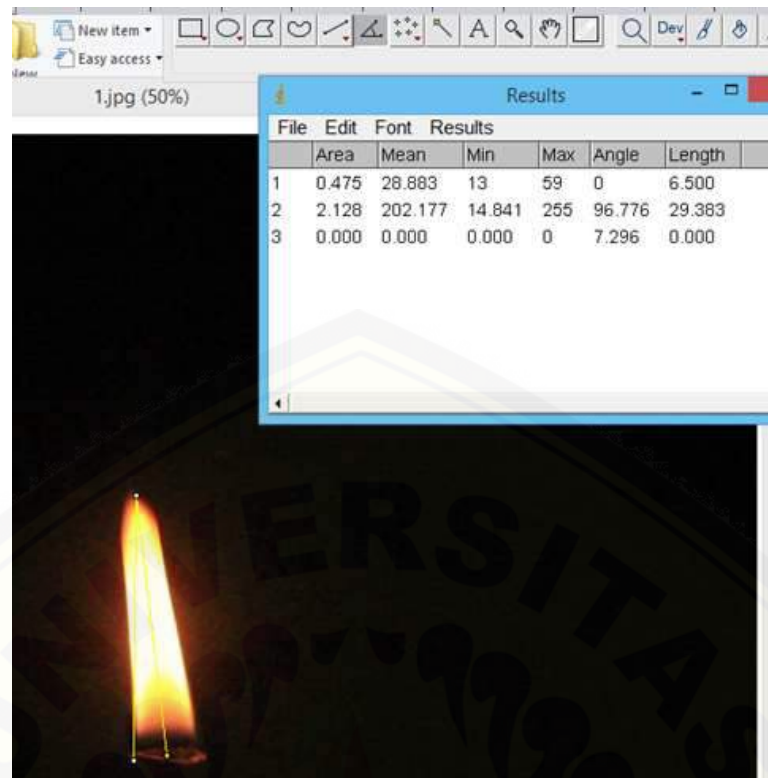
Gambar A.118 Pengukuran sudut api percobaan ke-3 bahan bakar B30



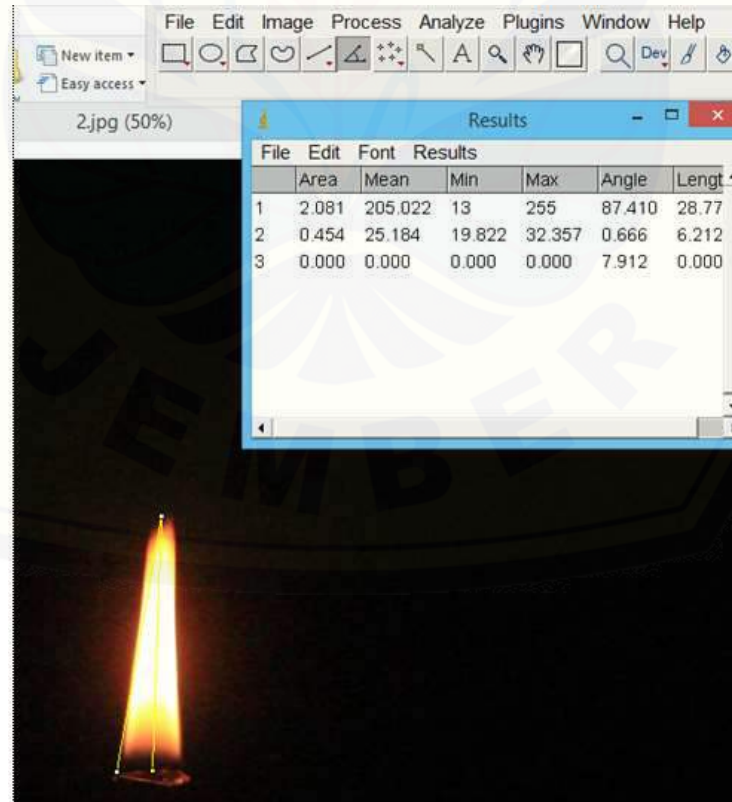
GambarA.119 Pengukuran sudut api percobaan ke-4 bahan bakar B30



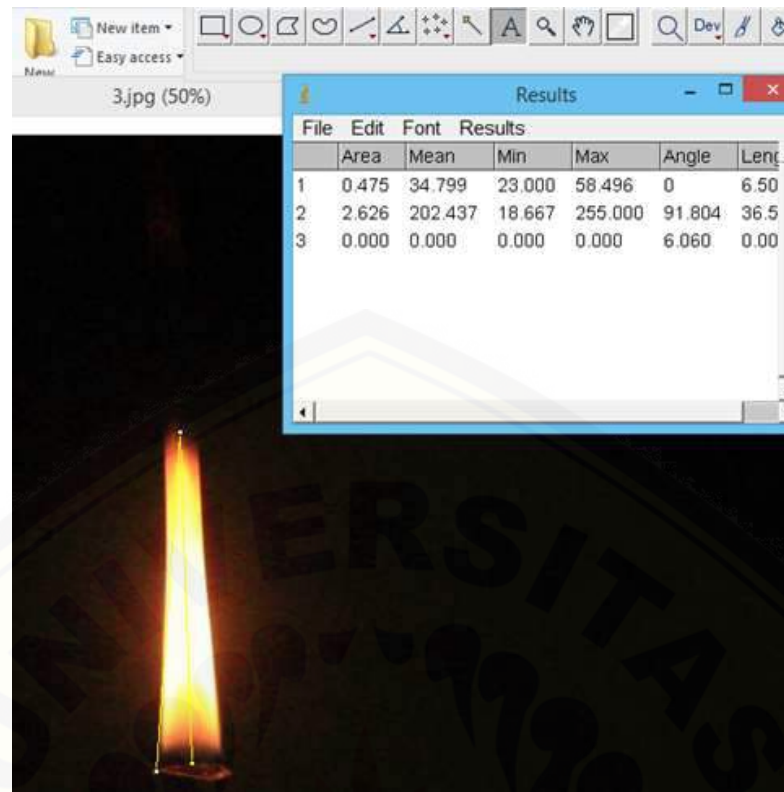
Gambar A.120 Pengukuran sudut api percobaan ke-5 bahan bakar B30



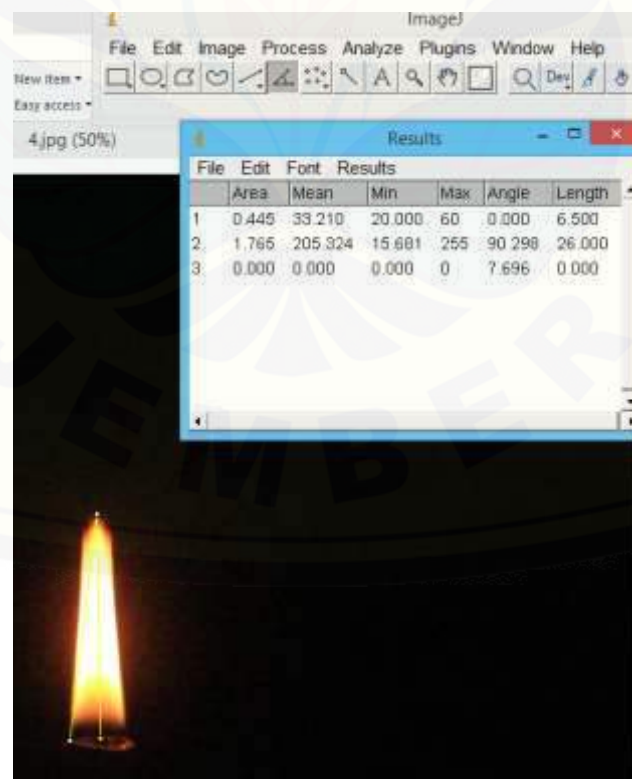
Gambar A.121 Pengukuran sudut api percobaan ke-1 bahan bakar biodiesel



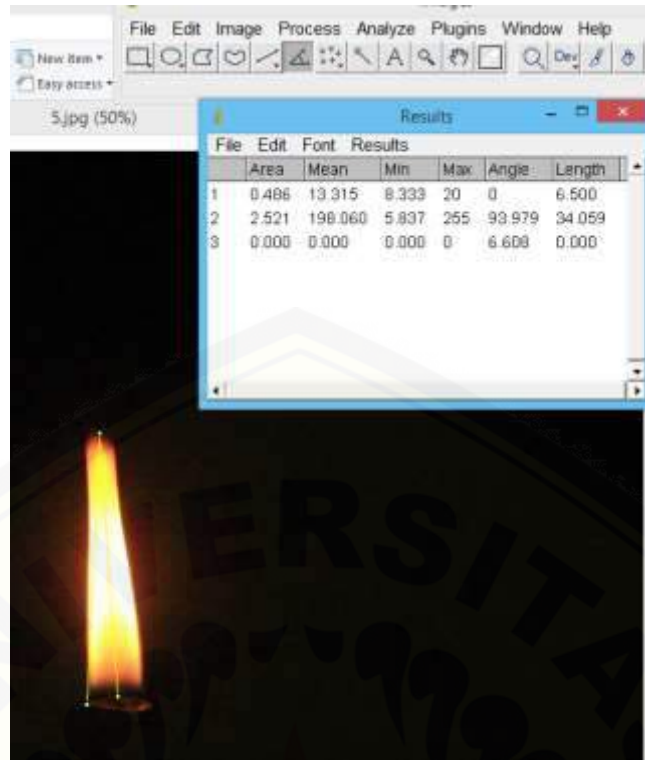
Gambar A.122 Pengukuran sudut api percobaan ke-2 bahan bakar biodiesel



Gambar A.123 Pengukuran sudut api percobaan ke-3 bahan bakar biodiesel

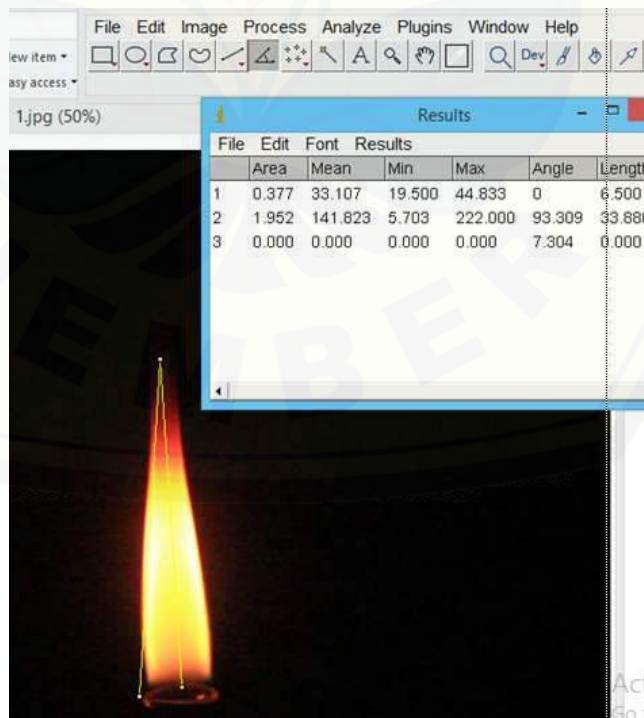


Gambar A.124 Pengukuran sudut api percobaan ke-4 bahan bakar biodiesel

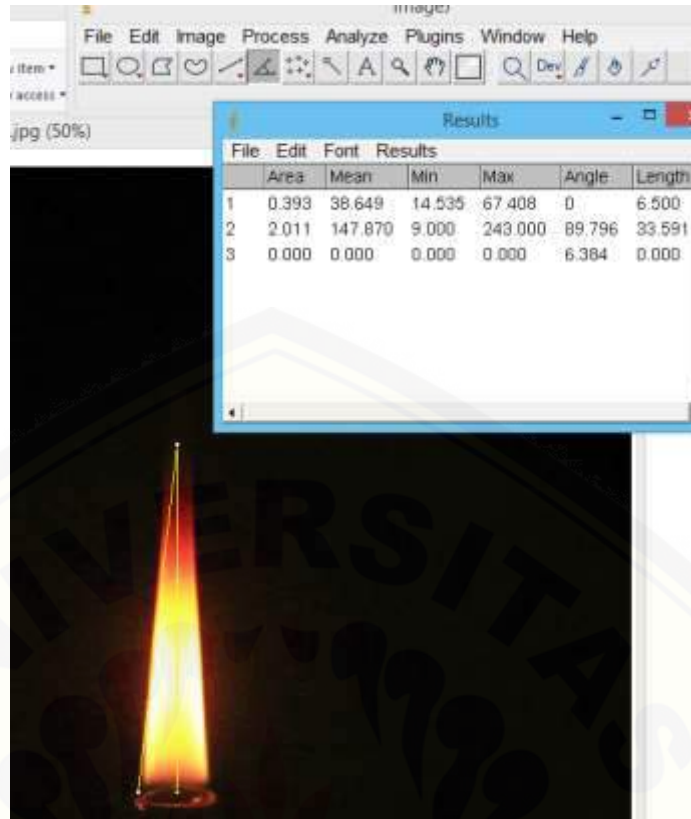


Gambar A.125 Pengukuran sudut api percobaan ke-5 bahan bakar biodiesel

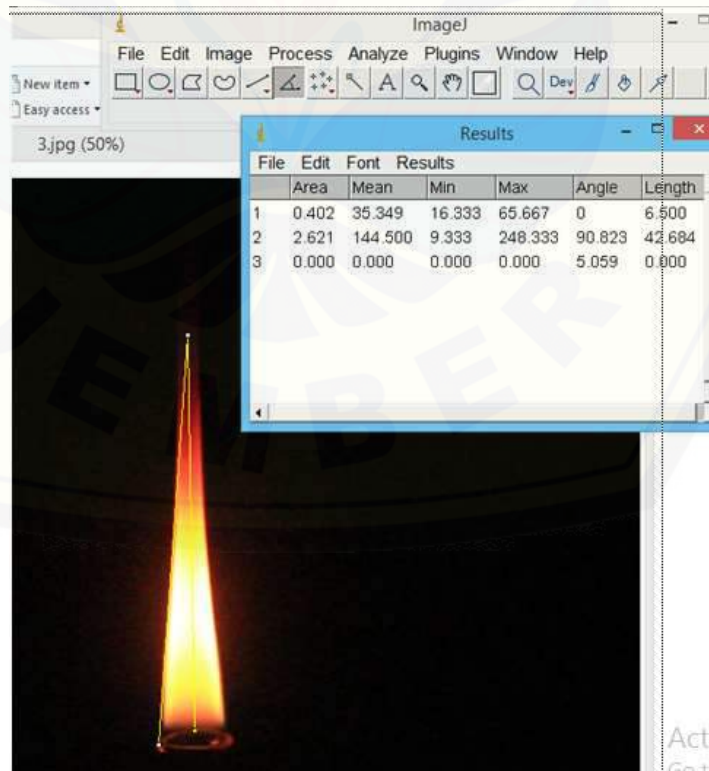
3. Sudut Nyala Api pada Debit 6 ml/h



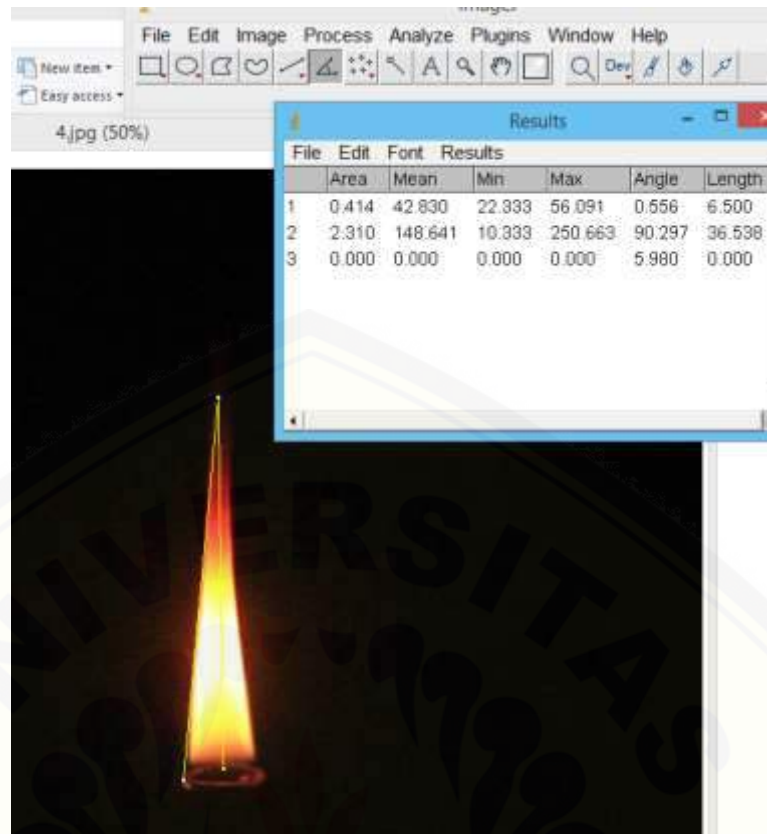
Gambar A.126 Pengukuran sudut api percobaan ke-1 bahan bakar biosolar



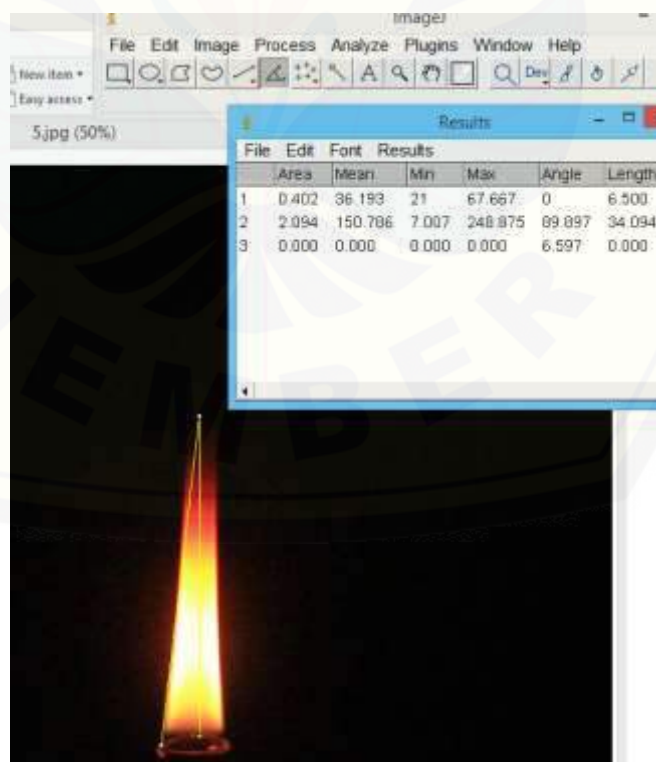
Gambar A.127 Pengukuran sudut api percobaan ke-2 bahan bakar biosolar



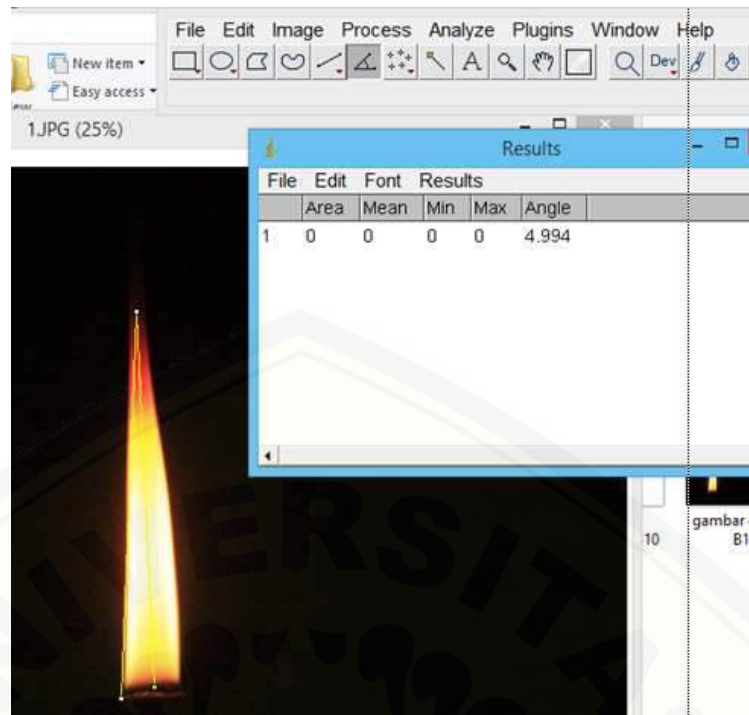
Gambar A.128 Pengukuran sudut api percobaan ke-3 bahan bakar biosolar



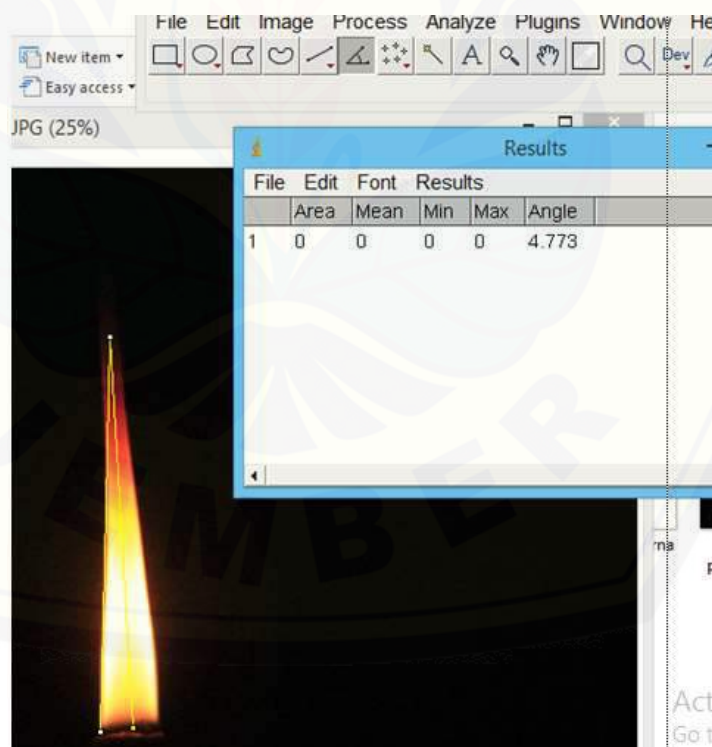
Gambar A.129 Pengukuran sudut api percobaan ke-4 bahan bakar biosolar



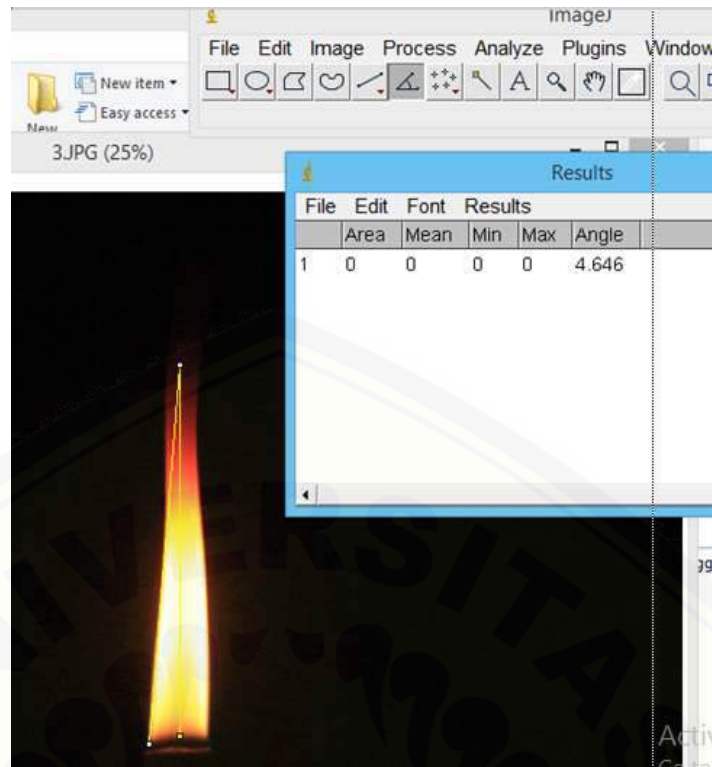
Gambar A.130 Pengukuran sudut api percobaan ke-5 bahan bakar biosolar



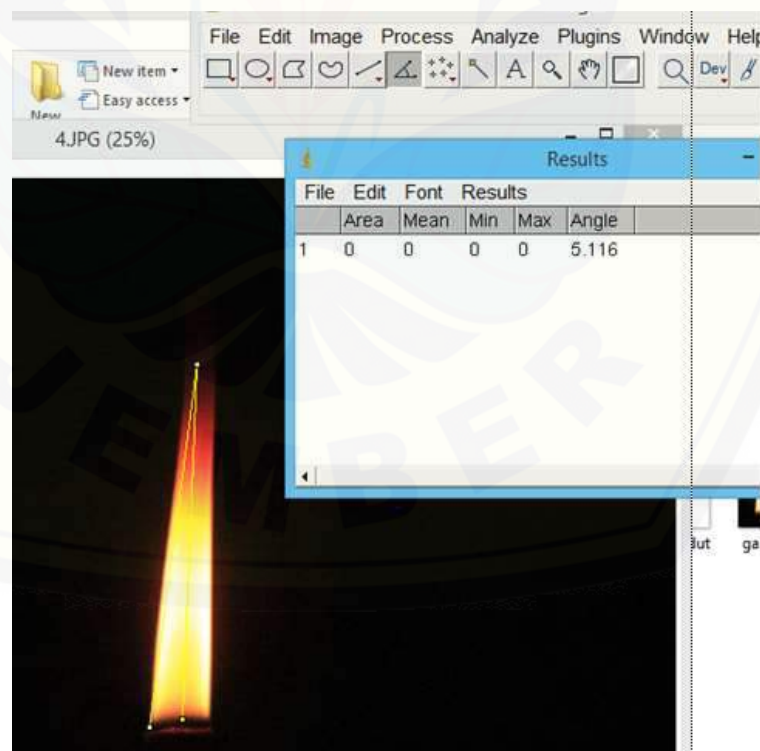
Gambar A.131 Pengukuran sudut api percobaan ke-1 bahan bakar B10



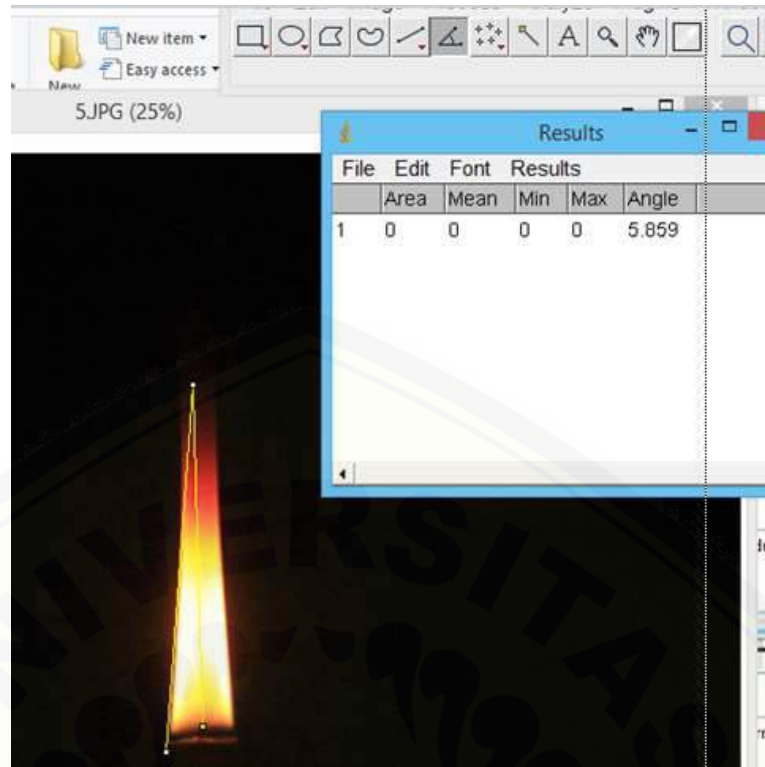
Gambar A.132 Pengukuran sudut api percobaan ke-2 bahan bakar B10



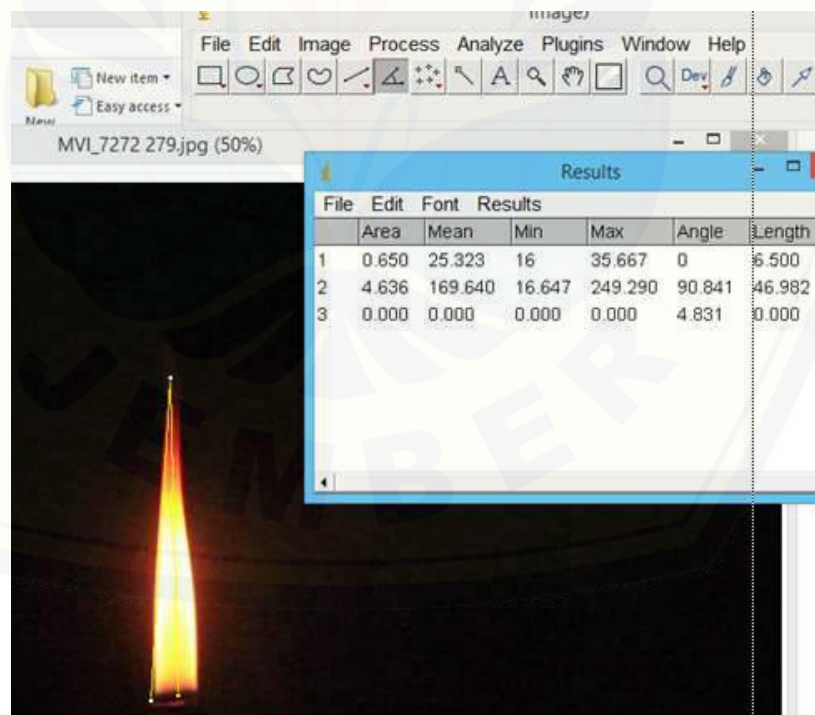
Gambar A.133 Pengukuran sudut api percobaan ke-3 bahan bakar B10



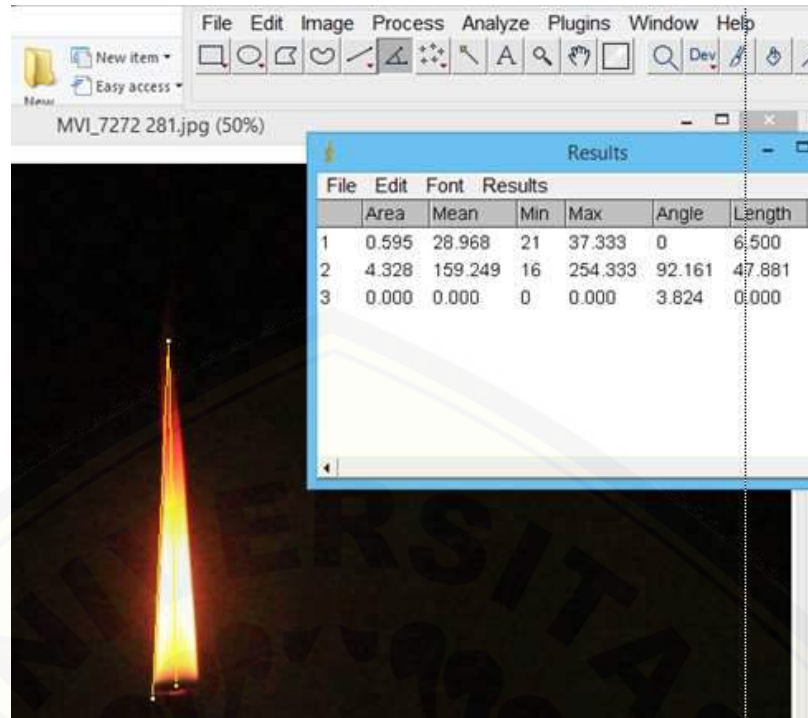
Gambar A.134 Pengukuran sudut api percobaan ke-4 bahan bakar B10



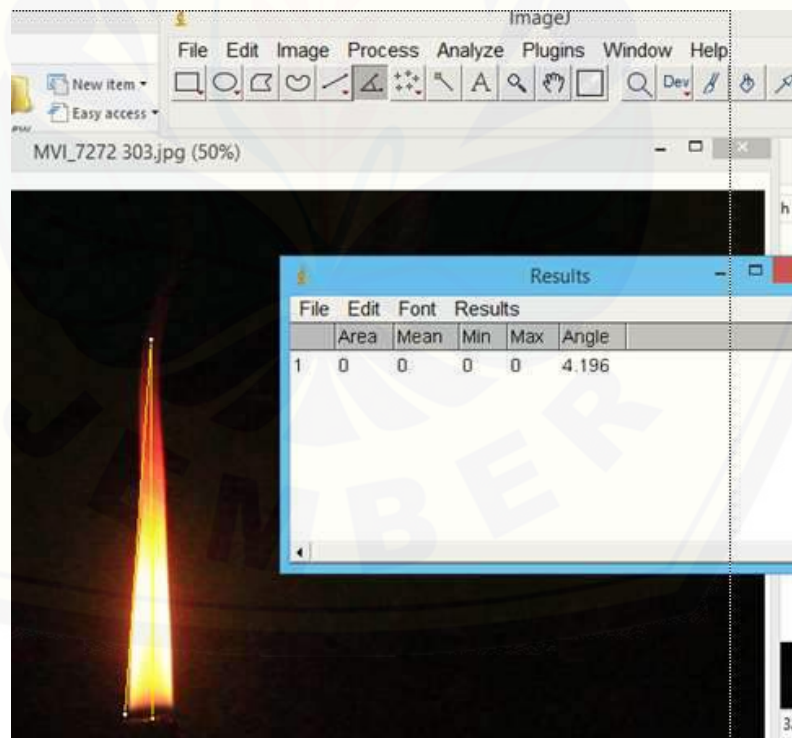
Gambar A.135 Pengukuran sudut api percobaan ke-5 bahan bakar B10



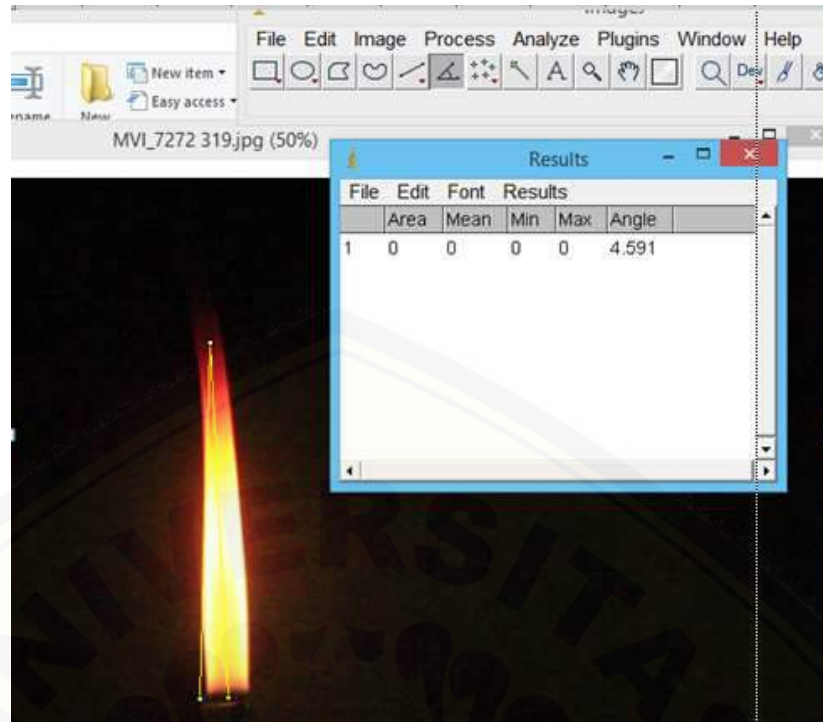
Gambar A.136 Pengukuran sudut api percobaan ke-1 bahan bakar B20



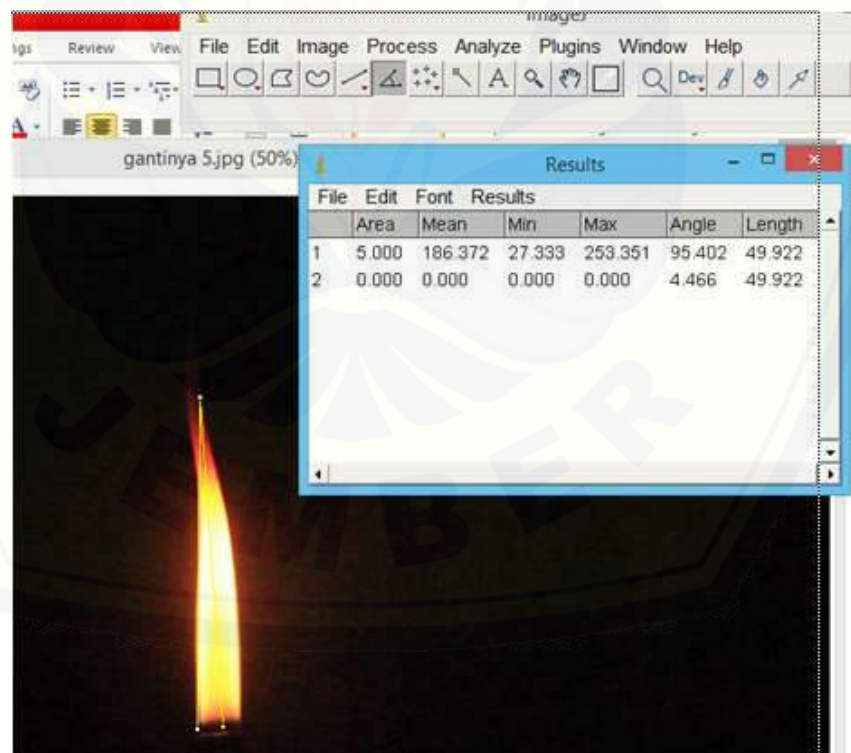
Gambar A.137 Pengukuran sudut api percobaan ke-2 bahan bakar B20



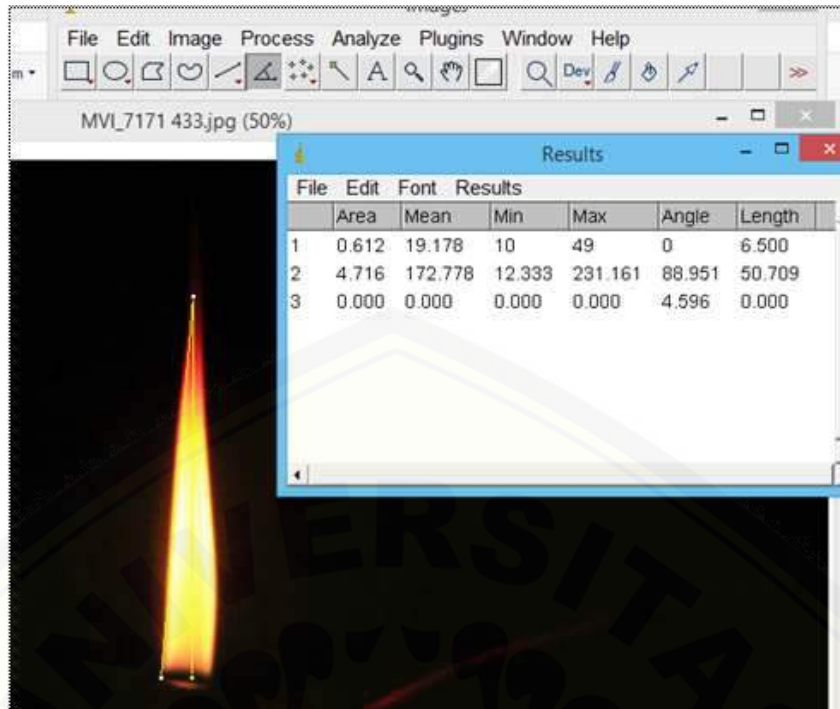
Gambar A.138 Pengukuran sudut api percobaan ke-3 bahan bakar B20



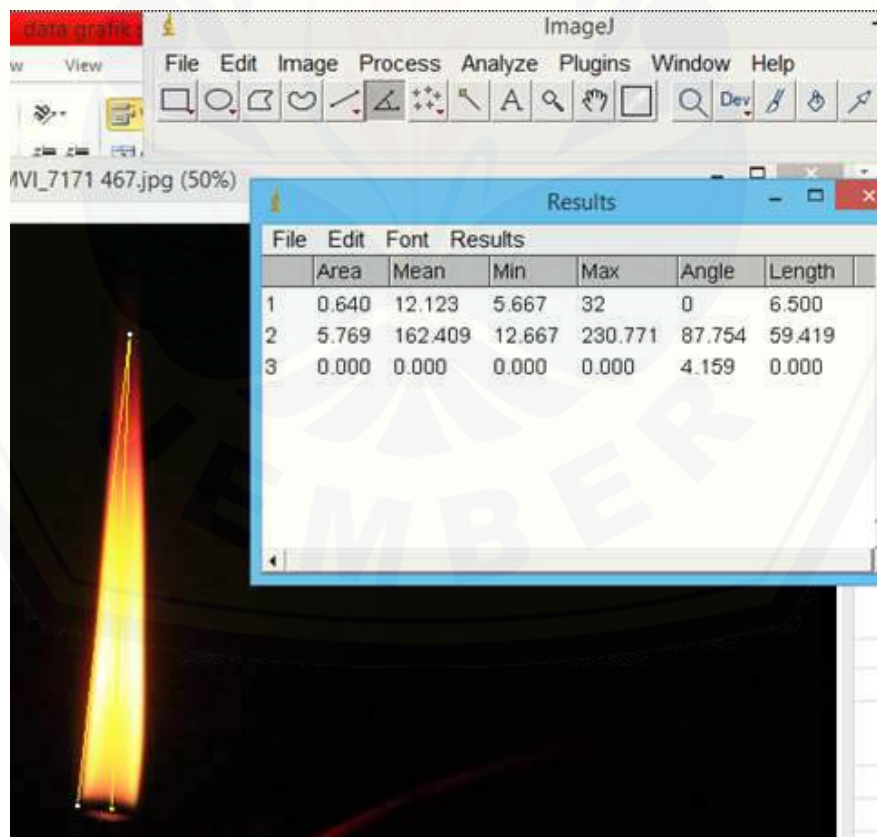
Gambar A.139 Pengukuran sudut api percobaan ke-4 bahan bakar B20



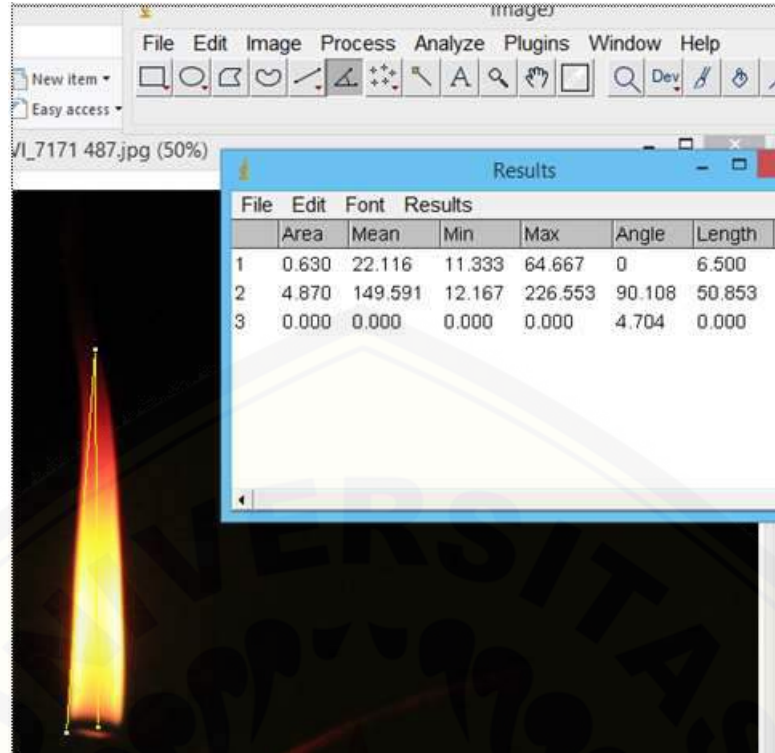
Gambar A.140 Pengukuran sudut api percobaan ke-5 bahan bakar B20



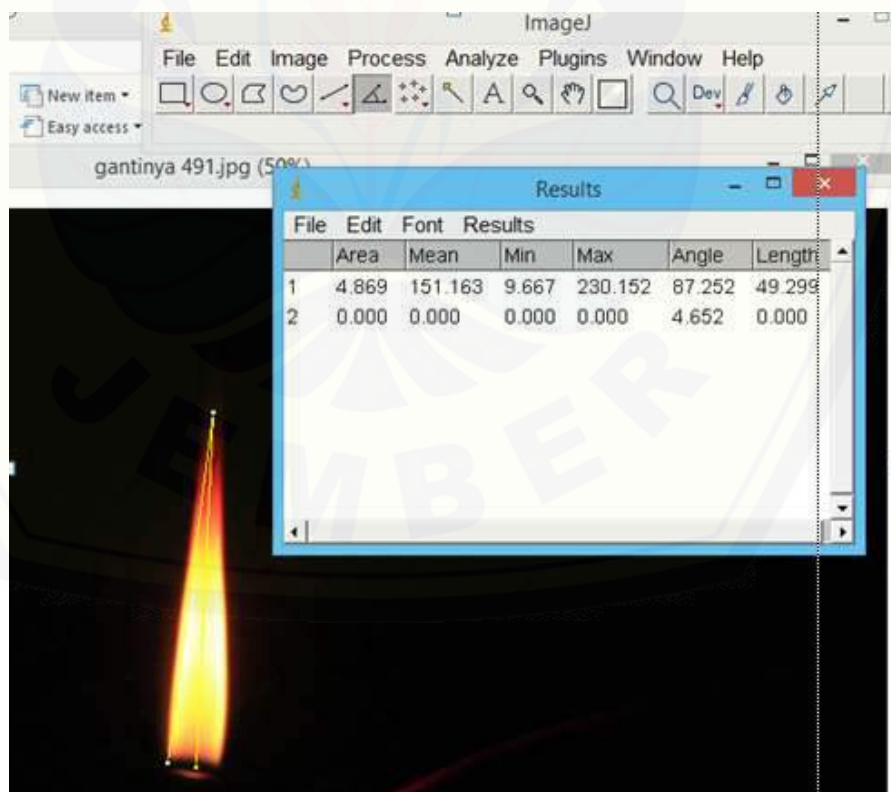
Gambar A.141 Pengukuran sudut api percobaan ke-1 bahan bakar B30



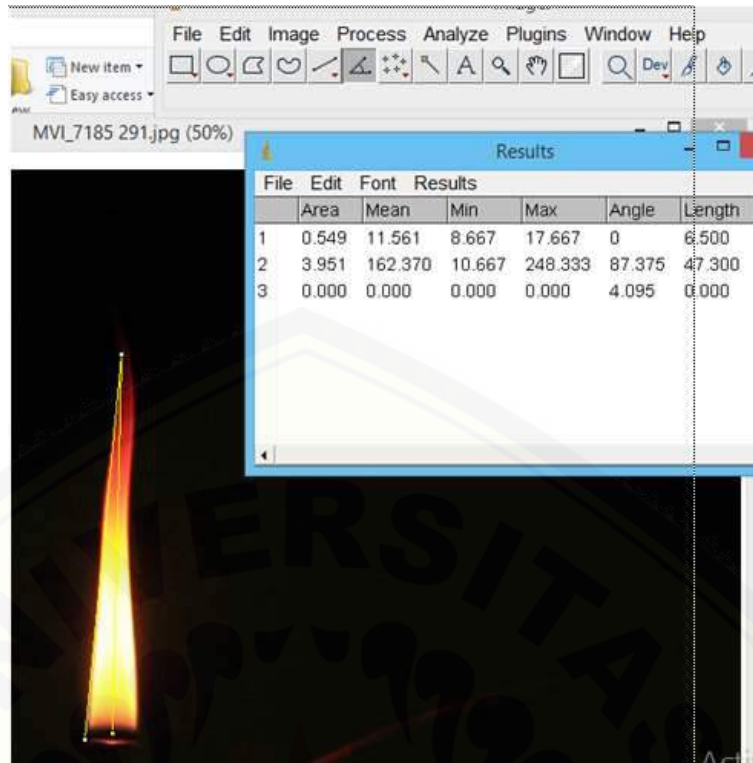
Gambar A.142 Pengukuran sudut api percobaan ke-2 bahan bakar B30



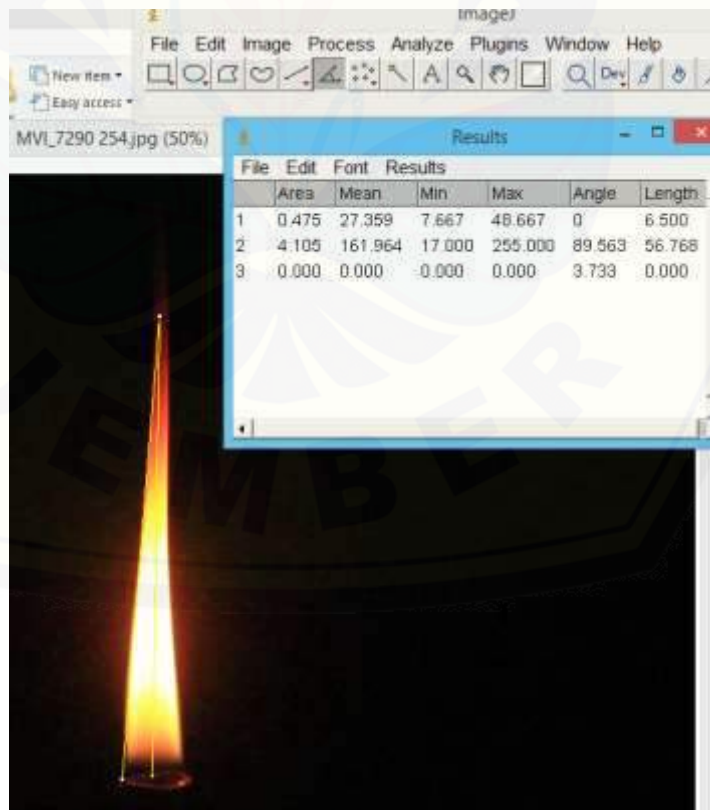
Gambar A.143 Pengukuran sudut api percobaan ke-3 bahan bakar B30



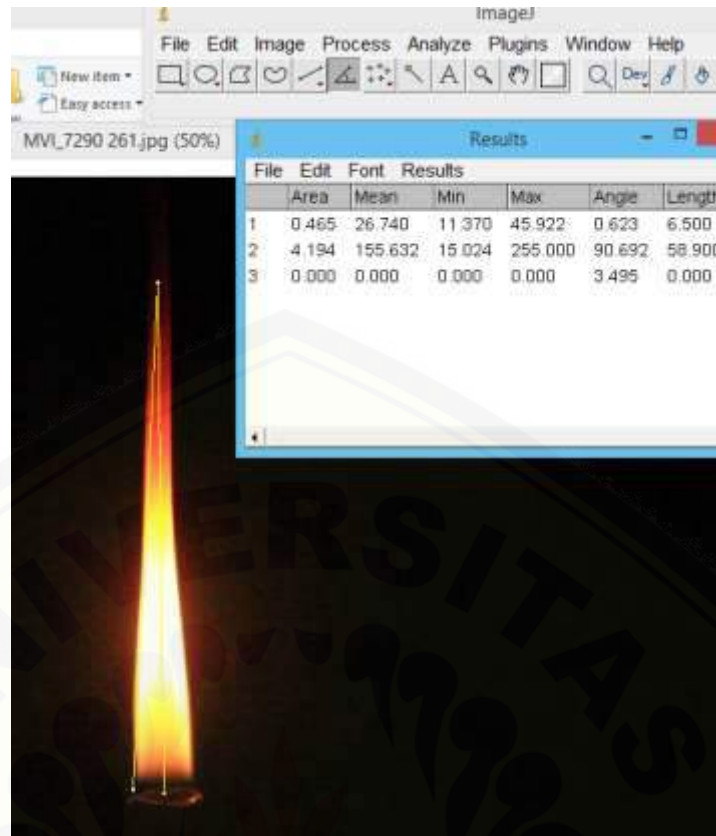
Gambar A.144 Pengukuran sudut api percobaan ke-4 bahan bakar B30



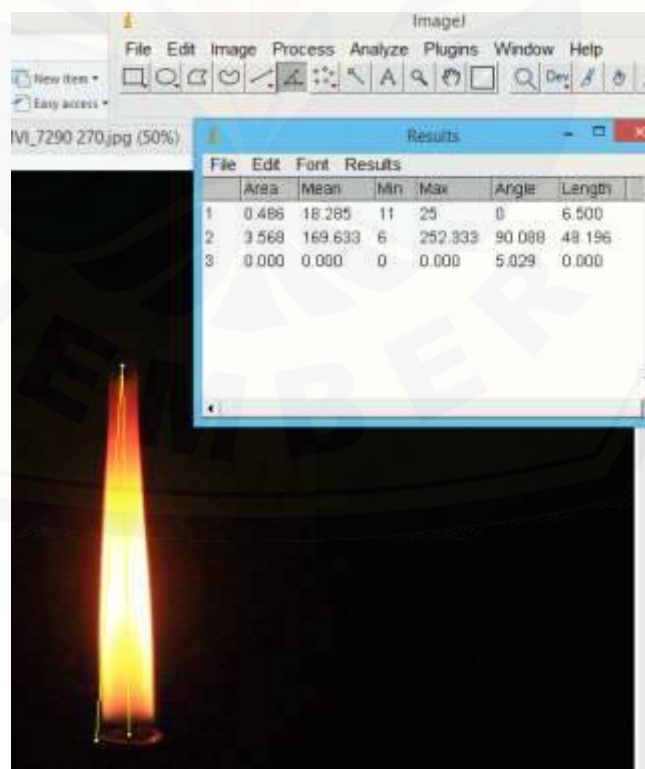
Gambar A.145 Pengukuran sudut api percobaan ke-5 bahan bakar B30



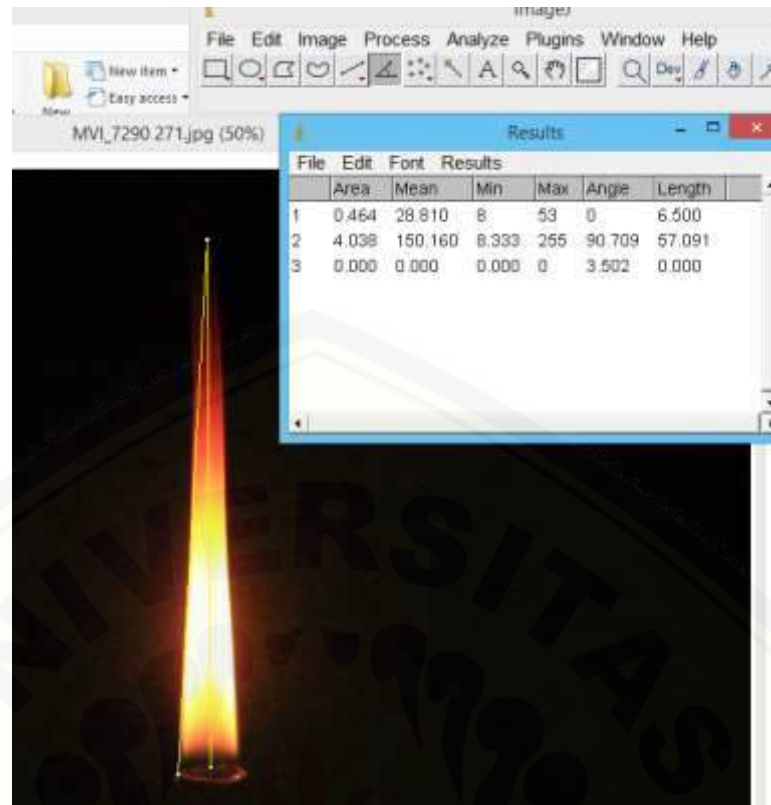
Gambar A.146 Pengukuran sudut api percobaan ke-1 bahan bakar B100



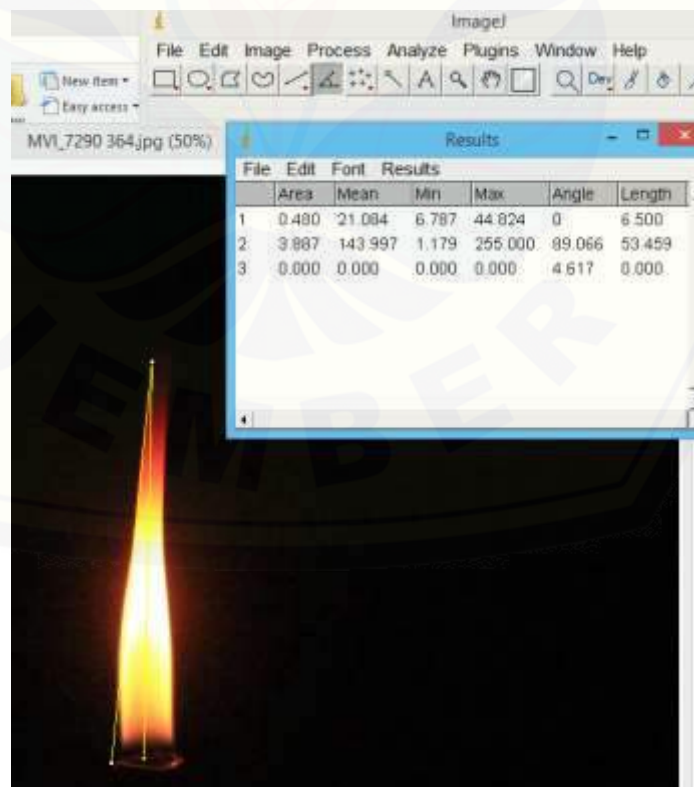
Gambar A.147 Pengukuran sudut api percobaan ke-2 bahan bakar B100



Gambar A.148 Pengukuran sudut api percobaan ke-3 bahan bakar B100



Gambar A.149 Pengukuran sudut api percobaan ke-4 bahan bakar B100



Gambar A.150 Pengukuran sudut api percobaan ke-5 bahan bakar B100

B. LAMPIRAN PERHITUNGAN

Setelah didapatkan sudut nyala api pada image-J, maka data diolah menjadi kecepatan pembakaran dengan perhitungan sebagai berikut.

1. Debit 2 ml/h

a. Kecepatan Pembakaran B100 pada debit 2 ml/h

Diketahui : Biodiesel minyak jelantah = $C_{19}H_{36}O_2$

$$M_r = 296$$

$$\text{Volume} = 0,002 \text{ liter}$$

$$T_{\text{uap}} = 222,9^\circ\text{C} = 495,9\text{K}$$

$$R = 0,082 \text{ L atm/mol K}$$

$$P_{\text{udara}} = 1 \text{ atm}$$

$$D_{\text{in glasstube}} = 2,5 \text{ mm}$$

Ditanya : Kecepatan pembakaran (S_L) ?

Dijawab : $\rho = 881,1 \text{ kg/m}^3 = 0,8811 \text{ kg/liter}$

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$0,8811 \text{ kg/liter} = \frac{m}{0,002 \text{ liter}}$$

$$m = 0,0017622 \text{ kg}$$

$$m = 1,7622 \text{ gr}$$

$$n = \frac{gr}{M_r}$$

$$n = \frac{1,7622}{296}$$

$$n = 0,006 \text{ mol}$$

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$1 \text{ atm} \times V = 0,006 \text{ mol} \times 0,082 \text{ L atm/mol K} \times 495,9 \text{ K}$$

$$V_{\text{uap}} = 0,242 \text{ liter}$$

$$Q_{\text{uap}} = 0,242 \text{ liter/hr}$$

$$\text{Luasan permukaan mini glasstube (A)} = \pi \cdot r^2$$

$$= 3,14 (1,25\text{mm})^2 = 4,90625 \text{ mm}^2$$

$$= 0,00049 \text{ dm}^2$$

$$\begin{aligned}\text{Kecepatan Uap (v uap)} &= Q/A \\ &= 0,242 \text{ dm}^3/\text{hr} / 0,000490625 \text{ dm}^2 \\ &= 493,426 \text{ dm/hr}\end{aligned}$$

$$\text{Sudut } (\alpha) = 8,918^\circ$$

$$S_L = v \sin \alpha$$

$$S_L = 493,426 \text{ dm/hr} \times \sin(8,918^\circ)$$

$$S_L = 76,4528 \text{ dm/hr}$$

$$= 0,2124 \text{ cm/s}$$

2. Debit 4 ml/h

Kecepatan Pembakaran Biodiesel pada debit 4 ml/h

Diketahui : Biodiesel minyak jelantah = $C_{19}H_{36}O_2$

$$Mr \text{ Biodiesel} = 296$$

$$\text{Volume} = 0,004 \text{ liter}$$

$$Q = 14533392,06 \text{ Joule}$$

$$R = 0,082 \text{ L atm/mol K}$$

$$P \text{ udara} = 1 \text{ atm}$$

$$D_{\text{in glasstube}} = 2,5 \text{ mm}$$

Ditanya : Kecepatan pembakaran (S_L) ?

Dijawab : $\rho = 881,1 \text{ kg/m}^3 = 0,8811 \text{ kg/liter}$

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$0,8811 \text{ kg/liter} = \frac{m}{0,004 \text{ liter}}$$

$$m = 0,0035244 \text{ kg}$$

$$m = 3,5244 \text{ gr}$$

$$n = \frac{gr}{Mr}$$

$$n = \frac{3,5244}{296}$$

$$n = 0,0119 \text{ mol}$$

Karena Daya, tegangan dan arus yang diberikan tetap, maka Q konstan untuk semua variasi bahan bakar.

$$Q = m \times c \times \Delta T$$

$$14533392,06 = 3,5244 \text{ gr} \times 37.000 \text{ Joule/gr} \times \Delta T$$

$$\Delta T = 111,450^\circ\text{C} = 384,450 \text{ K}$$

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$1 \text{ atm} \times V = 0,0119 \text{ mol} \times 0,082 \text{ L atm/mol K} \times 384,450 \text{ K}$$

$$V_{\text{uap}} = 0,375$$

$$Q_{\text{uap}} = 0,375 \text{ liter/hr}$$

$$\text{Luasan permukaan mini } \textit{glasstube} \text{ (A)} = \pi \cdot r^2$$

$$= 3,14 (1,25\text{mm})^2 = 4,90625 \text{ mm}^2$$

$$= 0,00049 \text{ dm}^2$$

$$\text{Kecepatan Uap (v uap)} = Q/A$$

$$= 0,375\text{dm}^3/\text{hr} / 0,000490625 \text{ dm}^2$$

$$= 765,064 \text{ dm/hr}$$

$$\text{Sudut } (\alpha) = 7,114^\circ$$

$$S_L = v \sin \alpha$$

$$S_L = 765,064 \text{ dm/hr} \times \sin (7,114^\circ)$$

$$S_L = 94,7007 \text{ dm/hr}$$

$$= 0,263 \text{ cm/s}$$

3. Debit 6 ml/h

Kecepatan Pembakaran Biodiesel pada debit 6 ml/h

Diketahui : Biodiesel minyak jelantah = $\text{C}_{19}\text{H}_{36}\text{O}_2$

$$\text{Mr Biodiesel} = 296$$

$$\text{Volume} = 0,006 \text{ liter}$$

$$Q = 14533392,06 \text{ Joule}$$

$$R = 0,082 \text{ L atm/mol K}$$

$$P_{\text{udara}} = 1 \text{ atm}$$

$$D_{\text{in glasstube}} = 2,5 \text{ mm}$$

Ditanya : Kecepatan pembakaran (S_L) ?

Dijawab : $\rho = 881,1 \text{ kg/m}^3 = 0,8811 \text{ kg/liter}$

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$0,8811 \text{ kg/liter} = \frac{m}{0,006 \text{ liter}}$$

$$m = 0,0052866 \text{ kg}$$

$$m = 5,2866 \text{ gr}$$

$$n = \frac{gr}{Mr}$$

$$n = \frac{5,2866}{296}$$

$$n = 0,0179 \text{ mol}$$

Karena Daya, tegangan dan arus yang diberikan tetap, maka Q konstan untuk semua variasi bahan bakar.

$$Q = m \times c \times \Delta T$$

$$14533392,06 = 5,2866 \text{ gr} \times 37.000 \text{ Joule/gr} \times \Delta T$$

$$\Delta T = 74,3 \text{ }^\circ\text{C} = 347,3 \text{ K}$$

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$1 \text{ atm} \times V = 0,0179 \text{ mol} \times 0,082 \text{ L atm/mol K} \times 347,3 \text{ K}$$

$$V_{\text{uap}} = 0,509$$

$$Q_{\text{uap}} = 0,509 \text{ liter/hr}$$

$$\begin{aligned} \text{Luasan permukaan mini glasstube (A)} &= \pi \cdot r^2 \\ &= 3,14 (1,25\text{mm})^2 = 4,90625 \text{ mm}^2 \\ &= 0,00049 \text{ dm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan Uap (v uap)} &= \frac{Q}{A} \\ &= \frac{0,509 \text{ dm}^3/\text{hr}}{0,000490625 \text{ dm}^2} \\ &= 1036,701 \text{ dm/hr} \end{aligned}$$

$$\text{Sudut } (\alpha) = 4,075^\circ$$

$$S_L = v \sin \alpha$$

$$S_L = 1036,701 \text{ dm/hr} \times \sin(4,075^\circ)$$

$$S_L = 73,6330 \text{ dm/hr}$$

$$= 0,2045 \text{ cm/s}$$

Catatan : Perhitungan menggunakan rumus diatas berlaku untuk semua variasi bahan bakar dan debit.



C. LAMPIRAN TEMPERATUR API

1. Distribusi Temperatur pada Debit 2 ml/h



Gambar C.1 Temperatur api tiap titik percobaan ke-1 bahan bakar biosolar



Gambar C.2 Temperatur api tiap titik percobaan ke-2 bahan bakar biosolar



Gambar C.3 Temperatur api tiap titik percobaan ke-3 bahan bakar biosolar



Gambar C.4 Temperatur api tiap titik percobaan ke-4 bahan bakar biosolar



Gambar C.5 Temperatur api tiap titik percobaan ke-5 bahan bakar biosolar



Gambar C.6 Temperatur api tiap titik percobaan ke-1 bahan bakar B10



Gambar C.7 Temperatur api tiap titik percobaan ke-2 bahan bakar B10



Gambar C.8 Temperatur api tiap titik percobaan ke-3 bahan bakar B10



Gambar C.9 Temperatur api tiap titik percobaan ke-4 bahan bakar B10



Gambar C.10 Temperatur api tiap titik percobaan ke-5 bahan bakar B10



Gambar C.11 Temperatur api tiap titik percobaan ke-1 bahan bakar B20



Gambar C.12 Temperatur api tiap titik percobaan ke-2 bahan bakar B20



Gambar C.13 Temperatur api percobaan ke-3 bahan bakar B20



Gambar C.14 Temperatur api percobaan ke-4 bahan bakar B20



Gambar C.15 Temperatur api percobaan ke-5 bahan bakar B20



Gambar C.17 Temperatur api percobaan ke-2 bahan bakar B30



Gambar C.18 Temperatur api percobaan ke-3 bahan bakar B30



Gambar C.19 Temperatur api percobaan ke-4 bahan bakar B30



Gambar C.20 Temperatur api percobaan ke-5 bahan bakar B30



Gambar C.21 Temperatur api percobaan ke-1 bahan bakar B100



Gambar C.22 Temperatur api percobaan ke-2 bahan bakar B100



Gambar C.23 Temperatur api percobaan ke-3 bahan bakar B100



Gambar C.24 Temperatur api percobaan ke-4 bahan bakar B100



Gambar C.25 Temperatur api percobaan ke-5 bahan bakar B100

2. Distribusi Temperatur pada Debit 4 ml/h



Gambar C.26 Temperatur api percobaan ke-1 bahan bakar biosolar



Gambar C.27 Temperatur api percobaan ke-2 bahan bakar biosolar



Gambar C.28 Temperatur api percobaan ke-3 bahan bakar biosolar



Gambar C.29 Temperatur api percobaan ke-4 bahan bakar biosolar



Gambar C.30 Temperatur api percobaan ke-5 bahan bakar biosolar



Gambar C.31 Temperatur api percobaan ke-1 bahan bakar B10



Gambar C.32 Temperatur api percobaan ke-2 bahan bakar B10



Gambar C.33 Temperatur api percobaan ke-3 bahan bakar B10



Gambar C.34 Temperatur api percobaan ke-4 bahan bakar B10



Gambar C.35 Temperatur api percobaan ke-5 bahan bakar B10



Gambar C.36 Temperatur api percobaan ke-1 bahan bakar B20



Gambar C.37 Temperatur api percobaan ke-2 bahan bakar B20



Gambar C.38 Temperatur api percobaan ke-3 bahan bakar B20



Gambar C.39 Temperatur api percobaan ke-4 bahan bakar B20



Gambar C.40 Temperatur api percobaan ke-5 bahan bakar B20



Gambar C.41 Temperatur api percobaan ke-1 bahan bakar B30



Gambar C.42 Temperatur api percobaan ke-2 bahan bakar B30



Gambar C.43 Temperatur api percobaan ke-3 bahan bakar B30



Gambar C.44 Temperatur api percobaan ke-4 bahan bakar B30



Gambar C.45 Temperatur api percobaan ke-5 bahan bakar B30



Gambar C.46 Temperatur api percobaan ke-1 bahan bakar B100



Gambar C.47 Temperatur api percobaan ke-2 bahan bakar B100



Gambar C.48 Temperatur api percobaan ke-3 bahan bakar B100



Gambar C.49 Temperatur api percobaan ke-4 bahan bakar B100



Gambar C.50 Temperatur api percobaan ke-5 bahan bakar B100

3. Distribusi Temperatur pada Debit 6 ml/h



Gambar C.51 Temperatur api percobaan ke-1 bahan bakar biosolar



Gambar C.52 Temperatur api percobaan ke-2 bahan bakar biosolar



Gambar C.53 Temperatur api percobaan ke-3 bahan bakar biosolar



Gambar C. 54 Temperatur api percobaan ke-4 bahan bakar biosolar



Gambar C.55 Temperatur api percobaan ke-5 bahan bakar biosolar



Gambar C.56 Temperatur api percobaan ke-1 bahan bakar B10



Gambar C.57 Temperatur api percobaan ke-2 bahan bakar B10



Gambar C.58 Temperatur api percobaan ke-3 bahan bakar B10



Gambar C.59 Temperatur api percobaan ke-4 bahan bakar B10



Gambar C.60 Temperatur api percobaan ke-5 bahan bakar B10



Gambar C.61 Temperatur api percobaan ke-1 bahan bakar B20



Gambar C.62 Temperatur api percobaan ke-2 bahan bakar B20



Gambar C.63 Temperatur api percobaan ke-3 bahan bakar B20



Gambar C.64 Temperatur api percobaan ke-4 bahan bakar B20



Gambar C.65 Temperatur api percobaan ke-5 bahan bakar B20



Gambar C.66 Temperatur api percobaan ke-1 bahan bakar B30



Gambar C.67 Temperatur api percobaan ke-2 bahan bakar B30



Gambar C.68 Temperatur api percobaan ke-3 bahan bakar B30



Gambar C.69 Temperatur api percobaan ke-4 bahan bakar B30



Gambar C.70 Temperatur api percobaan ke- 5 bahan bakar B30



Gambar C 71 Temperatur api percobaan ke-1 bahan bakar B100



Gambar C.72 Temperatur api percobaan ke-2 bahan bakar B100



Gambar C.73 Temperatur api percobaan ke-3 bahan bakar B100



Gambar C.74 Temperatur api percobaan ke-4 bahan bakar B100



Gambar C.75 Temperatur api percobaan ke-5 bahan bakar B100