



**ANALISIS KARAKTERISTIK API *PREMIXED*
BIOGAS DENGAN CAMPURAN BUTANA**

SKRIPSI

Oleh:

**Ilham Budi Erawan
NIM. 141910101060**

**JURUSAN TEKNIK MESIN STRATA SATU
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
JEMBER
2018**



**ANALISIS KARAKTERISTIK API *PREMIXED*
BIOGAS DENGAN CAMPURAN BUTANA**

SKRIPSI

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

Oleh:

**Ilham Budi Erawan
NIM. 141910101060**

**JURUSAN TEKNIK MESIN STRATA SATU
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
JEMBER
2018**

PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala limpahan rahmat serta hidayah-Nya, dan sholawat serta salam senantiasa tertuju kepada Nabi Agung Muhammad SAW. Saya sembahkan skripsi ini dengan segala cinta dan kasih sayang kepada :

1. Ayahanda tersayang Dwi Setiyo Budiawan dan Ibunda tercinta Fivennike Erawati, yang jiwa raganya tak pernah henti memberikan kasih sayang dan dukungan yang tulus serta iringan doa yang selalu Beliau panjatkan kepada Allah SWT untuk keberhasilan dan kesuksesan putranya di dunia dan akhirat.
2. Guru-guru saya sejak SD sampai SMA dan seluruh Dosen khususnya Dosen Program Studi Strata Satu Teknik Mesin, Universitas Jember yang telah mencurahkan segenap ilmunya serta memberikan bimbingan dengan penuh kesabaran dan keikhlasan.
3. Teman-temanku khususnya angkatan 2014 Program Studi Strata Satu Teknik Mesin, Universitas Jember yang selalu memberikan dukungan dan selalu bersama dalam suka dan duka.
4. Almamater program Program Studi Strata Satu Teknik Mesin, Universitas Jember yang menjadi kebanggaan.

MOTTO

*“Barang siapa menginginkan kebahagiaan didunia maka haruslah dengan ilmu,
barang siapa yang menginginkan kebahagiaan di akhirat haruslah dengan ilmu,
dan barang siapa yang menginginkan kebahagiaan pada keduanya
maka haruslah dengan ilmu”*

(Terjemahan HR. ibn Asakir)

*“Hai orang-orang yang beriman, Jadikanlah sabar dan shalatmu Sebagai
penolongmu, sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar”*

(Terjemahan Q.S Al-Baqarah: 153)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ilham Budi Erawan

NIM : 141910101060

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul “ANALISIS KARAKTERISTIK API PREMIXED BIOGAS DENGAN CAMPURAN BUTANA” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang telah saya sebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 14 Februari 2018

Yang menyatakan

Ilham Budi Erawan

NIM. 141910101060

SKRIPSI

Oleh:

**Ilham Budi Erawan
NIM. 141910101060**

Pembimbing

**Dosen Pembimbing Utama : Ir. Digdo Listyadi Setyawan, MSc
Dosen Pembimbing Anggota : Santoso Mulyadi S.T., M.T.**

**JURUSAN TEKNIK MESIN STRATA SATU
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
JEMBER
2018**

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul "Analisis Karakteristik Api *Premixed* Biogas Dengan Campuran Butana" telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal : 14 Februari 2018

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji:

DPU,

DPA,

Ir.Digdo Listyadi Setyawan .MSc

NIP. 19680617 199501 1 001

Santoso Mulyadi S.T., M.T.

NIP. 19700228 199702 1 001

Penguji I,

Penguji II,

Dr.Nasrul Iminnafik S.T., M.T.

NIP. 19711114 199903 1 002

M.Fahrur Rozy Hentihu S.T., M.T.

NIP. 19800307 201212 1 003

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M

NIP. 19661215 199503 2 001

RINGKASAN

Analisis Karakteristik Api *Premixed* Biogas Dengan Campuran Butana;

Ilham Budi Erawan; 141910101060; 75 halaman; Jurusan Teknik Mesin; Fakultas Teknik; Universitas Jember.

Pesatnya penggunaan energi fosil membuat persediaan bahan bakar fosil setiap tahun menipis. Krisis energi berdampak cukup signifikan bagi perekonomian Indonesia. Salah satu energi alternatif yang dapat dikembangkan di daerah pedalaman Indonesia adalah Biogas.

Biogas dari kotoran sapi merupakan bahan bakar yang ramah lingkungan yang pada umumnya mengandung gas metana (50%-70%), CO₂(30%-40%), N₂ (1%-2%), H₂O (0,3%), H₂ (5-10%) dan H₂S (0-3%). Biogas memiliki nilai kalor yang rendah yang diakibatkan oleh adanya CO₂, oleh sebab itu biogas perlu dikembangkan agar memiliki nilai kalor yang lebih tinggi. Dalam penelitian ini akan dilakukan pencampuran biogas dengan bahan bakar yang memiliki nilai kalor yang lebih tinggi yaitu butana. Metode yang digunakan adalah dengan membandingkan karakteristik api biogas murni dengan biogas yang dicampur dengan butana sebanyak 10%-50% dan butana murni. Karakteristik api yang dilihat selama proses penelitian yaitu warna api, tinggi kerucut api dan temperatur api dengan pembakaran *premixed* menggunakan bunsen burner.

Dari hasil penelitian warna api terdapat peningkatan warna biru disetiap penambahan butana terhadap biogas. Warna biru itu sendiri memiliki arti bahan bakar memiliki nilai kalor yang tinggi. Peningkatan juga terjadi pada tinggi kerucut api dimana tinggi kerucut api mengalami peningkatan disetiap penambahan butana terhadap biogas. Peningkatan ini disebabkan oleh energi yang dikeluarkan oleh bahan bakar lebih tinggi disetiap penambahan butana. Begitu juga dengan temperatur bahan bakar mengalami peningkatan ketika ditambahkan butana dikarenakan butana memiliki nilai kalor yang lebih baik dari biogas. Dari ketiga hal tersebut dapat disimpulkan penambahan butana terhadap biogas dapat meningkatkan kualitas biogas itu sendiri.

SUMMARY

Analysis Characterization Of Biogas Butane Premixed Flames; Ilham Budi Erawan; 141910101060; 75 pages; Department of Mechanical Engineering; Faculty of Engineering; University of Jember.

The growth use of fossil energy makes the fossil fuel supply decreased every year. Crisis of the energy has a significant effect for the economy of Indonesia. One of the alternative energy that can be developed in rural area in Indonesia is Biogas.

Biogas from cow's feces is an eco-friendly fuel which usually contains methane (50%-70%), CO_2 (30%-40%), N_2 (1%-2%), H_2O (0.3 %), H_2 (5-10%) and H_2S (0-3%). Biogas has low calorific value which is caused by the existence of CO_2 , thus biogas needed to be developed to increase its calorific value. In this research, the mixing of biogas and fuel which has higher calorific value named butane will be done. The method used is by comparing fire characteristic of pure biogas with biogas which has been mixed with butane 10%-50% and pure butane. The characteristics of fire which is observed along the process of the research are the color of the fire, the height of the cone fire and the fire temperature with premixed combustion by using Bunsen burner.

The results of the study of fire color there is an increase in blue color in each butane addition to biogas. The blue itself means fuel has a high heating value. The increase also occurs at high fire cones where the height of the fire cone has increased in every butane addition to biogas. This increase is due to the energy released by the higher fuel in each butane addition. Likewise, the fuel temperature increases when the butane added butane has a better calorific value than the biogas. From these three things can be concluded the addition of butane to biogas can improve the quality of biogas itself.

PRAKATA

Puji Syukur atas keharidrat Allah SWT atas karunia-Nya sehingga penulisan skripsi yang berjudul “Analisis Karakteristik Api *Premixed* Biogas Dengan Campuran Butana” dapat terselesaikan dengan baik. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember. Penyusunan Skripsi ini tidak lepas dari bantuan beberapa pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember
2. Ir. Digdo Listyadi Setyawan ,MSc. dan Santoso Mulyadi S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktu, pikiran dan perhatian dalam penulisan skripsi ini
3. Dr.Nasrul Ilminnafik S.T., M.T. dan M. Fahrur Rozy Hentihu S.T., M.T., selaku Dosen Penguji yang telah meluangkan waktu, pikiran dan perhatian dalam penulisan skripsi ini
4. Segenap dosen Program Strata Satu Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember atas segala ilmu yang telah diberikan selama saya menjadi mahasiswa
5. Teman-teman angkatan 2014 Program Strata Satu Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah membantu dan memberikan motivasi satu sama lain
6. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu

Penulis juga menerima segala kritikan dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 14 Februari 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	viii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Energi Terbarukan	5
2.2 Biogas	6
2.3 Pembentukan Biogas	7
2.4 Faktor Yang Mempengaruhi Biogas	8
2.5 <i>Bunsen Burner</i>	11
2.6 Butana	12
2.7 Karakteristik Nyala Api	12
2.7.1 Tipe Mode Nyala Api	13
2.7.2 Jenis Aliran Nyala Api	14

2.7.3 Ketinggian Kerucut api.....	14
2.8 Proses Penaikan Suhu Dengan Cara Pencampuran	15
2.9 Hipotesis	18
BAB 3. METODE PENELITIAN	
3.1 Metode Penelitian	19
3.2 Tempat Dan Waktu Penelitian	19
3.2.1 Tempat Penelitian	19
3.2.2 Waktu Penelitian	19
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	19
3.3.1 Alat	19
3.3.2 Bahan	20
3.4 Variabel Penelitian	20
3.4.1 Variabel Bebas	20
3.4.2 Variabel Terikat	20
3.4.3 Variabel Kontrol	20
3.5 Metode Pengumpulan Dan Pengolahan Data	21
3.6 Pengamatan Yang Dilakukan	21
3.7 Tahap Pembuatan Alat Pencampur	21
3.8 Tahap Pengujian	22
3.8.1 Tahap Pencampuran Gas	22
3.8.2 Pengujian Warna Api	23
3.8.3 Tinggi Kerucut Api	25
3.8.4 Temperatur Api.....	26
3.9 Diagram Alir Penelitian	27
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Data dan Hasil pengujian	28
4.1.1 Uji Warna Api.....	28
4.1.2 Tinggi Kerucut Api	30
4.1.3 Temperatur Api.....	31
BAB 5. PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	33

5.2 Saran	33
DAFTAR PUSTAKA	34
LAMPIRAN	



DAFTAR TABEL

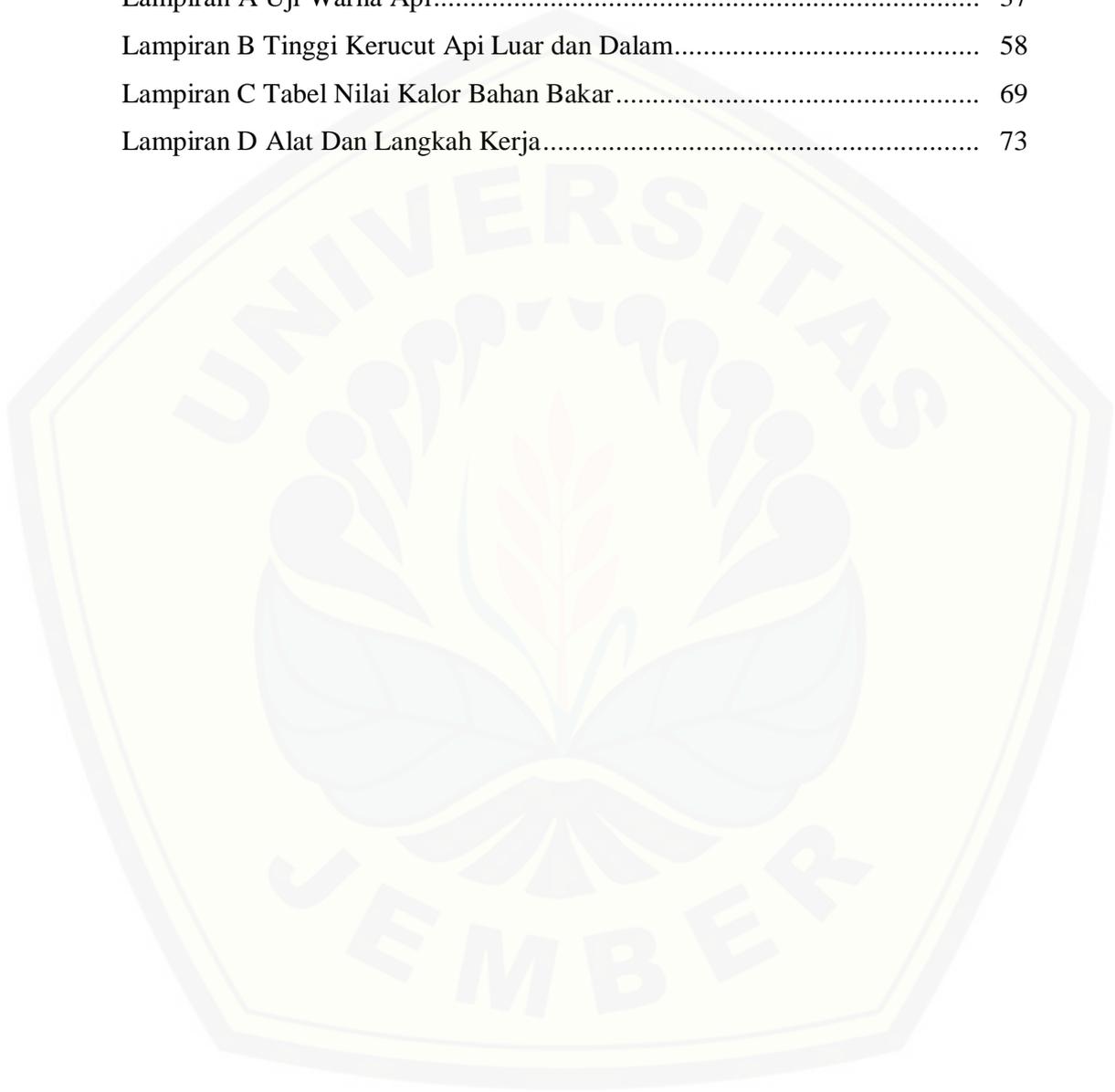
	Halaman
Tabel 2.1 Sumber daya energi terbarukan.....	6
Tabel 2.2 Perbandingan nilai kalor berbagai bahan bakar	7
Tabel 2.3 Rasio C/N kotoran hewan	9
Tabel 2.4 Suhu pertumbuhan optimal dari spesies methaobacteria	10
Tabel 2.5 Spesifikasi bahan bakar	17
Tabel 2.6 Spesifikasi bahan bakar campuran	18
Tabel 3.1 Nilai RGB bahan bakar	24
Tabel 3.2 Tinggi Kerucut Api	25
Tabel 3.3 Temperatur Api	26
Tabel 4.1 Biogas murni dan butana murni	28
Tabel 4.2 Persentase RGB bahan bakar	29
Tabel 4.3 Tinggi kerucut api	30
Tabel 4.4 Temperatur bahan bakar	31

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Siklus fermentasi anaerob	8
Gambar 2.2 <i>Bunsen Burner</i>	11
Gambar 2.3 Profil nyala api	13
Gambar 2.4 Nyala api (a) <i>premixed</i> (b) <i>diffusion</i>	13
Gambar 2.5 Struktur api <i>Premixed</i>	14
Gambar 2.6 Pembagian zona api	15
Gambar 2.7 Skema metode pencampuran biogas dan h_2	16
Gambar 2.8 Pembakaran biogas menggunakan <i>bunsen burner</i>	16
Gambar 2.9 Peningkatan temperatur pembakaran	17
Gambar 3.1 Gambar alat pencampur gas	21
Gambar 3.2 Skema Pencampuran gas	22
Gambar 3.3 Pengisian biogas	22
Gambar 3.4 Pengisian butana dan biogas	23
Gambar 3.5 Proses pembakaran <i>bunsen burner</i>	23
Gambar 3.6 <i>Bunsen burner</i>	24
Gambar 3.7 Pengukuran tinggi kerucut api luar dan dalam	25
Gambar 3.8 Pengukuran temperatur api	26
Gambar 4.1 Api biogas murni dan butana murni	28
Gambar 4.2 Perubahan spi biogas dengan tambahan butana	28
Gambar 4.3 Persentase RGB bahan bakar	29
Gambar 4.4 Tinggi kerucut dalam dan luar	30
Gambar 4.5 Grafik temperatur bahan bakar	31
Gambar 4.6 Perbandingan temperatur biogas dengan campuran butana dan hidrogen	32

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A Uji Warna Api.....	37
Lampiran B Tinggi Kerucut Api Luar dan Dalam.....	58
Lampiran C Tabel Nilai Kalor Bahan Bakar.....	69
Lampiran D Alat Dan Langkah Kerja.....	73



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pesatnya penggunaan energi fosil membuat persediaan bahan bakar fosil setiap tahun menipis. Krisis energi berdampak cukup signifikan bagi perekonomian Indonesia. Krisis energi saat ini juga dialami dunia Internasional sehingga banyak negara berlomba-lomba mengembangkan energi terbarukan atau energi alternatif dalam upaya mengatasi krisis tersebut. Krisis energi juga dialami oleh Indonesia khususnya daerah terpencil (Hamri dkk,2017).

Energi alternatif yang bisa dikembangkan di daerah pedalaman Indonesia khususnya desa adalah energi yang berasal dari limbah pertanian dan peternakan. Salah satu limbah peternakan yang dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif adalah limbah kotoran sapi. Limbah kotoran sapi merupakan bahan organik yang biasanya hanya digunakan untuk pupuk pertanian, sehingga kotoran sapi jarang di lirik sebagai salah satu energi alternatif. Limbah kotoran sapi tersebut bisa berasal dari rumah potong hewan, pengolahan produksi ternak, hasil dari kegiatan usaha ternak dan sapi peliharaan. Limbah kotoran sapi berwujud padat, cair dan gas jika tidak ditangani dengan baik akan berdampak buruk pada lingkungan (Adityawarman dkk,2015).

Biogas dari kotoran sapi merupakan bahan bakar yang ramah lingkungan karena didapat dari proses fermentasi limbah organik. Bahan bakar ini secara umum mengandung gas metana (50%-70%), CO₂(30%-40%), N₂ (1%-2%), H₂O (0,3%), H₂ (5-10%) dan H₂S (0-3%). Metana adalah gas yang paling banyak di temui dalam kandungan biogas. Kandungan lain dari biogas seperti CO₂ dan N₂ merupakan zat pengotor yang memiliki sifat sebagai pengotor. Zat pengotor dalam bahan bakar biogas seperti CO₂ memberikan dampak buruk dalam pembakaran. Dampak buruk tersebut antara lain dapat menurunkan nilai kalor pembakaran yang cukup signifikan. Nilai kalor bahan bakar yang rendah akan mengakibatkan rendahnya energi pembakaran dan menurunkan laju reaksi

pembakaran sehingga membutuhkan pembakaran yang lebih lama (Sasongko dan Wijayanti,2015).

Biogas memiliki karakteristik pembakaran yang rendah akibat adanya CO₂. Beberapa upaya penelitian telah dilakukan untuk membuat biogas menjadi bahan bakar berkualitas tinggi melalui pencampuran bahan bakar yang energinya lebih tinggi. Beberapa tahun belakangan ini penelitian tentang peningkatan kualitas biogas telah banyak dilakukan, dengan mencampurkan antara biogas dengan berbagai jenis hidrokarbon (Zhen dkk, 2014).

Peneliti Zhen dkk (2014) menguji penambahan hidrogen pada biogas menunjukkan peningkatan kecepatan pembakaran, stabilitas api yang baik, kalor meningkat dan emisi yang dihasilkan berkurang dari pada hanya menggunakan biogas. Peneliti Lee dan Hwang (2017) juga menguji karakteristik api LFG yang di dominasi oleh CH₄ dengan LPG. Hasil yang didapat dalam pencampuran tersebut adalah terdapat peningkatan kalor dan kecepatan pembakaran yang lebih baik dari pada biogas murni. Penelitian lain yang dilakukan Cardona dan Amell (2013) menyatakan biogas yang dicampur dengan propana dan hidrogen akan meningkatkan laminar pembakaran lebih tinggi daripada biogas murni.

Penggunaan biogas sangat jarang digunakan karena selain energi yang di milikinya kecil juga terkendala dengan pembuatan reaktornya, sehingga ibu-ibu rumah tangga cenderung menggunakan gas LPG (*Liquified Petroleum Gas*) dalam memasak. LPG merupakan gas hasil produksi dari kilang bbm dan kilang gas, yang memiliki komponen utama adalah gas propana (C₃H₈) dan butana (C₄H₁₀) kurang lebih 97% dan sisanya adalah gas pentana yang dicairkan (Mahmud dan Sungkono, 2015).

Butana adalah salah satu dari dua hidrokarbon jenuh dengan rumus kimia C₄H₁₀ yang memiliki sifat tidak berwarna dan mudah terbakar dimana memiliki berat jenis lebih berat dari pada udara (Nolan,1996). Energi biogas sangat rendah diharapkan dengan mencampurkan biogas dan butana dapat meningkatkan karakteristik api yang lebih baik, Hal ini didukung dengan penelitian dari (Dai,2011)

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian di atas maka dapat dibuat beberapa rumusan masalah yaitu:

- a. Bagaimana perbandingan warna api biogas murni, biogas dengan campuran butana dan butana murni ?
- b. Bagaimana perbandingan tinggi kerucut api biogas murni, biogas dengan campuran butana dan butana murni ?
- c. Bagaimana perbandingan temperatur api biogas murni, biogas dengan campuran butana dan butana murni ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari dilaksanakannya penelitian ini adalah:

- a. Untuk mengetahui perbandingan warna api biogas murni, biogas dengan campuran butana dan butana murni.
- b. Untuk mengetahui perbandingan tinggi kerucut api biogas murni, biogas dengan campuran butana dan butana murni.
- c. Untuk mengetahui perbandingan temperatur api biogas murni, biogas dengan campuran butana dan butana murni.

1.4 Manfaat Penelitian

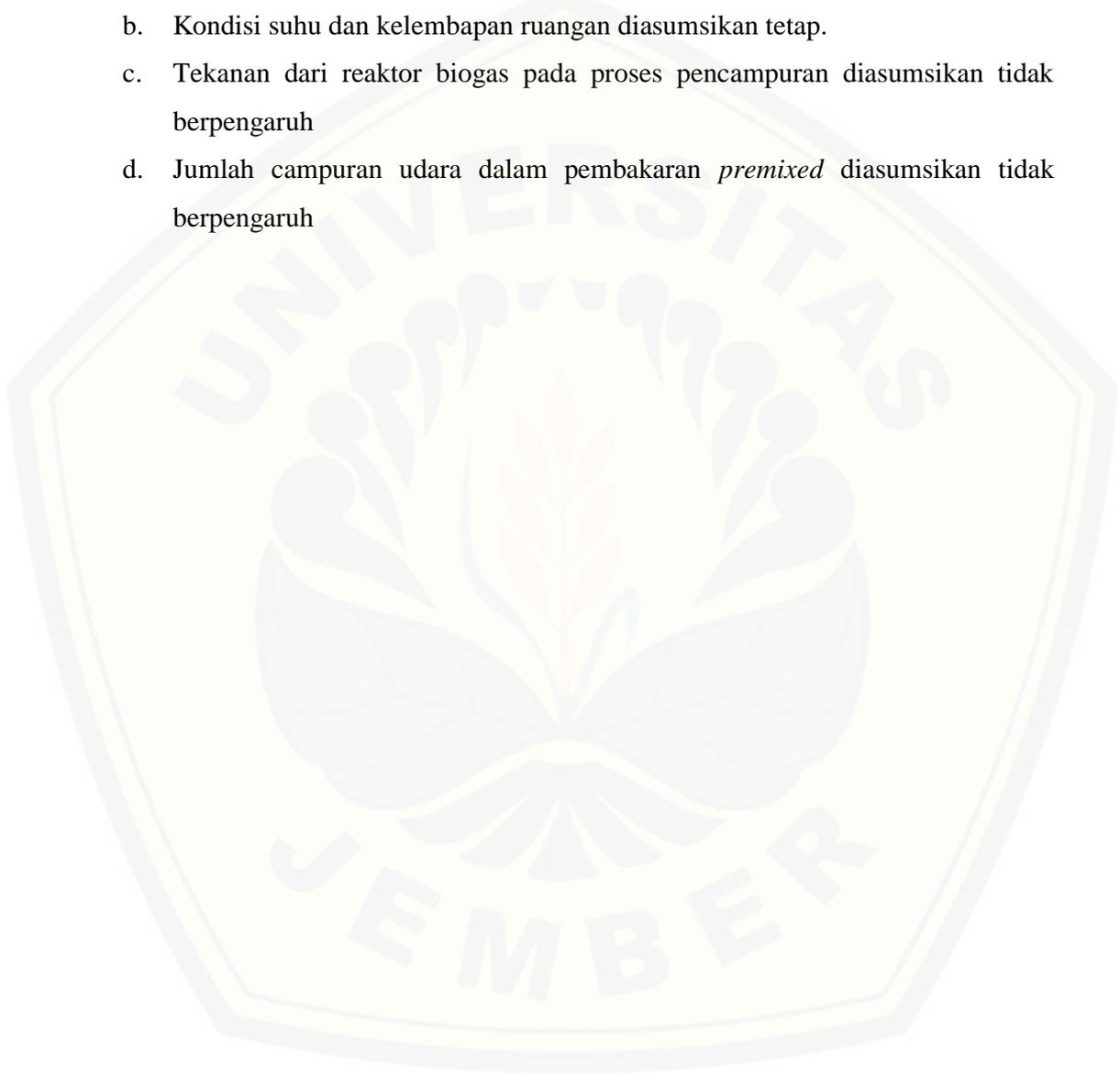
Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

- a. Meningkatkan kualitas bahan bakar biogas sebagai bahan bakar alternatif.
- b. Memberikan motivasi bagi Civitas Akademik Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember untuk mengembangkan lebih jauh teknologi biogas.
- c. Memberikan dampak positif kepada masyarakat sehingga mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil dan memberdayakan energi biogas sebagai energi alternatif yang ramah lingkungan ekonomis.

1.5 Batasan Masalah

Untuk mempermudah penelitian serta pembahasan dalam penelitian ini maka diberikan batasan masalah sebagai berikut :

- a. Biogas yang digunakan adalah kotoran sapi
- b. Kondisi suhu dan kelembapan ruangan diasumsikan tetap.
- c. Tekanan dari reaktor biogas pada proses pencampuran diasumsikan tidak berpengaruh
- d. Jumlah campuran udara dalam pembakaran *premixed* diasumsikan tidak berpengaruh



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Energi Terbarukan

Saat ini pasokan energi global sebagian besar didominasi bahan bakar fosil (minyak, gas alam, batu bara) dimana yang jumlahnya sangat terbatas. Mengingat pertumbuhan penduduk dunia meningkat, membuat kebutuhan energi alternatif tak terelakkan (Samuel, 2015). Ketergantungan energi fosil yang semakin menipis akan membuat Indonesia terjebak dalam krisis energi. Krisis tersebut dapat diatasi dengan terus melakukan pemanfaatan dalam menggunakan energi terbarukan. Sumber energi terbarukan adalah sumber energi yang ramah lingkungan dan tidak merusak iklim dan pemanasan global. Energi terbarukan didapatkan dari proses alam yang berkelanjutan seperti dari sinar matahari, air, angin, *biofuel* dan geotermal. Sumber energi terbarukan tersebut tidaklah merugikan lingkungan dan menjadi alasan mengapa energi terbarukan sangat terkait dengan masalah lingkungan dan ekologi. Persoalan energi merupakan kebutuhan semua negara di dunia. Energi bukanlah merupakan komoditas biasa, akan tetapi komoditas strategis dalam meningkatkan seluruh sistem dan dinamika kehidupan manusia. Pemerintah telah melakukan program untuk mewujudkan kemandirian nasional yang harus didukung penuh oleh seluruh lapisan masyarakat (KESDM.2016).

Potensi energi terbarukan di Indonesia saat ini masih belum dimanfaatkan secara maksimal. Salah satu peraturan yang mengatur tentang pengembangan energi terbarukan adalah PP No. 79 tahun 2014 tentang kebijakan energi nasional. Untuk mendukung pengembangan energi terbarukan di Indonesia, diperlukan potensi energi terbarukan yang ada di Indonesia.

Pemanfaatan energi terbarukan khususnya biogas dan biomassa hanya digunakan sebagai keperluan rumah tangga, komersial dan industri yang penggunaannya dapat mengurangi konsumsi energi fosil. Sampai dengan tahun 2015 kapasitas pembangkit biomassa sebesar 17 GW (diluar biomassa tradisional). Pemanfaatan biomassa akan masih berkembang untuk tahun kedepannya (Dewan Energi Nasional, 2016).

Tabel 2.1 Sumber daya energi terbarukan

Jenis Energi	Sumber Daya	Kapasitas Terpasang	Pemanfaatan %
Tenaga Air	94.476 MW ¹⁾	5.024 MW ¹⁾	5,30%
Panas Bumi	29.544 MW ¹⁾	1.403,5 MW ¹⁾	4,80%
Bioenergi	32000 MW dan 200.000 bpd BBN ⁴⁾	1.740,4 MW ⁴⁾	5,40%
Surya	4,80 kWh/m ² /day 207,9 GW ¹⁾	78,5 MW ¹⁾	
Angin Hybrit	3 - 6 m/s 60 GW ¹⁾	3,1 MW ³⁾	
Energi Laut	61 GW ²⁾ Gelombang 1.995 MW ⁴⁾ Panas Laut (OTEC) 41.001 MW ⁴⁾ Arus Laut 17.989 MW ⁴⁾		
Shale Gas	574 TSCF ⁴⁾		
Coal Bed Methane	456,7 TSCF ⁴⁾		

Catatan

1) Angka potensi dan Darft Ruen 2016

2) Data ratifikasi antara ESDM dan Asosiasi Energi Laut Indonesia (ASELI) 2014

3) Purwarupa Badan Pengkaji dan Penerapan Teknologi (BPPT) 2010

4) DJ EBTKE 2014

(DEN, 2016)

2.2 Biogas

Biogas adalah energi gas terbarukan yang paling penting terkait dengan biomassa. Biogas biasanya dihasilkan oleh pencernaan anaerob atau fermentasi dari bahan *biodegradable* seperti biomassa, kotoran, limbah, sampah kota, limbah hijau, bahan tanaman dan tanaman pertanian (Greco dkk,2017). Bahan organik tersebut mengalami dekomposisi dan menghasilkan gas yang terdiri dari 40%-70% metana, sisanya sebagian besar adalah karbon dioksida dengan gas lainnya. Biogas memiliki nilai kalor yang baik meski pun nilainya lebih rendah dari pada LPG dan CNG (Abbasi,dkk,2012).

Tabel 2.2 Perbandingan nilai kalor berbagai bahan bakar

Fuel	Calorific value (approximate)
Natural Gas	8.600 kcal m ⁻³
Liquefied petroleum gas	10.800 kcal kg ⁻¹
Kerosene	10.300 kcal kg ⁻¹
Diesel	10.700 kcal kg ⁻¹
Biogas	5000 kcal m ⁻³

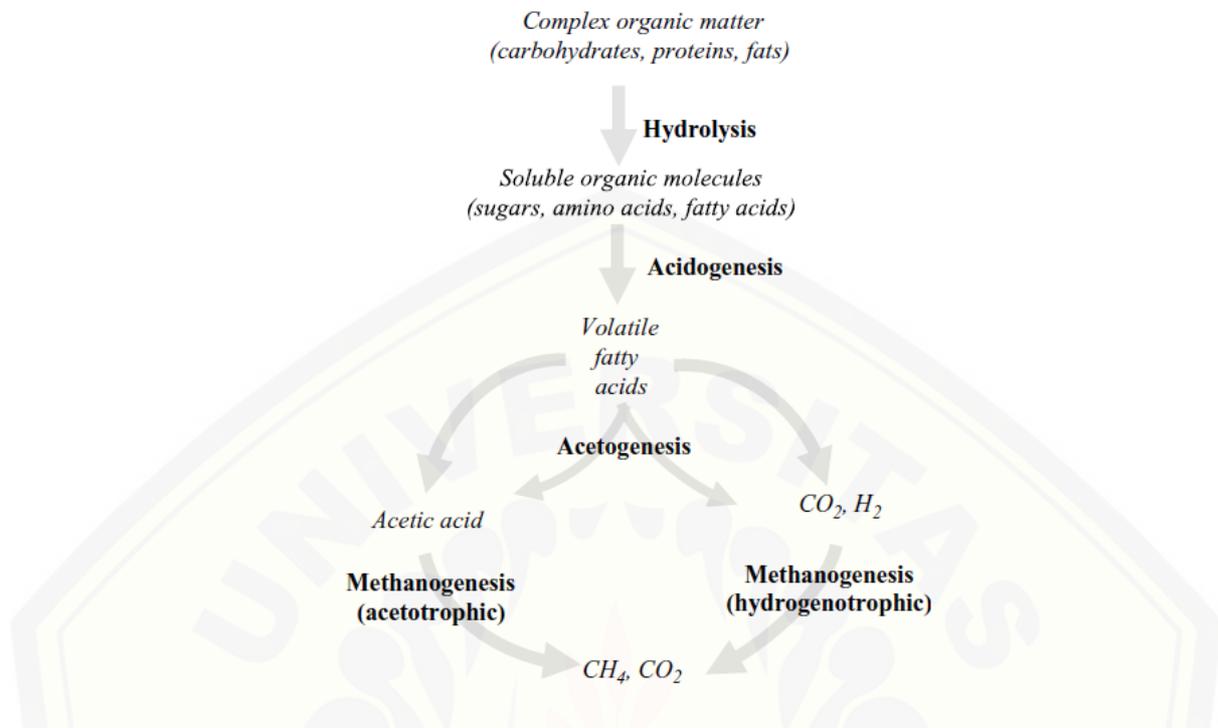
(Abbasi dkk,2012).

Bahan baku dari pembuatan biogas adalah kotoran ternak yang paling umum digunakan adalah kotoran sapi. Hal ini disebabkan potensi limbah dari peternakan sapi lebih banyak menghasilkan limbah. Kotoran ternak yang terutama digunakan yaitu feses dan urine sapi sebagai bahan baku biogas (Simamora dkk, 2012).

2.3 Pembentukan Biogas

Pembentukan biogas melibatkan fermentasi bakteri dari limbah organik pada saat kondisi tidak ada oksigen, Fermentasi menyebabkan pemecahan kompleks *biodegradable* yang dibagi menjadi 4 tahapan (Abbasi dkk,2012).

- a. Makromolekul besar protein, lemak dan polimer karbohidrat (selulosa dan pati) dipecah melalui hidrolisis menjadi asam amino, rantai panjang asam lemak dan gula
- b. Hasil pemecahan tersebut kemudian difermentasi selama *acidogenesis* membentuk lemak volatil asam, terutama asam laktat dan propionat, butirat dan valerat
- c. Dalam asetonemisi, bakteri mengonsumsi produk fermentasi dan menghasilkan asam asetat, karbon dioksida dan hidrogen
- d. Organisme metanogenik mengonsumsi asetat, hidrogen dan beberapa karbon dioksida untuk menghasilkan metana. Tiga jalur biokimia yang digunakan oleh methanogen yaitu :
 - 1) Jalur asetotropik ($4\text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow 4\text{CO}_2 + 4\text{CH}_4$)
 - 2) Jalur hidrogenotrofik ($\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$)
 - 3) Jalur metilotropik ($4\text{CH}_3\text{OH} + 6\text{H}_2 \rightarrow 3\text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$).



Gambar 2.1 Siklus fermentasi anaerob (Abbasi,dkk,2012).

2.4 Faktor Yang Mempengaruhi Biogas

Beberapa aspek yang berpengaruh dalam proses pencernaan anaerob dalam pembuatan biogas adalah sebagai berikut:

a. Rasio C/n

Proporsi relatif karbon dan nitrogen yang berada dalam bahan organik dinyatakan dalam bentuk rasio karbon / nitrogen (C/N). Rasio C/N memiliki nilai yang optimal di kisaran 20-30 dalam pencernaan anaerobik, Jika rasio C/N terlalu tinggi, nitrogen akan terurai dengan cepat oleh methanogen dan akan membuat produksi biogas menjadi menurun. Jika rasio C/N terlalu rendah, Nitrogen akan terbebas dan terakumulasi dalam bentuk amonia dan membuat PH menjadi tinggi. Naiknya nilai PH yang lebih dari 8.5 akan membuat terganggunya bakteri metanogenik. Untuk membuat biogas yang baik bahan dengan rasio C/N tinggi dapat dicampur dengan bahan dengan rasio C/N rendah (Abbasi,dkk,2012)

Tabel 2.3 Rasio C/N kotoran hewan

Raw material	C/N ratio
Duck dung	8
Human excreta	8
Chicken dung	10
Goat dung	12
Pig dung	18
Sheep dung	19
Cow dung	24
Water hyacinth	25
Municipal solid waste	40
Elephant dung	43
Maize straw	60
Rice straw	70
Wheat straw	90
Saw dust	>200

(Abbasi,dkk,2012).

b. Pengenceran

Pemberian air dalam proses pembuatan biogas sangat dianjurkan. Dalam pembuatan biogas jika bahan baku terlalu padat dan sulit di aduk akan menyebabkan aliran gas menuju output akan susah mengalir, Namun jika bahan terlalu encer akan menyebabkan tidak terdegradasinya campuran dengan baik. Pada umumnya kekentalan bahan baku biogas yang paling baik adalah 10%-25% padatan (Abbasi,dkk,2012).

c. PH

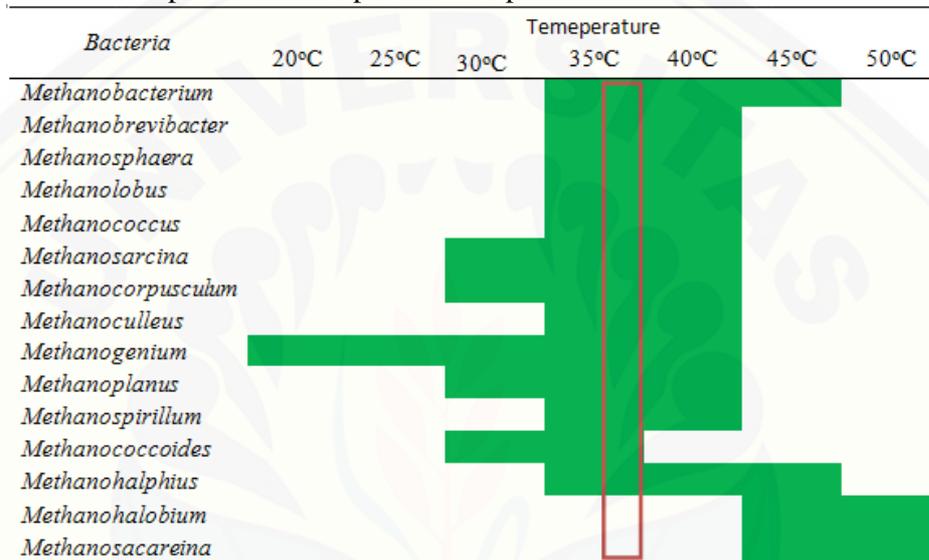
Produksi biogas akan mencapai titik optimum bila campuran inputnya memiliki PH 6-7. Selama periode awal campuran, sebagian besar bahan organik berubah menjadi asam sehingga menyebabkan PH menurun. Seiring fermentasi yang berlanjut konsentrasi amonia dalam bahan akan meningkat, hal tersebut karena mulai munculnya nitrogen dan menyebabkan PH meningkat. Produksi gas metana akan stabil bila PH bahan berada 7,2 - 8,2 (Abbasi,dkk,2012).

d. Temperatur

Bakteri metana pada umumnya adalah bakteri berjenis mesofil, yaitu bakteri yang biasanya hidup pada suhu kamar. Oleh karena itu pembentukan biogas harus

disesuaikan dengan kondisi lingkungan bakteri. Temperatur pembentukan berkisar 20-40°C dengan temperatur optimum yaitu 27-30°C. Namun peneliti lain mengatakan bahwa temperatur optimum pertumbuhan bakteri mesofil adalah rentang 37-40°C, suatu rentang yang menyertakan sebagian besar spesies bakteri methanocateria (Bavutti dkk, 2014).

Tabel 2.4 Suhu pertumbuhan optimal dari spesies methaobacteria



(Bavutti dkk.2014)

e. Waktu retensi

Waktu retensi adalah waktu yang dibutuhkan untuk mencapai degradasi lengkap dari bahan organik. Waktu retensi sangatlah bervariasi dengan parameter proses, seperti suhu proses dan komposisi limbah. Waktu retensi untuk limbah mesofilik adalah 15-30 hari dan 12-14 hari untuk digester termofilik (Monet, 2003)

f. Racun

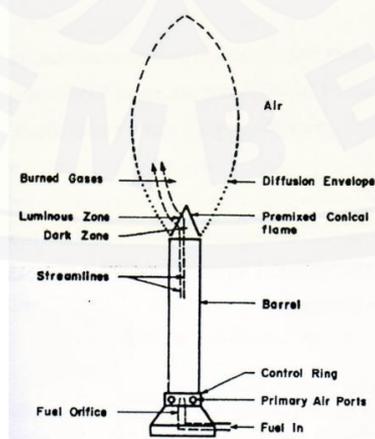
Dalam pembuatan biogas ada beberapa bahan yang dapat bersifat toksisitas seperti mineral ion, logam berat dan detergen. Bahan mineral seperti (sodium, kalium, kalsium, magnesium, amonium dan sulfur) dapat merangsang pertumbuhan bakteri, namun dalam jumlah yang terlalu banyak akan menyebabkan efek toksik. Logam berat seperti tembaga, nikel, kobalt, kromium,

seng dan timbal sangat penting untuk pertumbuhan bakteri namun dalam jumlah yang sangat kecil, namun dalam jumlah yang terlalu banyak akan memberikan efek toksit. Detergen seperti sabun antibiotik dan pelarut organik juga sebagai penghambat tumbuhnya bakteri sehingga tidak dianjurkan jika diberikan ke bahan pembuatan biogas

2.5 Bunsen Burner

Bunsen burner merupakan alat pembakar yang ditemukan oleh Robert William Bunsen pada tahun 1855. Alat ini adalah alat pertama yang mampu menghasilkan nyala api *premixed*, alat ini menggunakan prinsip aliran campuran bahan bakar dengan udara yang bercampur secara kontinu. Bahan bakar gas masuk kedalam bunsen melalui pipa masuk dibagian bawah *burner*. Bahan bakar tersebut bercampur dengan udara yang masuk melalui *control ring*. Udara dan bahan bakar akan bercampur selama melewati tabung pembakar (*barrel*), gas dan udara akan tercampur dengan baik mendekati campuran homogen dan mengalir keluar dari ujung tabung pembakaran secara kontinu.

Ujung *burner* merupakan bagian yang sering terjadi korosi karena bagian ini paling dekat dengan sumber api sehingga proses pembakarannya kurang baik. Laju konsentrasi reaktan yang konstan setelah terciptanya awal nyala api yang stabil serta laju aliran campuran bahan bakar yang konstan akan membuat nyala api *premixed* stabil (Taufiq,2008).



Gambar 2.2 *Bunsen burner* (An Introduction To Fire Dynamics,1998)

2.6 Butana

Butana adalah gas yang terdiri dari dua hidrokarbon jenuh, atau alkana dengan bahan penyusun C_4H_{10} . Dalam Senyawa tersebut terdapat rantai atom tertutup dan terbuka. Dalam n-butana (normal), rantai kontinu dan tidak bercabang, sedangkan pada i-butana (iso) atom karbon membentuk cabang. Perbedaan dalam struktur ini menghasilkan perbedaan kecil namun berbeda distrukturnya. Dengan demikian, n-butana memiliki titik beku $-138,3^{\circ}C$ dan didih $-0,5^{\circ}C$ dan i-butana memiliki titik beku $-145^{\circ}C$ dan didih $-10,2^{\circ}C$ (Nolan, 1996).

2.7 Karakteristik Nyala Api

Dalam proses pembakaran, bahan bakar dan udara bercampur lalu terbakar. Pembakaran dapat terjadi dalam 2 mode yaitu dengan nyala api maupun tanpa menggunakan nyala api. Berdasarkan buku *An Intoduction To Combustion Concept and application* definisi api adalah pengembangan yang bertahan pada suatu daerah pembakaran yang dialokasikan pada kecepatan subsonik (Putri, 2009).

Warna api dipengaruhi oleh dua hal antara lain kandungan bahan bakar dan campuran udara yang ikut terbakar. Apabila api memiliki warna cenderung merah, hal itu disebabkan oleh miskinnya oksigen dalam pembakaran tersebut sehingga menurunkan nilai kalor, sedangkan apabila api memiliki warna cenderung biru, hal itu disebabkan oleh kayanya oksigen dalam pembakaran tersebut sehingga meningkatkan nilai kalor (Putri, 2009).

Api hidrokarbon dikarakteristikkan oleh radiasi yang tampak. Daerah reaksi akan terlihat biru apabila reaksi pembakaran memiliki oksigen yang cukup. Radiasi biru berasal dari eksitasi CH radikal di dalam daerah bertemperatur tinggi. Saat udara berkurang menyebabkan stoikiometrinya berkurang, daerah api akan berwarna biru-hijau yang berasal dari eksitasi C_2 . Dalam kedua jenis api OH radikal memberikan kontribusi terhadap radiasi yang tampak. Jika campuran api kaya jelaga akan terbentuk radiasi hitam. Meskipun radiasi jelaga memiliki intensitas maksimal dalam inframerah, kepekaan spektrum mata manusia

menyebabkan kita melihat cahaya kuning terang (mendekati putih) akibat pudarnya emisi oranye, tergantung temperatur api (Putri, 2009).

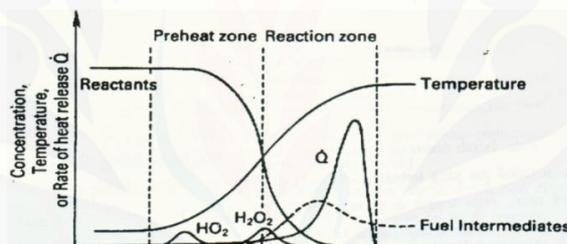
2.7.1 Tipe Mode Nyala Api

Terdapat dua mode tipe mode nyala api yaitu:

a. *Premixed flame*

Pembakaran *Premixed* adalah pembakaran dimana bahan bakar dan udara telah bercampur sempurna di dalam burner sebelum keluar dari mulut burner dan terbakar. Pembakaran *Premixed* dibagi dalam 2 zona yaitu :

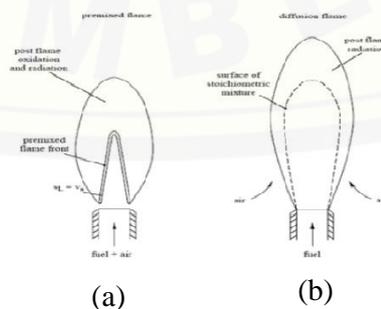
1. zona pra pemanasan (*Preheat Zone*) adalah daerah dimana sedikit panas yang dilepaskan dan masih banyak bahan bakar yang belum terbakar
2. zona pemanasan (*Reaction Zone*) adalah daerah dimana sebagian besar energi kimia dilepaskan (Taufiq,2008).



Gambar 2.3 Profil nyala api (*An Introduction To Fire Dynamics,1998*)

b. *DiffusionFlame (Non-Premixed)*

Diffusion flame merupakan api yang dihasilkan ketika bahan bakar dan oksigen bercampur dan penyalaan dilakukan secara bersamaan. Laju difusi reaktan dipengaruhi oleh energi yang dimiliki oleh bahan bakar.



Gambar 2.4 Nyala api (a) *Premixed* (b) *Diffusion*(*An Intoduction To Combustion Concept and application, 1999*).

2.7.2 Jenis Aliran Nyala Api

Terdapat dua tipe aliran nyala api yaitu:

a. Api Laminar

Api laminar adalah visualisasi api yang terlihat yang berbentuk secara laminar atau teratur. Api jenis ini memiliki bentuk mengikuti *streamline* aliran tanpa membentuk turbulensi atau gerakan tidak beraturan.

b. Api Turbulen

Api turbulen menunjukkan pola aliran nyala api yang tidak beraturan atau acak yang memberi indikasi aliran yang bergerak sangat aktif (Putri, 2009).

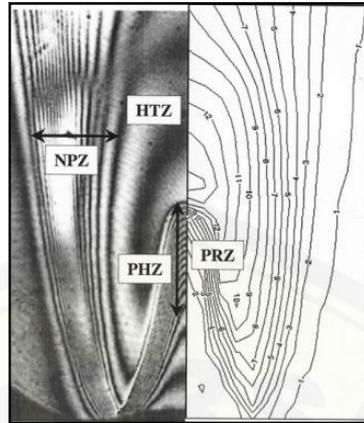
2.7.3 Ketinggian Kerucut api

Ketinggian kerucut biru adalah salah satu parameter utama yang menentukan struktur api dan perilaku. Ketinggian kerucut ini bergantung pada aliran, komposisi bahan bakar, rasio udara, suhu, zona pembakaran dan tekanan gas *Premixed* (Burbano, 2008).



Gambar 2.5 Struktur api *Premixed* (Burbano, 2008)

Terdapat beberapa bagian zona dalam struktur kerucut api *premixed* diantaranya yaitu: PHZ (*Preheat Zone*), PRZ (*Premixed Reaction Zone*), NPZ (*Nonpremixed Reaction Zone*), HTZ (*Hight Temperature Zone*) (Choi, 2000., dkk)



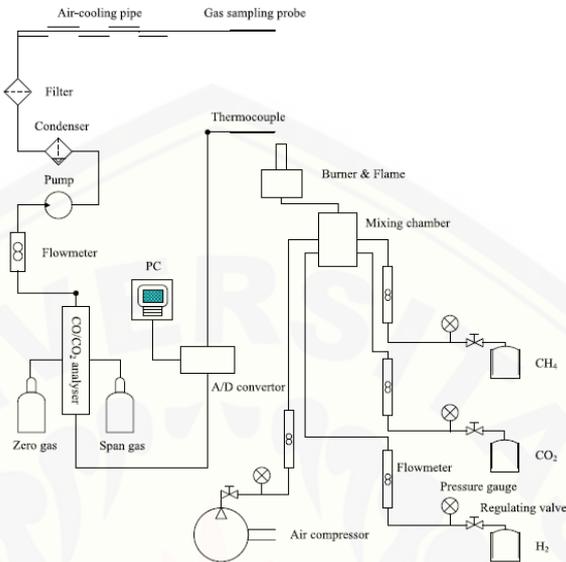
Gambar 2.6 Pembagian zona api (Choi, 2000., dkk)

2.8 Proses Peningkatan Suhu Dengan Cara Pencampuran

Meningkatnya penggunaan bahan bakar fosil mendorong semakin banyaknya upaya penelitian bahan bakar alternatif terutama biogas. Biogas merupakan bahan bakar alternatif yang berasal dari limbah makhluk hidup. Dengan demikian, biogas terdiri dari beberapa gas yaitu metana CH_4 , karbon dioksida CO_2 dan beberapa senyawa lainnya. Kandungan CO_2 dalam biogas biasanya berkisar 30% sampai 60% dari total volume, hal ini yang membuat karakteristik pembakaran biogas lebih rendah dari pada gas alam yang sama-sama merupakan gas metana. Karena kehadiran CO_2 akan membuat kecepatan pembakaran rendah dan nilai kalor yang rendah, oleh karena itu penerapan biogas murni dalam pembakaran tidak dianjurkan. Upaya penelitian telah dilakukan dalam mengonversi bahan bakar berkualitas rendah (biogas) menjadi bahan bakar berkualitas tinggi melalui pencampuran dengan bahan bakar yang lebih baik (Zhen dkk, 2014).

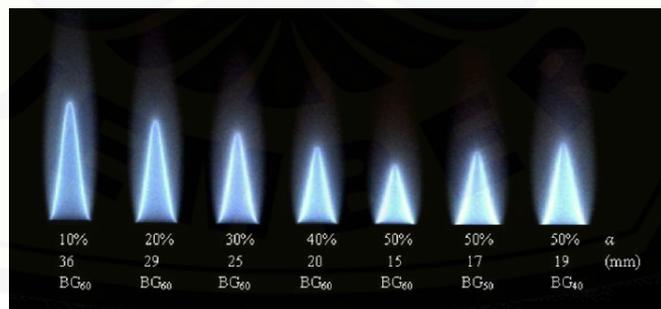
Gas hidrokarbon adalah gas yang mengandung unsur hidrogen seperti gas hidrogen H_2 , propana C_3H_8 dan Butana, gas-gas tersebut memiliki nilai kalor yang lebih tinggi dari pada biogas, sehingga banyak peneliti menggabungkan biogas dengan gas hidrokarbon. Penelitian Zhen dkk (2014) dalam jurnal yang berjudul *Characterization of biogas-hydrogen premixed flames using bunsen burner*, dimana Zhen dkk meneliti tentang karakteristik biogas yang dicampur dengan salah satu gas hidrokarbon yaitu H_2 . metode yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2.7 Alat dan bahan yang digunakan dalam pengujian ini

antara lain bahan bakar berupa (CH_4 , CO_2 dan H_2), perangkat pencampur, perangkat perekam ,pengukur emisi CO_2 dan *bunsen burner* .



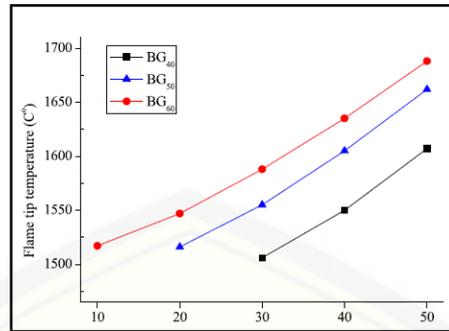
Gambar 2.7 Skema metode pencampuran biogas dan H_2 (Zhen dkk, 2014)

Metode yang dilakukan di atas dilakukan penelitian tentang stabilitas dan karakteristik termal pada api dengan mengamati pembakaran dari BG60 (60% CH_4 40% CO_2), BG50 (50% CH_4 50% CO_2) dan BG40 (40% CH_4 60% CO_2). Untuk setiap jenis biogas akan dicampur variasi H_2 bervariasi mulai dari 10% sampai 50%, penambahan dan peningkatan H_2 bertujuan untuk melihat perubahan stabilitas pembakaran dan kenaikan kalor.



Gambar 2.8 Pembakaran biogas menggunakan *bunsen burner*

(Zhen dkk, 2014)



Gambar 2.9 Peningkatan temperatur pembakaran (Zhen dkk, 2014)

Hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa peningkatan hidrogen pada biogas dapat meningkatkan laminar pembakaran, stabilitas pembakaran serta kenaikan kalor bahan bakar.

Penelitian lain yang serupa juga mencampurkan bahan bakar biogas dengan gas LPG. Gas LPG yang dicampurkan ke dalam biogas ada gas propana dan butana. Dapat dilihat beberapa kandungan gas dan spesifikasi gas pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Spesifikasi bahan bakar

Component	NG	BG ₇₀	BG ₅₀	LPG _{19Y}	LPG _{22Y}
CH ₄ (%)	100	70	50	0	0
C ₃ H ₈ (%)	0	0	0	100	0
C ₄ H ₁₀ (%)	0	0	0	0	100
CO ₂ (%)	0	30	50	0	0
HV (Mj/Nm ³)	37,78	26,45	18,89	95,65	126,21
WI (Mj/Nm ³)	50,72	28,74	18,51	76,84	87,54
s	0,555	0,847	1,041	1,55	2,079

(Dai,2011)

Peningkatan biogas dilakukan dengan cara mencampurkan biogas dengan bahan bakar hidrokarbon yang memiliki nilai *heating value* yang lebih tinggi hal ini ditujukan untuk mendapatkan bahan bakar biogas yang lebih baik.

Tabel 2.6 Spesifikasi bahan bakar campuran

Component	MF70- 19Y	MF50- 19Y	MF70- 22Y	MF50- 22Y
CH ₄ (%)	42	24,5	49	30
C ₃ H ₈ (%)	40	51	0	0
C ₄ H ₁₀ (%)	0	0	30	40
CO ₂ (%)	18	24,5	21	30
HV (Mj/Nm ³)	54,13	58,04	56,38	61,82
WI (Mj/Nm ³)	50,97	50,89	51,12	51,23
s	1,128	1,3	1,216	1,456

(Dai,2011)

Dari hasil pencampuran diatas dapat dilihat kenaikan *heating value* dan *Indeks wobe* pada bahan bakar campuran, dimana bahan bakar campuran ini lebih baik dibandingkan dengan bahan bakar biogas murni.

2.9 Hipotesis

Dari permasalahan diatas dapat diambil hipotesis sebagai berikut:

Dengan mencampurkan biogas dengan butana diharapkan terjadi peningkatan kualitas api pada biogas, hal ini disebabkan adanya penambahan fraksi hidrogen kedalam biogas. Pencampuran ini akan memberikan peningkatan kualitas biogas, sehingga saat biogas dibakar karakteristik warna api tinggi kerucut dan temperatur api meningkat dibanding dengan biogas murni.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, yaitu metode yang digunakan untuk menguji pengaruh pencampuran butana terhadap kualitas api *premixed* biogas menggunakan *bunsen burner*. Dalam penelitian ini, akan membandingkan karakteristik api biogas murni dengan biogas campuran butana dengan kadar butana 10%, 20%, 30% , 40%, 50% dan butana murni. Pengujian ini bertujuan untuk melihat warna api, tinggi kerucut dan temperatur api.

3.2 Tempat Dan Waktu Penelitian

3.2.1 Tempat Penelitian

Penelitian pencampuran butana dan biogas dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember

3.2.2 Waktu penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama kurang lebih tiga bulan pada bulan November 2017 - Januari 2018

3.3 Alat Dan Bahan Penelitian

3.3.1 Alat

Alat yang digunakan yaitu:

- *Bunsen burner*
- Pipa gas $\frac{1}{4}$
- Balon
- Korek
- Pisau
- Kran gas

- Kamera
- Komputer
- Kompresor

3.3.2 Bahan

- Biogas
- Butana

3.4 Variabel Penelitian

3.4.1 Variabel bebas

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

1. Biogas murni
2. Biogas dengan campuran butana
3. Butana murni

3.4.2 Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang besarnya tidak dapat ditentukan sepenuhnya oleh peneliti, tetapi besarnya tergantung pada variabel bebasnya. Penelitian ini mempunyai variabel terikat yang meliputi data-data yang diperoleh pada pengujian pencampuran biogas dengan butana meliputi:

1. Warna api
2. Temperatur api pembakaran
3. Tinggi kerucut api

3.4.3 Variabel Kontrol

Adapun variabel kontrol dari penelitian ini merupakan variabel yang menyamakan persepsi mengenai penelitian ini yaitu :

1. BG100 (biogas 100%)
2. BG90Bu10 (biogas 90% - butana 10%)
3. BG80Bu20 (biogas 80% - butana 20%)
4. BG70Bu30 (biogas 70% - butana 30%)
5. BG60Bu40 (biogas 60% - butana 40%)

6. BG50Bu50 (biogas 50% - butana 50%)
7. BU100 (butana 100%)

3.5 Metode Pengumpulan Dan Pengolahan Data

Data yang dipergunakan dalam pengujian ini meliputi :

1. Data primer, merupakan data yang diperoleh secara langsung dari pengujian pembakaran
2. Data sekunder, merupakan data yang diperoleh dari perhitungan hasil pengujian pembakaran

3.6 Pengamatan yang dilakukan

Pada penelitian ini yang akan diamati adalah:

1. Warna api
2. Temperatur api pembakaran
3. Tinggi kerucut api

3.7 Tahap Pembuatan Alat Pencampur

Alat pencampur yang digunakan terbuat dari beberapa alat rumah tangga seperti kuningan pembagi, selang LPG dan keran gas



Gambar 3.1 Gambar alat pencampur gas

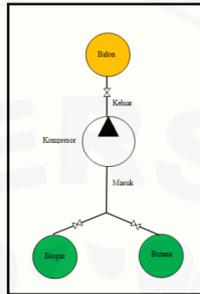
1. Kuningan pembagi
2. Pipa gas 1/4
3. Kran gas

3.8 Tahap Pengujian

3.8.1 Tahap Pencampuran Gas

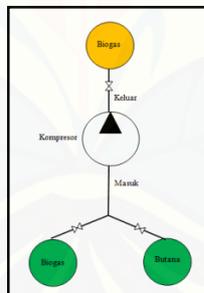
Dalam pencampuran gas dilakukan beberapa tahap yaitu:

1. Membuat alat pencampur biogas dan butana seperti pada Gambar 3.1
2. Merangkai alat seperti skema pada Gambar 3.2



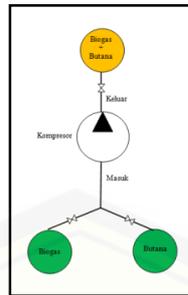
Gambar 3.2 Skema Pencampuran Gas

3. Mengisi balon dengan biogas dengan cara membuka keran gas biogas lalu memberi tekanan dengan bantuan kompresor menuju balon kosong seperti pada Gambar 3.3 dan dilanjutkan pada langkah ke-5 yaitu menentukan perbandingan campuran.



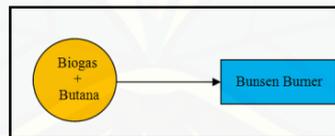
Gambar 3.3 Pengisian biogas

4. Mengisi balon yang sudah berisi biogas dengan butana dengan cara membuka keran butana lalu memberi tekanan dengan bantuan kompresor menuju balon yang sudah terisi dengan biogas seperti pada Gambar 3.4 dan dilanjutkan pada langkah ke-5 yaitu menentukan perbandingan campuran.



Gambar 3.4 Pengisian Butana dan biogas

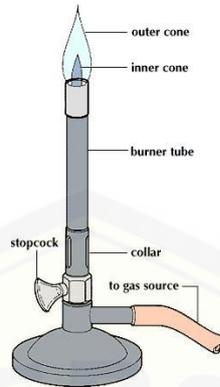
5. Menentukan volume campuran dengan perbandingan waktu pengisian kompresor yaitu 10 detik
 - a. BG100 (10 detik pengisian Biogas)
 - b. BG90Bu10 (9 detik pengisian biogas – 1 detik pengisian butana)
 - c. BG80Bu20 (8 detik pengisian biogas – 2 detik pengisian butana)
 - d. BG70Bu30 (7 detik pengisian biogas – 3 detik pengisian butana)
 - e. BG60Bu40 (6 detik pengisian biogas – 4 detik pengisian butana)
 - f. BG50Bu50 (5 detik pengisian biogas – 5 detik pengisian butana)
 - g. BU100 (10 detik pengisian butana)
6. Setelah didapatkan komposisi gas dilanjutkan pada tahap pembakaran menggunakan bunsen burner



Gambar 3.5 Proses pembakaran *bunsen burner*

3.8.2 Pengujian Warna Api

Tahap pengamatan karakteristik nyala api pada campuran biogas ini berada pada perekaman nyala api biogas dengan menggunakan bunsen burner dan kamera.



Gambar 3.6 *Bunsen burner*(Saputra,2016)

Biogas yang telah dicampur akan disalurkan kesaluran masuk *bunsen burner*, nyalakan *bunsen burner* dengan bantuan pemantik api, foto api yang menyala pada *bunsen burner* menggunakan kamera. Foto yang didapat akan dihitung nilai RGB (*Red Green Blue*) dengan menggunakan *software IMAGE J*. Hasil dari *software* akan dipindah kedalam bentuk Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Nilai RGB bahan bakar

Bahan Bakar	Pengujian 1		Pengujian 2		Pengujian 3		Rata-rata	
	Merah	Biru	Merah	Biru	Merah	Biru	Merah	Biru
BG100								
BG90Bu10								
BG80Bu20								
BG70Bu30								
BG60Bu40								
BG50Bu50								
Bu100								

Setelah disajikan dalam bentuk Tabel 3.1 kemudian dilakukan perhitungan persentase warna api merah dan biru menggunakan rumus berikut

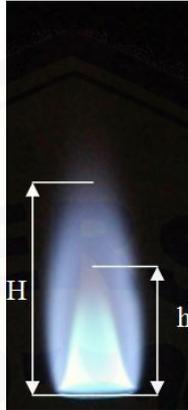
$$p = \frac{R(b)}{R(b) + R(m)} \times 100$$

Keterangan :

- P = Persentase warna
- R (b) = Jumlah RGB biru
- R (a) = Jumlah RGB merah

3.8.3 Tinggi Kerucut Api

Tahap pengukuran tinggi kerucut api pada biogas dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan dengan menggunakan *bunsen burner*.



Gambar 3.7 Pengukuran tinggi kerucut api dalam

Pengukuran tertinggi kerucut api dilakukan pada kerucut dalam dan luar. Pengukuran tinggi kerucut api dilakukan sebanyak 3 kali dan hasil dari pengukuran akan dimasukkan pada Tabel 3.3

Tabel 3.2 Tinggi kerucut api

Bahan Bakar	Pengujian 1		Pengujian 2		Pengujian 3		Rata-rata	
	h	H	h	H	h	H	h	H
BG100								
BG90Bu10								
BG80Bu20								
BG70Bu30								
BG60Bu40								
BG50Bu50								
Bu100								

Setelah dilakukan pengukuran dan pengambilan data tinggi kerucut api. Kemudian dilakukan analisis terhadap tinggi kerucut api terhadap campuran butana.

3.8.4 Temperatur Api

Tahap pengujian pengukuran temperatur pada biogas dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan dengan menggunakan *bunsen burner*.



Gambar 3.8 Pengukuran temperatur api

Pengukuran temperatur dilakukan pada salah satu titik dengan suhu tertinggi yaitu pada zona *reaction zone*. Pengukuran temperatur dilakukan sebanyak 3 kali dan hasil dari pengukuran akan dimasukkan pada Tabel 3.2

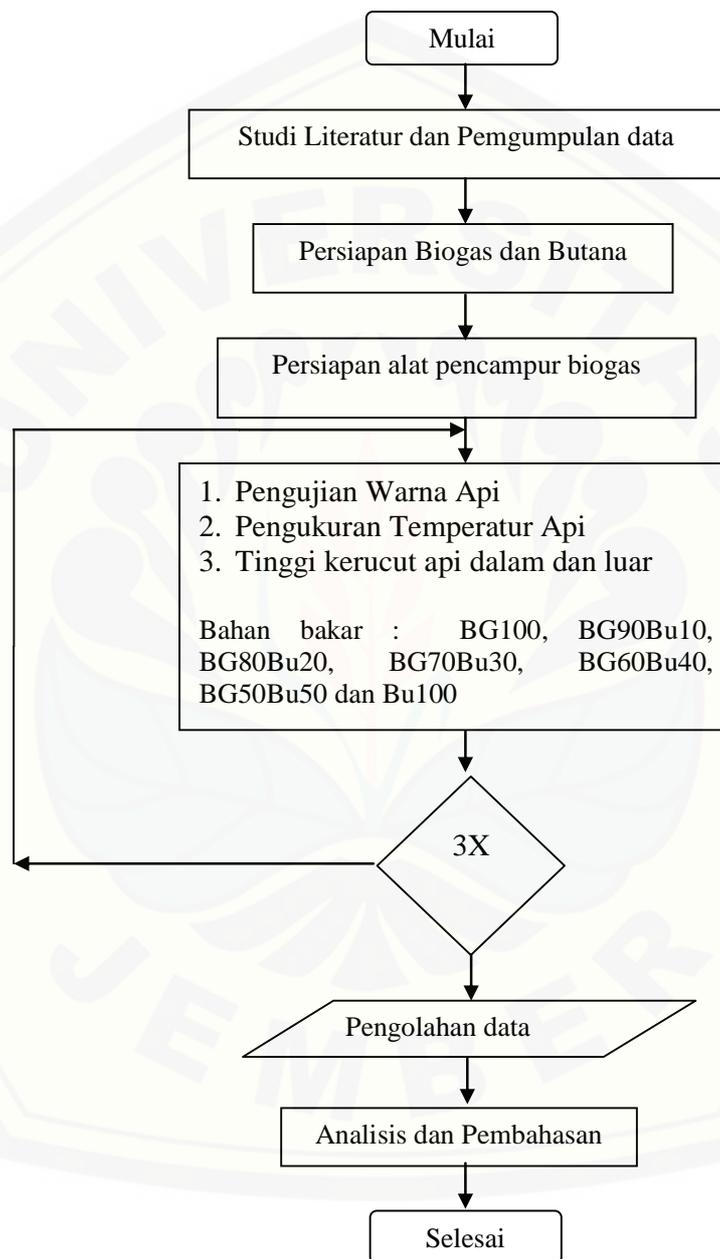
Tabel 3.3 Temperatur api

Bahan bakar	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Rata-rata
BG100				
BG90Bu10				
BG80Bu20				
BG70Bu30				
BG60Bu40				
BG50Bu50				
Bu100				

Setelah dilakukan pengukuran dan pengambilan data temperatur api. Kemudian dilakukan analisis terhadap temperatur api terhadap campuran butana.

3.9 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian pencampuran biogas dan butana adalah sebagai berikut:

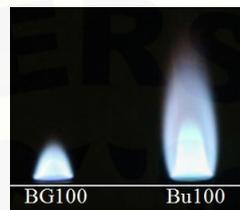


Gambar 3.7 Diagram alir

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Dan Hasil Pengujian

Hasil penelitian pencampuran biogas dengan butana. Dari data-data yang berada dalam lampiran akan dibandingkan warna api, tinggi kerucut api dan temperatur api dari biogas murni, biogas dengan campuran butana dan butana murni.



Gambar 4.1 Api biogas murni dan butana murni

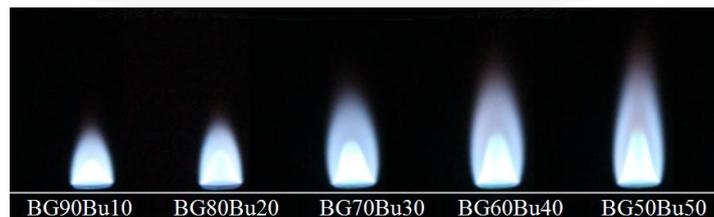
Dari hasil penelitian warna api, tinggi kerucut api dan temperatur biogas murni dan butana murni adalah seperti Tabel 4.1

Tabel 4.1 Biogas murni dan butana Murni

	Biogas	Butana
Warna api	Merah : 45,07%, Biru : 54,93%	Merah : 43,66%, Biru : 56,34%
Tinggi kerucut api	h : 0,47 cm, H : 0,99 cm	h : 1,71 cm, H : 3,60 cm
Temperatur	864,2 °C	1172,3°C

4.1.1 Uji Warna Api

Dari hasil penelitian biogas dengan campuran butana 10%-50% akan diambil gambar warna api dan mencari nilai RGB untuk memperoleh persentase warna api. Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali percobaan. Berikut adalah Gambar 4.1 api biogas dengan campuran butana 10%-50%.



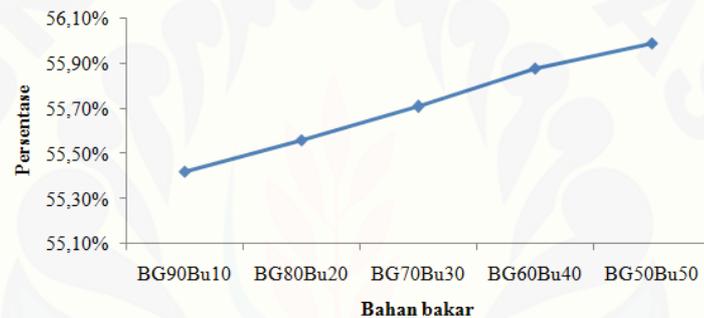
Gambar 4.2 Perubahan api biogas dengan tambahan butana

Dari gambar tersebut akan dilakukan *scan* warna menggunakan *software image-j*. Data yang digunakan terdapat pada halaman lampiran A1, sehingga data tersebut akan di kumpulkan dalam sebuah tabel seperti pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Persentase RGB bahan bakar

Bahan Bakar	Pengujian 1		Pengujian 2		Pengujian 3		Rata-rata	
	Merah	Biru	Merah	Biru	Merah	Biru	Merah	Biru
BG90Bu10	44,67%	55,33%	44,43%	55,57%	44,63%	55,37%	44,58%	55,42%
BG80Bu20	43,85%	56,15%	44,18%	55,82%	45,30%	54,70%	44,44%	55,56%
BG70Bu30	44,12%	55,88%	44,12%	55,88%	44,63%	55,37%	44,29%	55,71%
BG60Bu40	43,88%	56,12%	43,35%	56,65%	45,12%	54,88%	44,12%	55,88%
BG50Bu50	44,30%	55,70%	43,86%	56,14%	43,86%	56,14%	44,01%	55,99%

Hasil dari percobaan tersebut akan diolah kedalam grafik seperti pada Gambar 4.2



Gambar 4.3 Persentase RGB bahan bakar

Pada pengujian persentase RGB biru biogas murni itu memiliki persentase sebesar 54,93% jika dibandingkan dengan biogas dengan campuran butana pada grafik tersebut menunjukkan terdapat peningkatan persentase nilai RGB biru di setiap penambahan butana, akan tetapi nilai persentase tersebut masih dibawah butana murni yaitu sebesar 56,34%.

Warna biru itu sendiri terjadi akibat bahan bakar tercampur secara sempurna menggunakan metode pembakaran *premixed* dimana bahan bakar dan udara tercampur dengan sendirinya pada *bunsen burner*. Hal ini sesuai dengan yang diutarakan Putri (2009) dimana warna biru pada proses pembakaran menunjukkan bahwa bahan bakar tersebut telah tercampur sempurna dengan udara. Pada penelitian lain yang diutarakan oleh Renilaili (2016) nilai kalor yang tinggi dapat dilihat langsung dari warnanya yang biru.

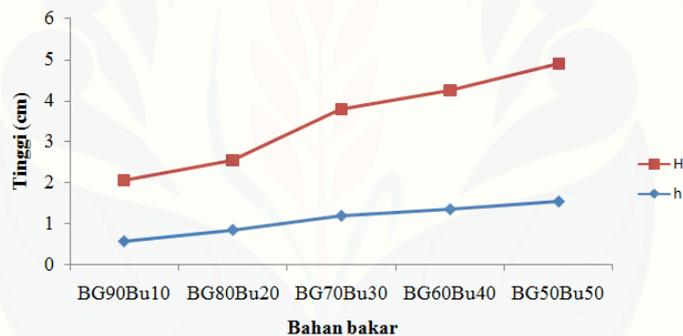
4.1.2 Tinggi kerucut api

Dari hasil penelitian biogas dengan campuran butana 10%-50% akan diambil tinggi kerucut api dalam dan luar untuk mengetahui perubahan tinggi api. Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali percobaan. Berikut adalah tabel tinggi kerucut dalam dan luar api biogas dengan campuran butana 10%-50%

Tabel 4.3 Tinggi kerucut api dalam dan luar

Bahan Bakar	Pengujian 1		Pengujian 2		Pengujian 3		Rata-rata	
	h	H	h	H	h	H	h	H
BG90Bu10	0,59 cm	1,57 cm	0,54 cm	1,44 cm	0,57 cm	1,44 cm	0,57 cm	1,48 cm
BG80Bu20	0,87 cm	1,69 cm	0,86 cm	1,68 cm	0,82 cm	1,67 cm	0,85 cm	1,68 cm
BG70Bu30	1,24 cm	2,65 cm	1,20 cm	2,58 cm	1,18 cm	2,55 cm	1,21 cm	2,59 cm
BG60Bu40	1,32 cm	2,85 cm	1,55 cm	2,92 cm	1,31 cm	2,90 cm	1,39 cm	2,89 cm
BG50Bu50	1,65 cm	3,45 cm	1,50 cm	3,28 cm	1,5 cm	3,29 cm	1,55 cm	3,34 cm

Dari hasil tabel tersebut akan di rubah menjadi grafik sehingga dapat dengan jelas diketahui perbedaannya pada Gambar 4.4



Gambar 4.4 Tinggi kerucut dalam dan luar

Pada pengujian tinggi kerucut api dalam dan luar biogas murni memiliki tinggi kerucut dalam sebesar 0,47cm dan kerucut luar 0,99cm jika dibandingkan dengan biogas dengan campuran butana pada grafik tersebut menunjukkan terdapat peningkatan tinggi kerucut dalam dan luar di setiap penambahan butana, akan tetapi nilai tersebut masih dibawah butana murni yaitu tinggi kerucut dalam 1,71cm dan kerucut luar 3,60cm

Peningkatan tinggi kerucut api dalam dan luar ini membuktikan bahwa penambahan butana dapat meningkatkan nilai kalor bahan bakar hal ini sesuai dengan pendapat Ridho (2014) Peningkatan tinggi api berkaitan erat dengan energi yang dihasilkan oleh bahan bakar

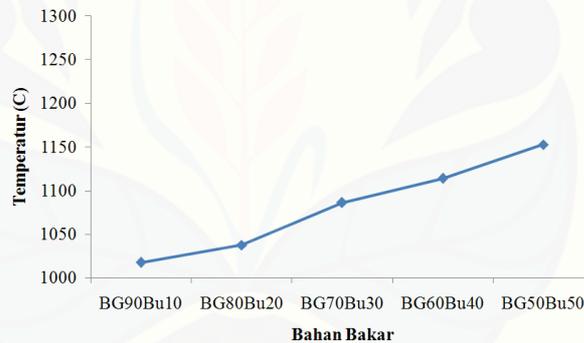
4.1.3 Temperatur

Dari hasil penelitian biogas dengan campuran butana 10%-50% diambil data temperatur api guna mengetahui tren peningkatan temperatur disetiap bahan bakar. Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali percobaan dengan dengan biogas murni sebagai penentu awal. Berikut adalah tabel temperatur api biogas murni, biogas dengan campuran butana 10%-50% dan butana murni.

Tabel 4.4 Temperatur bahan bakar

Bahan Bakar	Pengujian 1	Pengujian 2	Pengujian 3	Rata-rata
BG90Bu10	1016°C	1023°C	1013°C	1017,3°C
BG80Bu20	1039°C	1039°C	1035°C	1037,7°C
BG70Bu30	1086°C	1090°C	1082°C	1086°C
BG60Bu40	1112°C	1116°C	1113°C	1113,7°C
BG50Bu50	1144°C	1158°C	1156°C	1152,7°C

Dari hasil tabel tersebut akan di rubah menjadi grafik sehingga dapat dengan jelas diketahui perbedaannya pada Gambar 4.5



Gambar 4.5 Grafik temperatur bahan bakar

Pada pengujian temperatur api biogas murni memiliki temperatur sebesar 864,2°C jika dibandingkan dengan biogas dengan campuran butana pada grafik tersebut menunjukkan terdapat peningkatan temperatur disetiap penambahan butana, akan tetapi nilai tersebut masih dibawah butana murni yaitu 1172,3°C

Peningkatan temperatur terjadi dikarenakan biogas dicampur dengan gas yang memiliki nilai kalor yang lebih tinggi sehingga dapat membuat temperatur biogas tersebut menjadi meningkat. Hal tersebut sesuai dengan pendapat Lee dan Hwang (2017) yang mengatakan untuk mengkonversi biogas yang memiliki kualitas yang rendah maka dibutuhkan pencampuran dengan bahan bakar yang

memiliki kualitas yang lebih tinggi. Penelitian terdahulu seperti Zhen dkk (2014) yang mencampurkan biogas dengan hidrogen yang memiliki tren temperatur naik juga ketika biogas dicampur dengan butana.

Perbandingan antara biogas dengan campuran butana dan biogas dengan campuran hidrogen



Gambar 4.6 Perbandingan temperatur biogas dengan campuran butana dan hidrogen

Dari gambar perbandingan antara temperatur biogas dengan campuran butana dan biogas dengan campuran hidrogen terdapat persamaan bahwa biogas akan mengalami kenaikan suhu apabila ditambah dengan bahan bakar yang memiliki nilai kalor yang lebih tinggi.

BAB 5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis karakteristik api pembakaran biogas dengan campuran butana menggunakan metode *premixed* yang meliputi warna api, tinggi kerucut api dalam dan luar serta temperatur api disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Dari hasil pembakaran biogas murni, biogas dengan campuran butana 10%-50% dan butana murni terdapat peningkatan persentase nilai RGB biru di setiap penambahan butana pada biogas
2. Hasil pengujian tinggi kerucut dalam dan luar biogas murni, biogas dengan campuran butana 10%-50% dan butana murni yaitu adanya peningkatan tinggi kerucut dalam dan luar disetiap penambahan butana pada biogas dikarenakan energi yang dimiliki butana lebih tinggi dari pada biogas
3. Dari hasil pengukuran temperatur biogas murni, biogas dengan campuran butana 10%-50% dan butana murni yaitu terdapat peningkatan temperatur diakibatkan nilai kalor yang terdapat pada butana lebih tinggi dari pada biogas.

5.2 Saran

Saran yang diberikan penulis terhadap pembaca antara lain:

1. Pencampuran biogas dengan butana sangat bermanfaat sebagai peningkatan kualitas pembakaran.
2. Penelitian ini masih dapat dikembangkan lagi dengan beberapa variasi seperti mengganti biogas yang berasal dari sampah ataupun mengganti butana dengan gas hidrokarbon yang lain
3. Lakukan penelitian dengan memperhatikan keselamatan seperti mempersiapkan alat pemadam api dan juga lakukan penelitian diruangan yang memiliki sirkulasi udara yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbasi, T., Tauseef, S.M., Abbasi, S.A. 2012. *Biogas Energy*. New York: Springer
- Adityawarman,A.C., Salundik., C, Lucia. 2015. Pengolahan Limbah Ternak Sapi Secara Sederhana di Desa Pattalassang Kabupaten Sinjai Sulawesi Selatan. *Jurnal Ilmu Produksi dan Teknologi Hasil Peternakan*. Vol 3. No 3.
- Bavutti, M., Guidetti, L ., Alleina, G. 2014. Thermal stabilization of digesters of biogas plants by means of optimization of the surface radiative properties of the gasometer domes. *Jurnal Energy Procedia*. Vol 45. No 1344-1353
- Burbajo,H.j, Amell, A. A., Garcia, J.M. 2008. Effects of hydrogen addition to methane on the flame structure and CO emissions in atmospheric burners. *Journal Hydro Energy*. Vol 33. No 3410-3415
- Cardona, C. A.,Amell, A. A. 2013. Laminar burning velocity and interchangeability analysis of biogas/C₃H₈/H₂ with normal and oxygen-enriched air. *Jurnal Of Hydrogen*. Vol 38. No 7994-8001
- Choi, C. W., Puri, C. W., 2000. Flame Stretch Effect on Partially Premixed Flames. Vol 2039 .No IL60607-7022
- DAI, W., QIN, C., TANG, J., LU, Zhaojian., LI, Z. 2011. A Study On The Interchangeability Of Biogas-LPG Mixed Gases With Biogas And LPG Qualities. *College Of Mechanical Engineering Journal*. Vol 11
- Dewan Energi Nasional. 2016. *Outlook Energi Indonesia 2016*. Jakarta : DEN
- Greco, A., Mira, D., Jiang, X. 2017. Effects of fuel composition on biogas combustion in premixed laminar flames. *Jurnal Energy Procedia*. Vol 105. No 1058 - 1062
- Monnet, F. 2003. An Introduction To Anaerobic Digestion Of Organik Wastes. Scotlandia : Final Report
- Hamri., Hasan, Iskandar.,Nawir,M. 2017. Penerapan Alat Biogas Kotoran Sapi di Desa Pattiro Deceng, Kecamatan Camba Kabupaten Maros. *Jurnal Balireso*. Vol.2, No. 1
- Iminnafik, N. Listyadi, D, S. Sutjahjono, H. 2017. Thermal Characteristic of Flame As Quality Parameter of Biogas of Market Waste. *Journal of Applied Environmental Sciences*. ISSN 0973-6077 Vol 12

- Kementrian Energi Dan Sumber Daya Mineral. 2016. *Jurnal Energi Media Komunikasi Enerfi dan Sumber Daya Mineral. Edisi 2*. Jakarta: ESDM
- Lee, C.E., Hwang, C. H. 2007. An Experimental Study On The Flame Stability Of LFG And LFG-Mixed Fuels. *Jurnal Fuel*. Vol 84. No 649-655
- Mahmud, R dan Sungkono, D. 2015. Komparasi Penggunaan Bahan Bakar Premium Dengan Bahan Bakar LPG Sistem Mainfold Injeksi Terhadap Kadar Emisi Gas Buang Sepeda Motor 4 Langkah. *Jurnal Integrasi*. Vol 7. No 1
- Nolan, Dennis p. 1996. *Handbook Of Fire And Explosion Protection Enggineering Principles For Oil, Gas, Chemical And Related Facilities*. New Jersey : Noyes Publications.
- Putri, G.A. 2009. Pengaruh Variasi Temperatur Gasifying Agent II Media Gasifikasi Terhadap Warna Dan Temperatur Api Pada Gasifikasi Reaktor Dwndraft Dengan Bahan Baku Tongkol Jagung. Skripsi. Surabaya: ITS
- Renilaili, Paswanti. Y. 2016. Biogas Ecenggondok dan Kotoran Sapi Sebagai Energi Alternativ. *Jurnal Teknoogi*. volume 9 nomer 2.. hal 177-184
- Ernandi Ridho,. Dhiputra .,I., M., K. 2014. nalisis Pengaruh Swirl Number Terhadap Peningkatan Stabilitas Nyala api Premix Pada Modifikasi Bunsen Burner dengan Rotating Fan. *Jurnal*. Hal 17. Universitas Indonesia. Depok
- Samuel, P.O. 2015. Production of Biogas from Perennial and Biennial Crop Wastes: Peach Palm and Banana's Wastes as Alternative Biomass in Energy Generation and Environmental Susteinability. *American Journal of Environmental Engineering*. 5 (4)
- Saputra, H. A. 2016. Analisis Karakteristik Api Pembakaran Biogas Limbah Dengan Purifikasi KOH 4M. *Skripsi*. Jember : Unej
- Sasongko, Mega Nur dan Wijayanti, Widya. 2015. Karakteristik Api Premiks Biogas pada Counterflow Burner. *Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIV (SNTTM XIV)*.
- Simamora, S., Salundik., Wahyuni, S., Surajudin. 2012. *Membuat Biogas Pengganti Bahan Bakar Minyak & Gas Dari Kotoran Ternak*. Depok: AgroMedia Pustaka
- Taufiq. 2008. Perbandingan Temperatur Ring Stainless Steel Dan Temperatur Ring Keramik Pada Fenomena Flame Lift Up. Skripsi. Jakarta: UI

Zhen, HS., Leung, CW., Cheung, CS., Huang, ZH. 2014. Characterization of biogas-hydrogen premixed flames using Bunsen burner. *Jurnal Of Hydrogen Energy*. Vol 39. No I3292-I329



LAMPIRAN A. PERSENTASE RGB BAHAN BAKAR

A.1 Uji Warna Api

1. Biogas Murni (BG100)

a. Pengujian 1



Gambar A1.1 Pengujian 1 warna Api biogas murni

Tabel A1.1 Pengujian 1 nilai RGB biogas murni

No	Label	Mean	Min	Max
1	Red	173.368	0	255
2	Green	191.731	8	255
3	Blue	211.805	16	255

Dari Tabel A1.1 didapatkan bahwa jumlah rata-rata nilai RGB warna merah yaitu 173.368 dan RGB warna biru yaitu 211.805. Kedua jumlah RGB warna merah dan RGB warna biru dijumlahkan didapatkan nilai 385.173. Untuk menghitung persentase warna api digunakan rumus sebagai berikut :

Persentase warna merah :

$$\frac{173.368}{385.173} = 45,01\%$$

Persentase warna biru:

$$\frac{211.805}{385.173} = 54.99\%$$

b. Pengujian 2



Gambar A1.2 Pengujian 2 warna Api biogas murni

Tabel A1.2 Pengujian 2 nilai RGB biogas murni

No	Label	Mean	Min	Max
1	Red	163.683	0	255
2	Green	176.220	4	255
3	Blue	196.959	15	255

Dari Tabel A1.2 didapatkan bahwa jumlah rata-rata nilai RGB warna merah yaitu 163.683 dan RGB warna biru yaitu 196.959. Kedua jumlah RGB warna merah dan RGB warna biru dijumlahkan didapatkan nilai 360.642. Untuk menghitung persentase warna api digunakan rumus sebagai berikut :

Persentase warna merah :

$$\frac{163.683}{360.642} = 45,39\%$$

Persentase warna biru:

$$\frac{196.959}{360.642} = 54.61\%$$

c. Pengujian 3



Gambar A1.3 Pengujian 3 warna Api biogas murni

Tabel A1.3 Pengujian 3 nilai RGB biogas murni

No	Label	Mean	Min	Max
1	Red	178.841	0	255
2	Green	199.510	9	255
3	Blue	220.211	32	255

Dari Tabel A1.3 didapatkan bahwa jumlah rata-rata nilai RGB warna merah yaitu 178.841 dan RGB warna biru yaitu 220.211. Kedua jumlah RGB warna merah dan RGB warna biru dijumlahkan didapatkan nilai 399.052. Untuk menghitung persentase warna api digunakan rumus sebagai berikut :

Persentase warna merah :

$$\frac{178.841}{399.052} = 44,82\%$$

Persentase warna biru:

$$\frac{220.211}{399.052} = 55,18\%$$

1. Biogas dengan campuran butana 10% (BG90Bu10)

a. Pengujian 1



Gambar A1.4 Pengujian 1 warna api BG90Bu10

Tabel A1.4 Pengujian 1 nilai RGB BG90Bu10

No	Label	Mean	Min	Max
1	Red	174.800	0	255
2	Green	196.271	4	255
3	Blue	216.484	20	255

Dari Tabel A1.4 didapatkan bahwa jumlah rata-rata nilai RGB warna merah yaitu 174.800 dan RGB warna biru yaitu 216.484. Kedua jumlah RGB warna merah dan RGB warna biru dijumlahkan didapatkan nilai 391.28. Untuk menghitung persentase warna api digunakan rumus sebagai berikut :

Persentase warna merah :

$$\frac{174.800}{391.28} = 44,67\%$$

Persentase warna biru:

$$\frac{216.484}{391.28} = 55.33\%$$

b. Pengujian 2



Gambar A1.5 Pengujian 2 warna api BG90Bu10

Tabel A1.5 Pengujian 2 nilai RGB BG90Bu10

No	Label	Mean	Min	Max
1	Red	160.830	0	255
2	Green	178.423	7	255
3	Blue	201.173	23	255

Dari Tabel A1.5 didapatkan bahwa jumlah rata-rata nilai RGB warna merah yaitu 160.830 dan RGB warna biru yaitu 201.173. Kedua jumlah RGB warna merah dan RGB warna biru dijumlahkan didapatkan nilai 362.003. Untuk menghitung persentase warna api digunakan rumus sebagai berikut :

Persentase warna merah :

$$\frac{160.830}{362.003} = 44,43\%$$

Persentase warna biru:

$$\frac{201.173}{362.003} = 55.57\%$$

c. Pengujian 3



Gambar A1.6 Pengujian 3 warna api BG90Bu10

Tabel A1.6 Pengujian 3 nilai RGB BG90Bu10

No	Label	Mean	Min	Max
1	Red	174.475	0	255
2	Green	196.461	9	255
3	Blue	216.339	26	255

Dari Tabel A1.6 didapatkan bahwa jumlah rata-rata nilai RGB warna merah yaitu 174.475 dan RGB warna biru yaitu 216.339. Kedua jumlah RGB warna merah dan RGB warna biru dijumlahkan didapatkan nilai 390.814. Untuk menghitung persentase warna api digunakan rumus sebagai berikut :

Persentase warna merah :

$$\frac{174.475}{390.814} = 44,64\%$$

Persentase warna biru:

$$\frac{216.339}{390.814} = 55.36\%$$

3. Biogas dengan campuran butana 20% (BG80Bu20)

a. Pengujian 1



Gambar A1.7 Pengujian 1 warna api BG80Bu20

Tabel A1.7 Pengujian 1 nilai RGB BG80Bu20

No	Label	Mean	Min	Max
1	Red	158.637	2	255
2	Green	179.514	9	255
3	Blue	203.141	22	255

Dari Tabel A1.7 didapatkan bahwa jumlah rata-rata nilai RGB warna merah yaitu 158.637 dan RGB warna biru yaitu 203.141. Kedua jumlah RGB warna merah dan RGB warna biru dijumlahkan didapatkan nilai 361.778. Untuk menghitung persentase warna api digunakan rumus sebagai berikut :

Persentase warna merah :

$$\frac{158.637}{361.778} = 43,85\%$$

Persentase warna biru:

$$\frac{203.141}{361.778} = 56,15\%$$

b. Pengujian 2



Gambar A1.8 Pengujian 2 warna api BG80Bu20

Tabel A1.8 Pengujian 2 nilai RGB BG80Bu20

No	Label	Mean	Min	Max
1	Red	176.504	1	255
2	Green	202.213	11	255
3	Blue	223.043	29	255

Dari Tabel A1.8 didapatkan bahwa jumlah rata-rata nilai RGB warna merah yaitu 176.504 dan RGB warna biru yaitu 223.043. Kedua jumlah RGB warna merah dan RGB warna biru dijumlahkan didapatkan nilai 399,547. Untuk menghitung persentase warna api digunakan rumus sebagai berikut :

Persentase warna merah :

$$\frac{176.504}{399,547} = 44,18\%$$

Persentase warna biru:

$$\frac{223.043}{399,547} = 55,82\%$$

c. Pengujian 3



Gambar A1.9 Pengujian 3 warna api BG80Bu20

Tabel A1.9 Pengujian 3 nilai RGB BG80Bu20

No	Label	Mean	Min	Max
1	Red	166.227	2	255
2	Green	180.322	11	255
3	Blue	200.753	24	255

Dari Tabel A1.9 didapatkan bahwa jumlah rata-rata nilai RGB warna merah yaitu 166.227 dan RGB warna biru yaitu 200.753. Kedua jumlah RGB warna merah dan RGB warna biru dijumlahkan didapatkan nilai 366,980. Untuk menghitung persentase warna api digunakan rumus sebagai berikut :

Persentase warna merah :

$$\frac{166.227}{366,980} = 45,30\%$$

Persentase warna biru:

$$\frac{200.753}{366,980} = 54,70\%$$

4. Biogas dengan campuran butana 30% (BG70Bu30)

a. Pengujian 1



Gambar A1.10 Pengujian 1 warna api BG70Bu30

Tabel A1.10 Pengujian 1 nilai RGB BG70Bu30

No	Label	Mean	Min	Max
1	Red	176.641	7	255
2	Green	202.789	17	255
3	Blue	223.753	26	255

Dari Tabel A1.10 didapatkan bahwa jumlah rata-rata nilai RGB warna merah yaitu 176.641 dan RGB warna biru yaitu 223.753. Kedua jumlah RGB warna merah dan RGB warna biru dijumlahkan didapatkan nilai 400.394. Untuk menghitung persentase warna api digunakan rumus sebagai berikut :

Persentase warna merah :

$$\frac{176.641}{400.394} = 44,12\%$$

Persentase warna biru:

$$\frac{223.753}{400.394} = 56,88\%$$

b. Pengujian 2



Gambar A1.11 Pengujian 2 warna api BG70Bu30

Tabel A1.11 Pengujian 2 nilai RGB BG70Bu30

No	Label	Mean	Min	Max
1	Red	172.218	11	255
2	Green	197.609	15	255
3	Blue	218.093	21	255

Dari Tabel A1.11 didapatkan bahwa jumlah rata-rata nilai RGB warna merah yaitu 172.218 dan RGB warna biru yaitu 218.093. Kedua jumlah RGB warna merah dan RGB warna biru dijumlahkan didapatkan nilai 390.311. Untuk menghitung persentase warna api digunakan rumus sebagai berikut :

Persentase warna merah :

$$\frac{172.218}{390.311} = 44,12\%$$

Persentase warna biru:

$$\frac{218.093}{390.311} = 55,88\%$$

c. Pengujian 3



Gambar A1.12 Pengujian 3 warna api BG70Bu30

Tabel A1.12 Pengujian 3 nilai RGB BG70Bu30

No	Label	Mean	Min	Max
1	Red	175.398	8	255
2	Green	197.198	4	255
3	Blue	217.650	24	255

Dari Tabel A1.12 didapatkan bahwa jumlah rata-rata nilai RGB warna merah yaitu 175.398 dan RGB warna biru yaitu 217.650. Kedua jumlah RGB warna merah dan RGB warna biru dijumlahkan didapatkan nilai 393.048. Untuk menghitung persentase warna api digunakan rumus sebagai berikut :

Persentase warna merah :

$$\frac{175.398}{393.048} = 44,63\%$$

Persentase warna biru:

$$\frac{217.650}{393.048} = 55,37\%$$

5. Biogas dengan campuran butana 40% (BG60Bu40)

a. Pengujian 1



Gambar A1.13 Pengujian 1 warna api BG60Bu40

Tabel A1.13 Pengujian 1 nilai RGB BG60Bu40

No	Label	Mean	Min	Max
1	Red	160.672	2	255
2	Green	181.568	24	255
3	Blue	205.489	35	255

Dari Tabel A1.13 didapatkan bahwa jumlah rata-rata nilai RGB warna merah yaitu 160.672 dan RGB warna biru yaitu 205.489. Kedua jumlah RGB warna merah dan RGB warna biru dijumlahkan didapatkan nilai 366,161. Untuk menghitung persentase warna api digunakan rumus sebagai berikut :

Persentase warna merah :

$$\frac{160.672}{366,161} = 43,88\%$$

Persentase warna biru:

$$\frac{205.489}{366,161} = 56,12\%$$

b. Pengujian 2



Gambar A1.14 Pengujian 2 warna api BG60Bu40

Tabel A1.14 Pengujian 2 nilai RGB BG60Bu40

No	Label	Mean	Min	Max
1	Red	155.939	3	255
2	Green	178.833	5	255
3	Blue	203.777	14	255

Dari Tabel A1.14 didapatkan bahwa jumlah rata-rata nilai RGB warna merah yaitu 155.939 dan RGB warna biru yaitu 203.777. Kedua jumlah RGB warna merah dan RGB warna biru dijumlahkan didapatkan nilai 359.716. Untuk menghitung persentase warna api digunakan rumus sebagai berikut :

Persentase warna merah :

$$\frac{155.939}{359.716} = 43,35\%$$

Persentase warna biru:

$$\frac{203.777}{359.716} = 56,65\%$$

c. Pengujian 3



Gambar A1.15 Pengujian 3 warna api BG60Bu40

Tabel A1.15 Pengujian 3 nilai RGB BG60Bu40

No	Label	Mean	Min	Max
1	Red	179.098	3	255
2	Green	197.804	4	255
3	Blue	217.856	27	255

Dari Tabel A1.15 didapatkan bahwa jumlah rata-rata nilai RGB warna merah yaitu 179.098 dan RGB warna biru yaitu 217.856. Kedua jumlah RGB warna merah dan RGB warna biru dijumlahkan didapatkan nilai 396.954. Untuk menghitung persentase warna api digunakan rumus sebagai berikut :

Persentase warna merah :

$$\frac{179.098}{396.954} = 45,12\%$$

Persentase warna biru:

$$\frac{217.856}{396.954} = 54,88\%$$

6. Biogas dengan campuran butana 50% (BG50Bu50)

a. Pengujian 1



Gambar A1.16 Pengujian 1 warna api BG50Bu50

Tabel A1.16 Pengujian 1 nilai RGB BG50Bu50

No	Label	Mean	Min	Max
1	Red	162,522	0	255
2	Green	180,668	4	255
3	Blue	204,305	10	255

Dari Tabel A1.16 didapatkan bahwa jumlah rata-rata nilai RGB warna merah yaitu 162,522 dan RGB warna biru yaitu 204,305. Kedua jumlah RGB warna merah dan RGB warna biru dijumlahkan didapatkan nilai 366,827. Untuk menghitung persentase warna api digunakan rumus sebagai berikut :

Persentase warna merah :

$$\frac{162,522}{366,827} = 44,30\%$$

Persentase warna biru:

$$\frac{204,305}{366,827} = 55,70\%$$

b. Pengulangan 2



Gambar A1.17 Pengujian 2 warna api BG50Bu50

Tabel A1.17 Pengujian 2 nilai RGB BG50Bu50

No	Label	Area	Mean	Min	Max
1	Red	185252	158,330	0	255
2	Green	185252	178,533	12	255
3	Blue	185252	202,693	26	255

Dari Tabel A1.17 didapatkan bahwa jumlah rata-rata nilai RGB warna merah yaitu 158,330 dan RGB warna biru yaitu 202,693. Kedua jumlah RGB warna merah dan RGB warna biru dijumlahkan didapatkan nilai 361,023. Untuk menghitung persentase warna api digunakan rumus sebagai berikut :

Persentase warna merah :

$$\frac{158,330}{361,023} = 43,86\%$$

Persentase warna biru:

$$\frac{202,693}{361,023} = 56,14\%$$

c. Pengujian 3



Gambar A1.18 Pengujian 3 warna api BG50Bu50

Tabel A1.18 Pengujian 3 nilai RGB BG50Bu50

No	Label	Mean	Min	Max
1	Red	158,330	0	255
2	Green	178,533	12	255
3	Blue	202,693	26	255

Dari Tabel A1.18 didapatkan bahwa jumlah rata-rata nilai RGB warna merah yaitu 158,330 dan RGB warna biru yaitu 202,693. Kedua jumlah RGB warna merah dan RGB warna biru dijumlahkan didapatkan nilai 361,023. Untuk menghitung persentase warna api digunakan rumus sebagai berikut :

Persentase warna merah :

$$\frac{158,330}{361,023} = 43,86\%$$

Persentase warna biru:

$$\frac{202,693}{361,023} = 56,14\%$$

6. Butana 100% (Bu100)

a. Pengujian 1



Gambar A1.19 Pengujian 1 warna api Bu100

Tabel A1.19 Pengujian 1 nilai RGB Bu100

No	Label	Mean	Min	Max
1	Red	158,339	0	255
2	Green	177,150	1	255
3	Blue	200,372	10	255

Dari Tabel A1.19 didapatkan bahwa jumlah rata-rata nilai RGB warna merah yaitu 158,339 dan RGB warna biru yaitu 200,372. Kedua jumlah RGB warna merah dan RGB warna biru dijumlahkan didapatkan nilai 358,711. Untuk menghitung persentase warna api digunakan rumus sebagai berikut :

Persentase warna merah :

$$\frac{158,339}{358,711} = 44,14\%$$

Persentase warna biru:

$$\frac{200,372}{358,711} = 55,86\%$$

b. Pengujian 2



Gambar A1.20 Pengujian 2 warna api Bu100

Tabel A1.20 Pengujian 2 nilai RGB Bu100

No	Label	Mean	Min	Max
1	Red	157,964	0	255
2	Green	183,182	5	255
3	Blue	208,764	14	255

Dari Tabel A1.20 didapatkan bahwa jumlah rata-rata nilai RGB warna merah yaitu 157,964 dan RGB warna biru yaitu 208,764. Kedua jumlah RGB warna merah dan RGB warna biru dijumlahkan didapatkan nilai 366,728. Untuk menghitung persentase warna api digunakan rumus sebagai berikut :

Persentase warna merah :

$$\frac{157,964}{366,728} = 43,07\%$$

Persentase warna biru:

$$\frac{208,764}{366,728} = 56,93\%$$

a. Pengujian 3



Gambar A1.21 Pengujian 3 warna api Bu100

Tabel A1.21 Pengujian 3 nilai RGB Bu100

No	Label	Mean	Min	Max
1	Red	152,490	0	255
2	Green	172,568	1	255
3	Blue	196,018	8	255

Dari Tabel A1.21 didapatkan bahwa jumlah rata-rata nilai RGB warna merah yaitu 152,490 dan RGB warna biru yaitu 196,018. Kedua jumlah RGB warna merah dan RGB warna biru dijumlahkan didapatkan nilai 348,508. Untuk menghitung persentase warna api digunakan rumus sebagai berikut :

Persentase warna merah :

$$\frac{152,490}{348,508} = 43,76\%$$

Persentase warna biru:

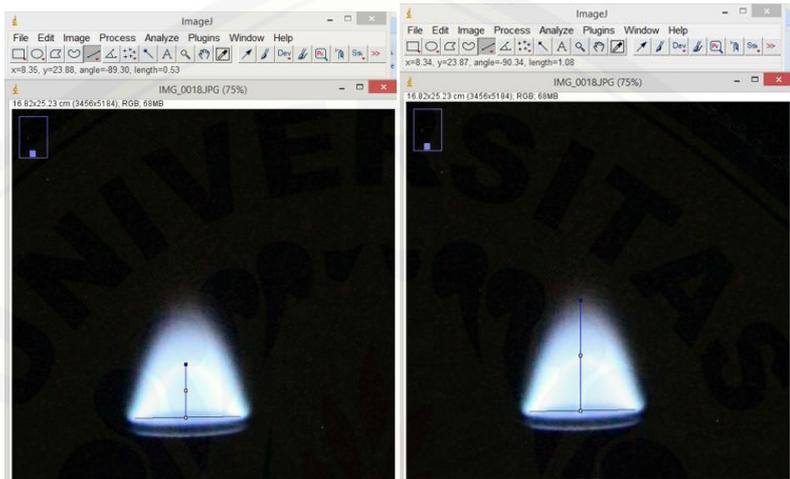
$$\frac{196,018}{348,508} = 56,24\%$$

LAMPIRAN B. TINGGI KERUCUT DALAM DAN LUAR

B1. Tinggi kerucut api dalam dan luar

Biogas 100

a. pengujian 1

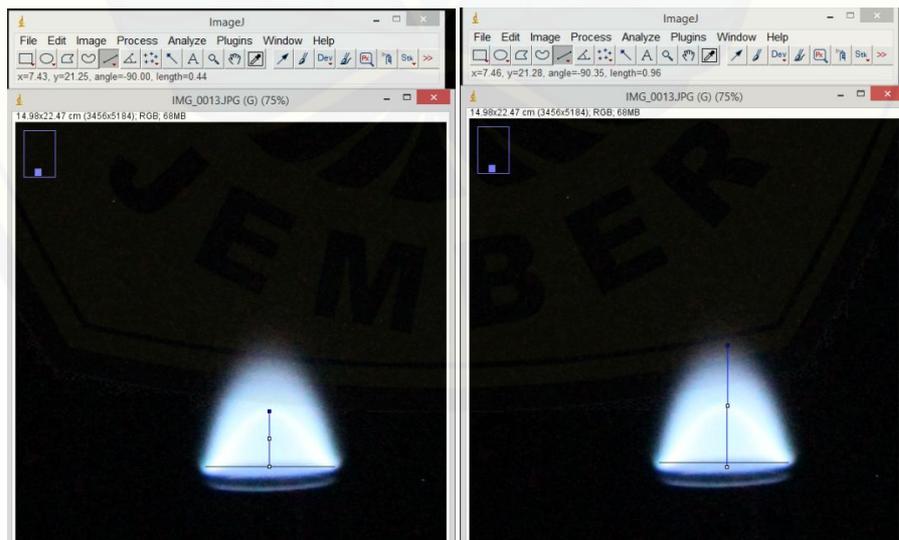


(a)

(b)

Gambar B1.1 (a).Tinggi kerucut dalam 0,53 cm (b) tinggi kerucut luar 1,08 cm

b. Pengujian 2

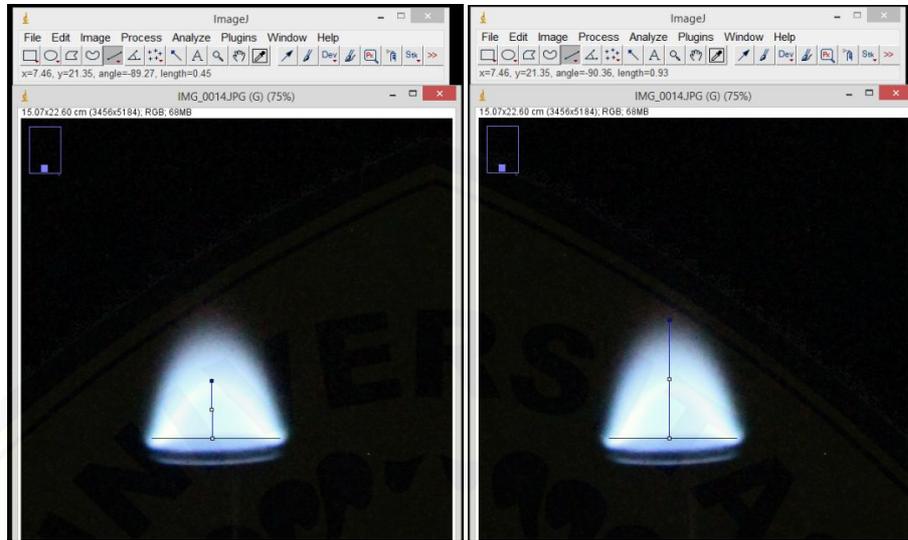


(a)

(b)

Gambar B1.2 (a).Tinggi kerucut dalam 0,44 cm (b) tinggi kerucut luar 0,96 cm

c. Pengujian 3



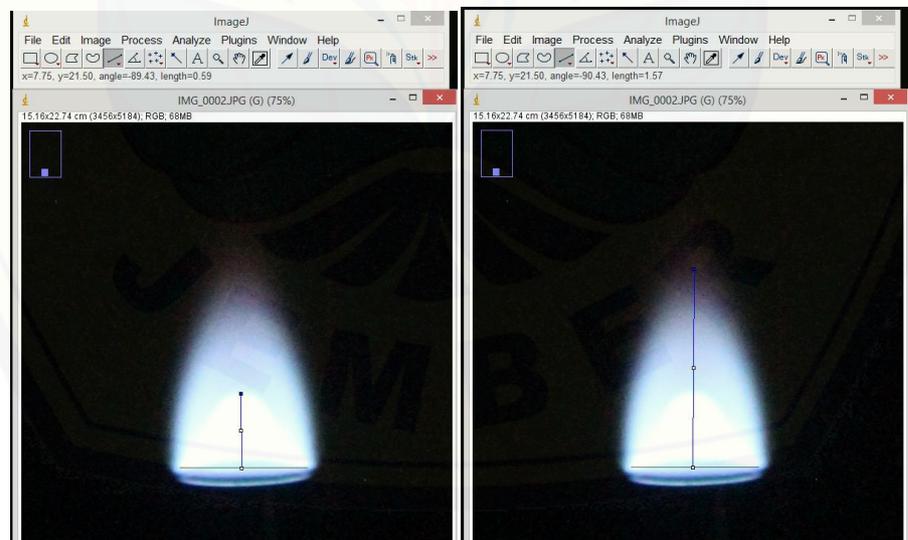
(a)

(b)

Gambar B1.3 (a).Tinggi kerucut dalam 0,45 cm (b) tinggi kerucut luar 0,93 cm

2. Butana 10

a. Pengujian 1

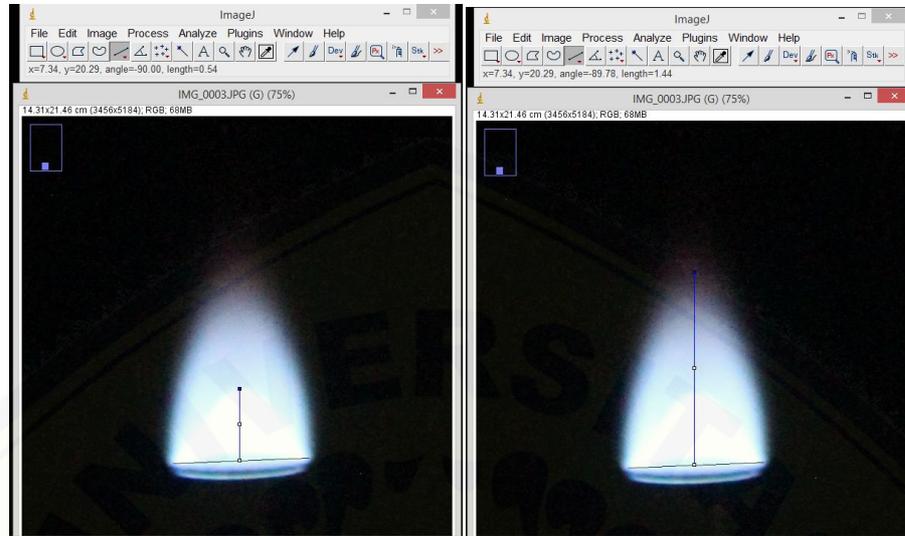


(a)

(b)

Gambar B1.4 (a).Tinggi kerucut dalam 0,59cm (b) tinggi kerucut luar 1,57cm

b. pengujian 2

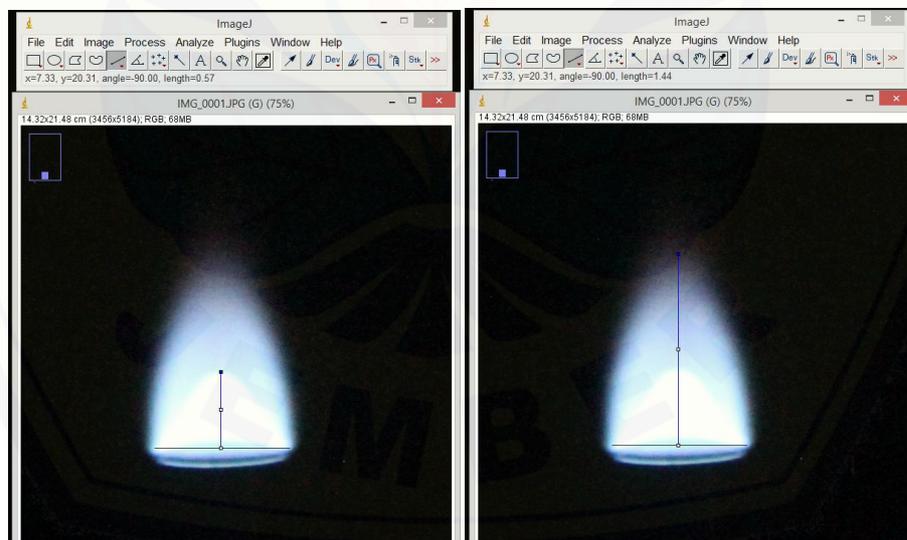


(a)

(b)

Gambar B1.5 (a).Tinggi kerucut dalam 0,54 cm (b) tinggi kerucut luar 1,44 cm

c. Pengujian 3



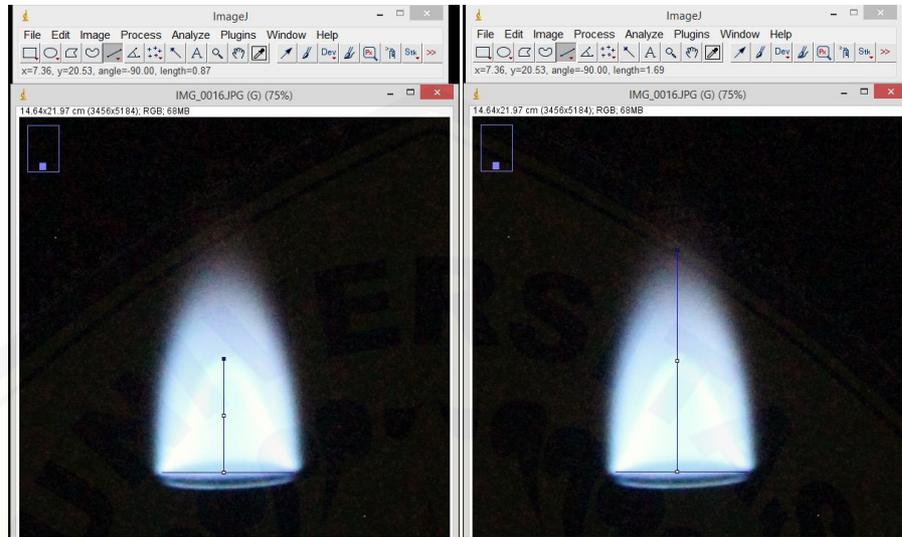
(a)

(b)

Gambar B1.6 (a).Tinggi kerucut dalam 0,57 cm (b) tinggi kerucut luar 1,44 cm

Butana 20

a. Pengujian 1

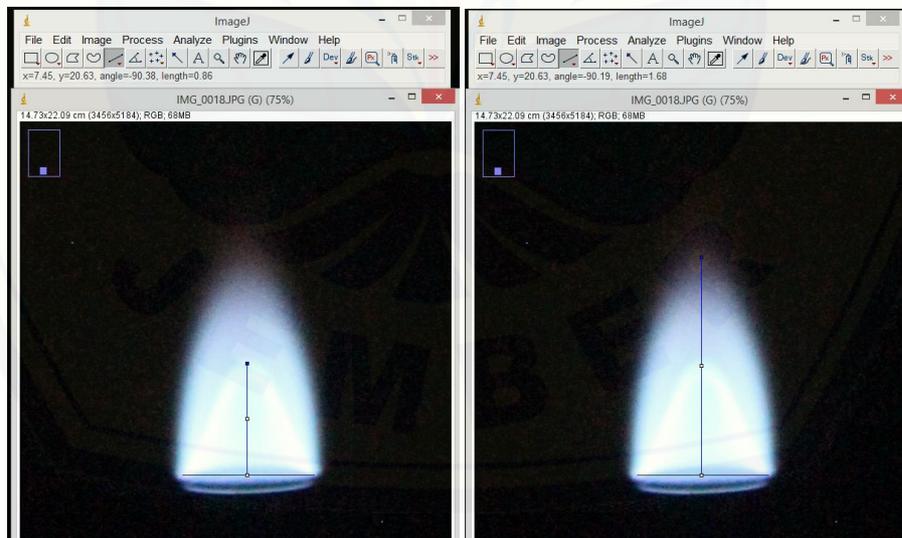


(a)

(b)

Gambar B1.7 (a).Tinggi kerucut dalam 0,87 cm (b) tinggi kerucut luar 1,69 cm

b. pengujian 2

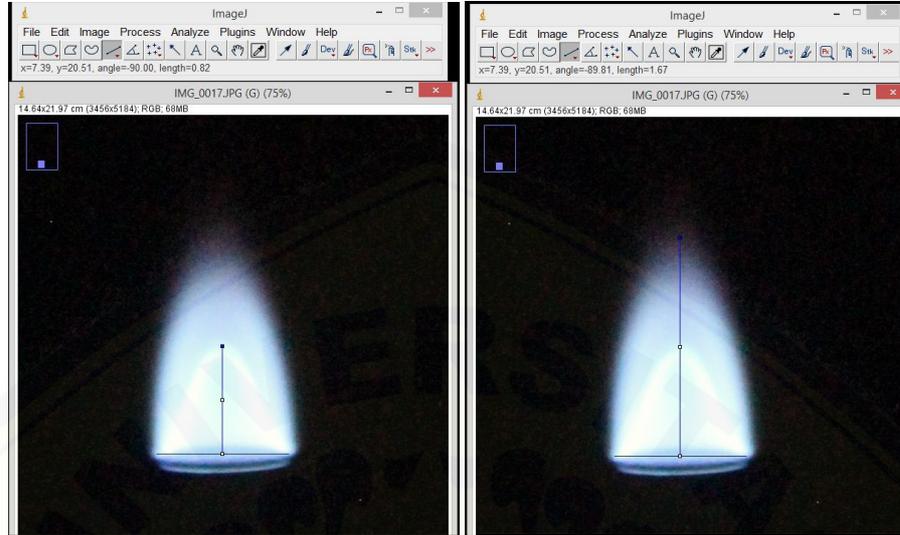


(a)

(b)

Gambar B1.8 (a).Tinggi kerucut dalam 0,86 cm (b) tinggi kerucut luar 1,68 cm

c. Pengujian 3



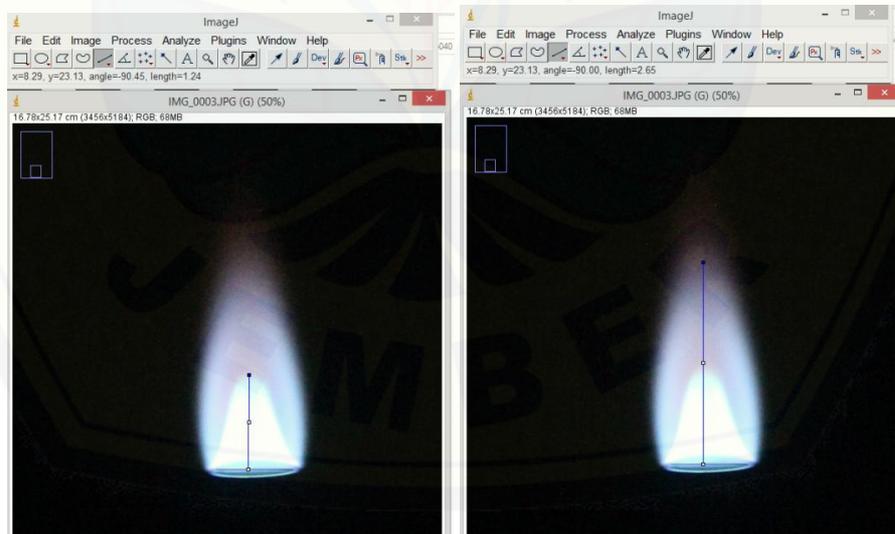
(a)

(b)

Gambar B1.9 (a).Tinggi kerucut dalam 0,82 cm (b) tinggi kerucut luar 1,67 cm

Butana 30

a. Pengujian 1

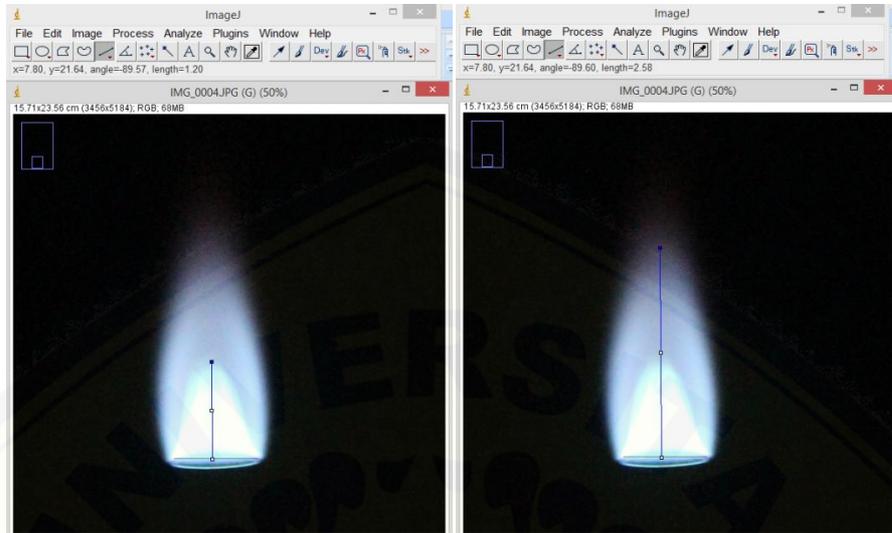


(a)

(b)

Gambar B1.10 (a).Tinggi kerucut dalam 1,24 cm (b) tinggi kerucut luar 2,65 cm

b. Pengujian 2

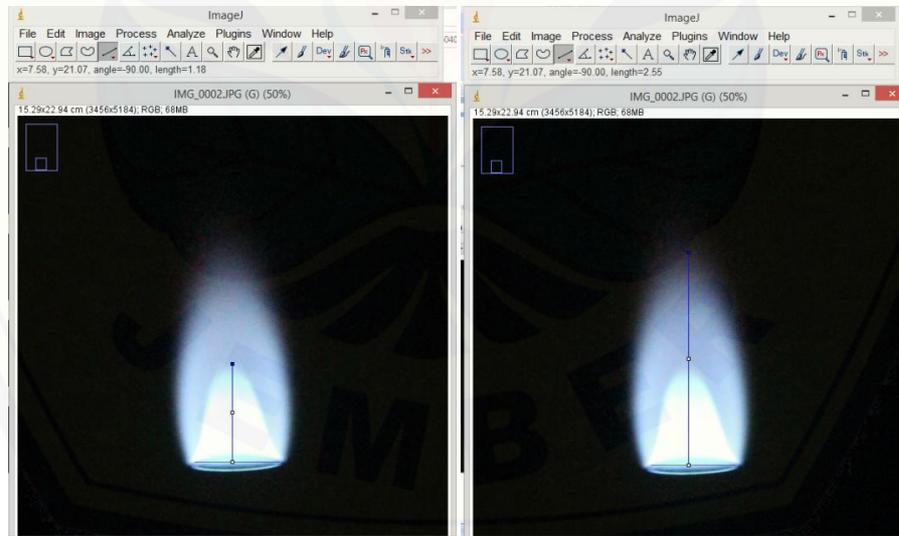


(a)

(b)

Gambar B1.11 (a). Tinggi kerucut dalam 1,20 cm (b) tinggi kerucut luar 2,58 cm

c. pengujian 3



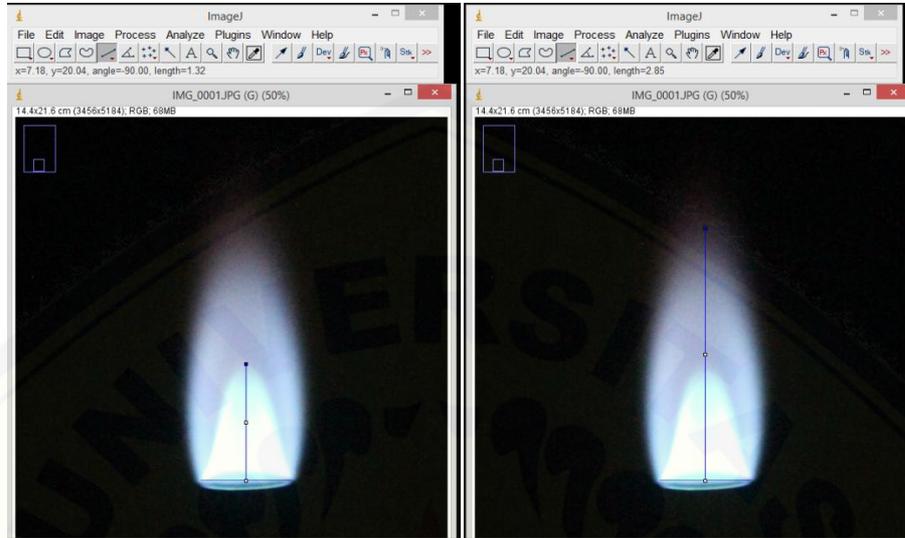
(a)

(b)

Gambar B1.12 (a). Tinggi kerucut dalam 1,18 cm (b) tinggi kerucut luar 2,55 cm

butana 40

a. pengujian 1

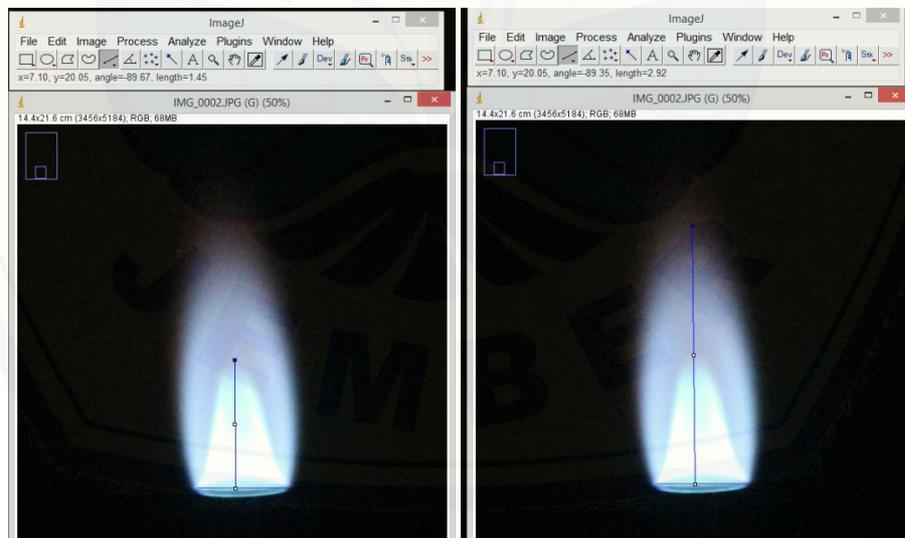


(a)

(b)

Gambar B1.13 (a).Tinggi kerucut dalam 1,32 cm (b) tinggi kerucut luar 2,85 cm

b. Pengujian 2

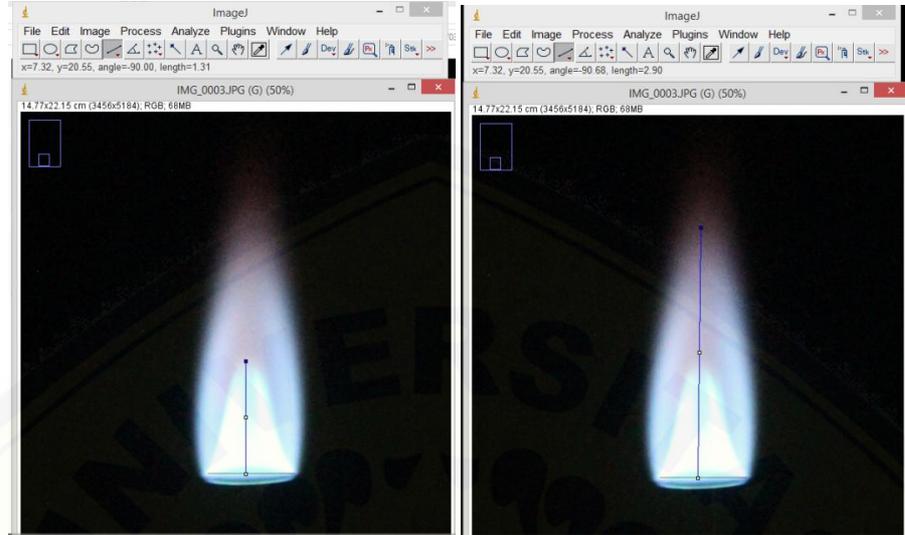


(a)

(b)

Gambar B1.14 (a).Tinggi kerucut dalam 1,45 cm (b) tinggi kerucut luar 2,92 cm

c. Pengujian 3



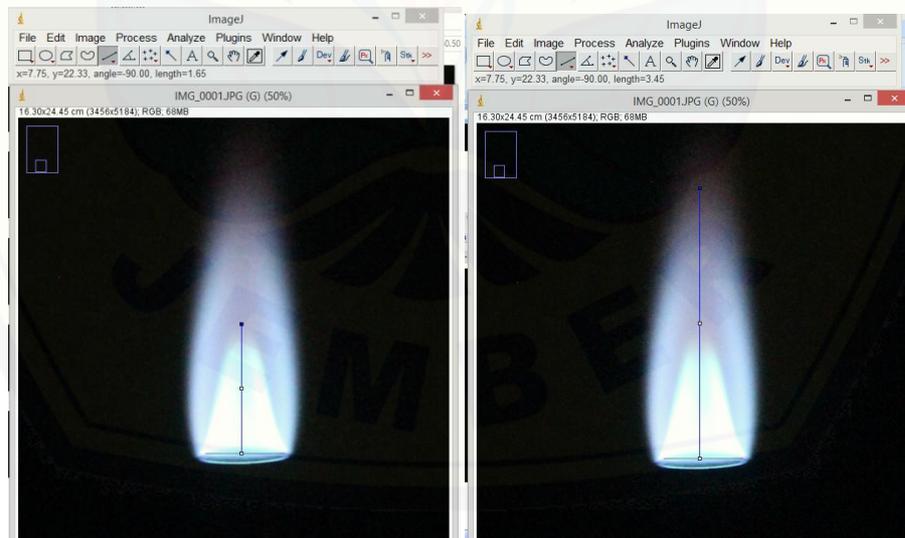
(a)

(b)

Gambar B1.15 (a).Tinggi kerucut dalam 1,31 cm (b) tinggi kerucut luar 2,90 cm

Butana 50

a. Pengujian 1

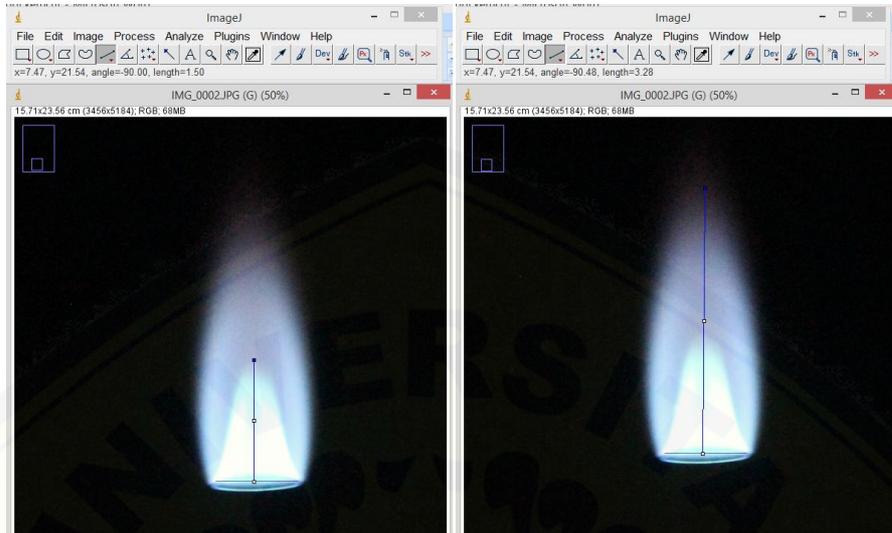


(a)

(b)

Gambar B1.16 (a).Tinggi kerucut dalam 1,65 cm (b) tinggi kerucut luar 3,45 cm

b. pengujian 2

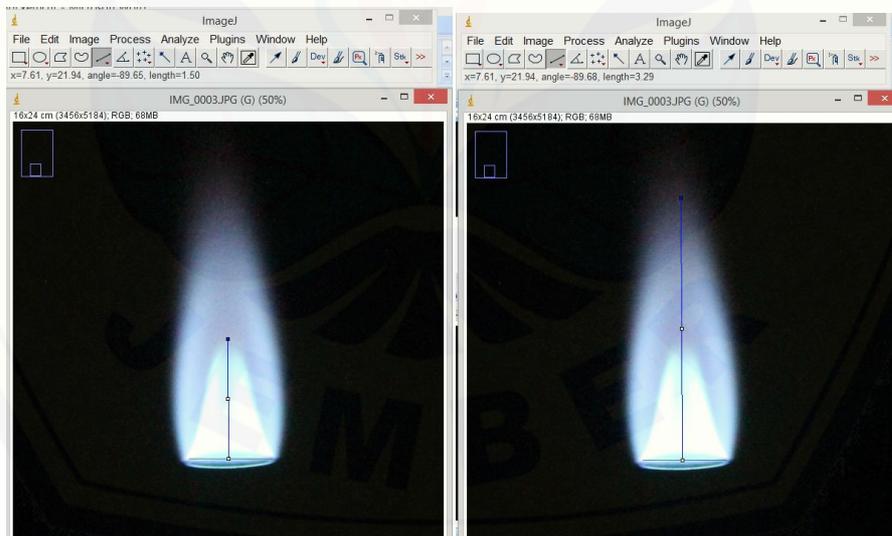


(a)

(b)

Gambar B1.17 (a).Tinggi kerucut dalam 1,50 cm (b) tinggi kerucut luar 3,28 cm

c. pengujian 3



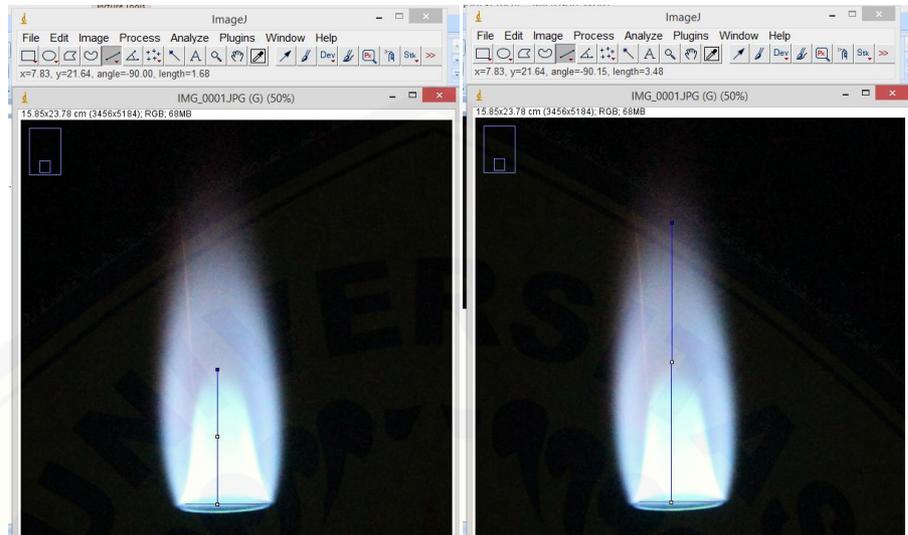
(a)

(b)

Gambar B1.18 (a).Tinggi kerucut dalam 1,50 cm (b) tinggi kerucut luar 3,29 cm

Butana 100

a. pengujian 1

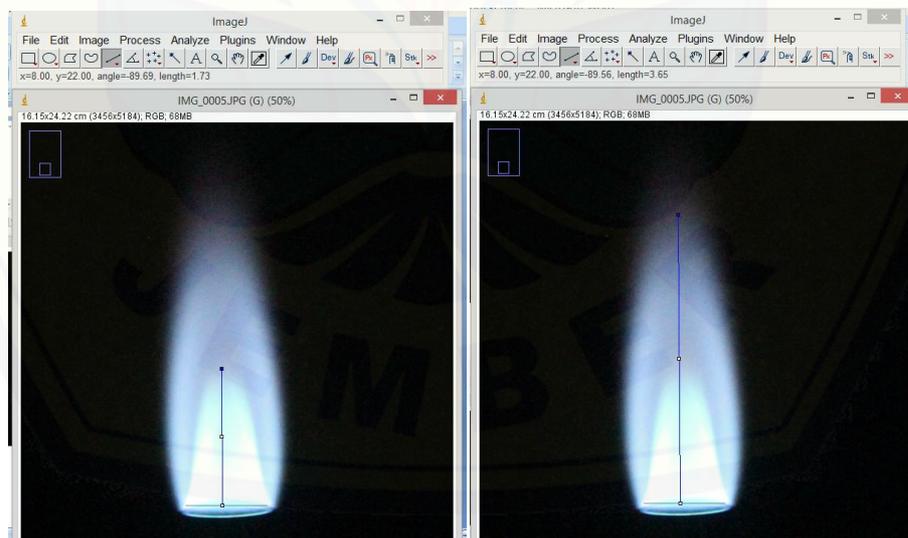


(a)

(b)

Gambar B1.19 (a).Tinggi kerucut dalam 1,68 cm (b) tinggi kerucut luar 3,48 cm

b. Pengujian 2

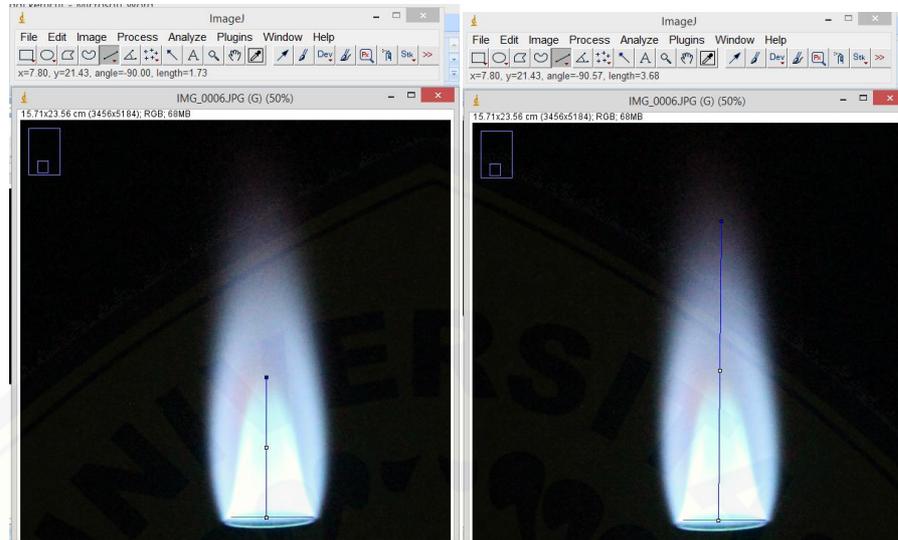


(a)

(b)

Gambar B1.20 (a).Tinggi kerucut dalam 1,73 cm (b) tinggi kerucut luar 3,65 cm

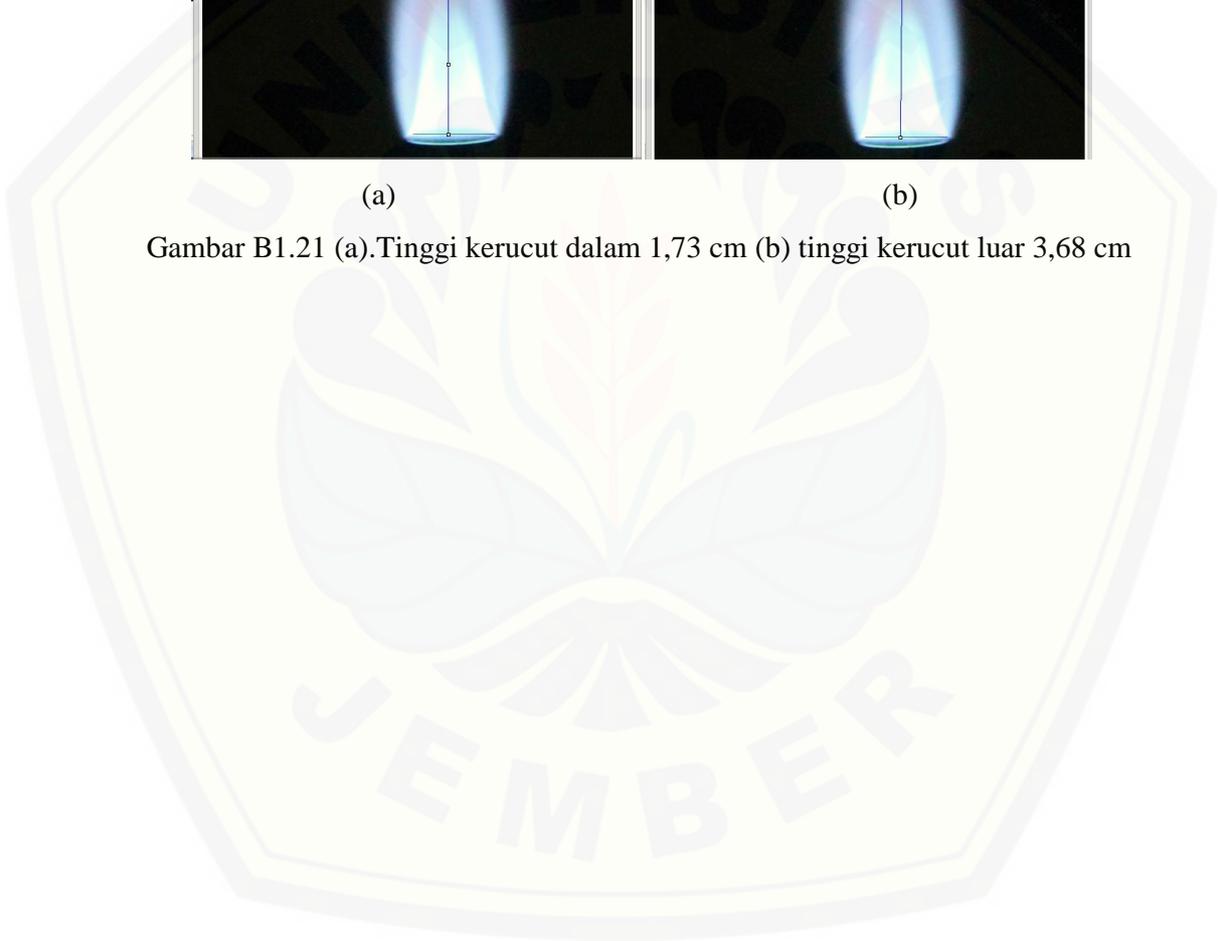
c. pengujian 3



(a)

(b)

Gambar B1.21 (a).Tinggi kerucut dalam 1,73 cm (b) tinggi kerucut luar 3,68 cm



Dimethyl ether (DME)	0.665	2.518	8.81	31.7	13629	21.1	75655	8.03	28.9	12425	19.2	68973
Ethane	0.572	2.165	14.42	51.9	22313	29.7	106513	13.28	47.8	20550	27.3	98098
Ethanol (100%)	0.789	2.987	8.25	29.7	12769	23.4	84076	7.42	26.7	11479	21.1	75583
Diethyl ether (ether)	0.716	2.710	11.94	43.0	18487	30.8	110464					
Gasoline (petrol)*	0.737	2.790	12.89	46.4	19948	34.2	122694	12.06	43.4	18659	32.0	114761
Gas oil (heating oil)*	0.84	3.180	11.95	43.0	18495	36.1	129654	11.89	42.8	18401	36.0	128991
Glycerin	1.263	4.781	5.28	19.0	8169	24.0	86098					
Heavy fuel oil*	0.98	3.710	11.61	41.8	17971	41.0	146974	10.83	39.0	16767	38.2	137129
Kerosene*	0.821	3.108	11.94	43.0	18487	35.3	126663	11.94	43.0	18487	35.3	126663
Light fuel oil*	0.96	3.634	12.22	44.0	18917	42.2	151552	11.28	40.6	17455	39.0	139841
LNG*	0.428	1.621	15.33	55.2	23732	23.6	84810	13.50	48.6	20894	20.8	74670
LPG*	0.537	2.03	13.69	49.3	21195	26.5	94986	12.64	45.5	19561	24.4	87664

		3										
Marine gas oil*	0.855	3.23 7	12.75	45.9	19733	39.2	140804	11.89	42.8	18401	36.6	131295
Methanol	0.791	2.99 4	6.39	23.0	9888	18.2	65274	5.54	19.9	8568	15.8	56562
Methyl ester (biodiesel)	0.888	3.36 1	11.17	40.2	17283	35.7	128062	10.42	37.5	16122	33.3	119460
MTBE	0.743	2.81 1	10.56	38.0	16337	28.2	101244	9.75	35.1	15090	26.1	93517
Oils vegetable (biodiesel)*	0.92	3.48 3	11.25	40.5	17412	37.3	133684	10.50	37.8	16251	34.8	124772
Paraffin (wax)*	0.90	3.40 7	12.78	46.0	19776	41.4	148538	11.53	41.5	17842	37.4	134007
Pentane	0.63	2.38 5	13.50	48.6	20894	30.6	109854	12.60	45.4	19497	28.6	102507
Petroleum naphtha*	0.725	2.74 5	13.36	48.1	20679	34.9	125145	12.47	44.9	19303	32.6	116819
Propane	0.498	1.88 5	13.99	50.4	21647	25.1	89963	12.88	46.4	19927	23.1	82816
Residual oil*	0.991	3.75 2				41.8	150072	10.97	39.5	16982	39.2	140470
Tar*			10.00	36.0	15477							
Turpentine	0.865	3.27	12.22	44.0	18917	38.1	136555					

4

Solid fuels*		[kWh/kg]	[MJ/kg]	[Btu/lb]	[kWh/kg]	[MJ/kg]	[Btu/lb]
Anthracite coal		9.06	32.6	14015			
Bituminous coal		8.39	30.2	12984	8.06	29.0	12468
Carbon		9.11	32.8	14101			
Charcoal		8.22	29.6	12726	7.89	28.4	12210
Coke		7.22	26.0	11178			
Lignite (brown coal)		3.89	14.0	6019			
Peat		4.72	17.0	7309			
Petroleum coke		8.69	31.3	13457	8.19	29.5	12683
Semi anthracite		8.19	29.5	12683			
Sub-Bituminous coal		6.78	24.4	10490			
Sulfur (s)		2.56	9.2	3955	2.55	9.2	3939
Wood (dry)	0.701	4.50	16.2	6965	4.28	15.4	6621

LAMPIRAN D. ALAT DAN LANGKAH KERJA



Gambar C1. Pengambilan Biogas



Gambar C2. Pemindahan biogas ke balon



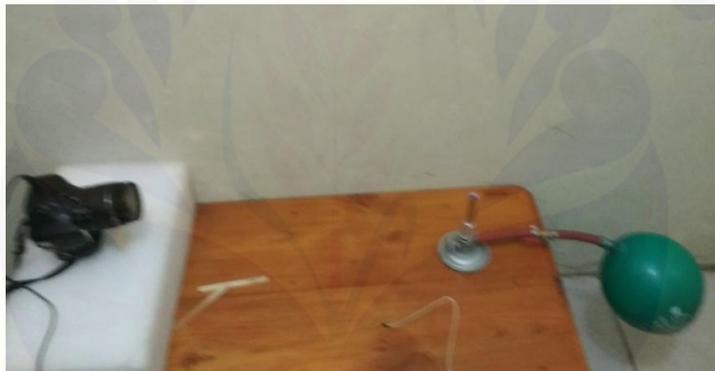
Gambar C3. Pengisian butana ke balon



Gambar C4. Merangkai dan menentukan volume



Gambar C5. Pemasangan bahan bakar ke bunsen burner



Gambar C6. Pengambilan gambar