



**ANALISA PERILAKU ION DAN RAMBAT API
PEMBAKARAN BIOGAS SAMPAH (RUMAH TANGGA)
(DENGAN) PURIFIKASI (KOH)**

SKRIPSI

Oleh

**Adimas Hammam Ardianto
NIM 121910101012**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2018**



**ANALISA PERILAKU ION DAN RAMBAT API
PEMBAKARAN BIOGAS SAMPAH (RUMAH TANGGA)
(DENGAN) PURIFIKASI (KOH)**

SKRIPSI

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

Oleh

**Adimas Hammam Ardianto
NIM 121910101012**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2018**

PERSEMBAHAN

Proyek Akhir ini saya persembahkan untuk:

1. Bapak Misran dan ibu Sunarti yang tercinta, terima kasih atas pengorbanan, usaha, kasih sayang, dorongan, nasehat dan air mata yang menetes dalam setiap untaian do'a yang senantiasa mengiringi setiap langkah bagi perjuangan dan keberhasilan penulis;
2. Guru-guru sejak TK hingga SMA, dosen, dan seluruh civitas akademika Universitas Jember khususnya Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin yang telah menjadi tempat menimba ilmu dan telah membimbing penulis dengan penuh kesabaran;
3. Almamater Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Jember.

MOTTO

Usaha Akan Mengalahkan Segalanya Termasuk Bakat

Atau

Hadapi Permasalahan Dengan Baik Dan Bijak

Atau

Tidak Ada Keberhasilan Tanpa Kegagalan Jangan Pernah Menyerah



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Adimas Hammam Ardianto

NIM : 121910101012

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul "Analisa Perilaku Ion Dan Rambat Api Pembakaran Biogas Sampah (Rumah Tangga) (Dengan) Purifikasi (KOH)" adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang telah saya sebutkan 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 penuh kesadaran dan tanggung jawab tanpa ada unsur pemaksaan serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 19 Juli 2018

Yang Menyatakan,

Adimas Hammam Ardianto
121910101090

SKRIPSI

**ANALISA PERILAKU ION DAN RAMBAT API PEMBAKARAN BIOGAS
SAMPAH (RUMAH TANGGA) (DENGAN) PURIFIKASI (KOH)**

oleh
Adimas Hammam Ardianto
NIM 121910101012

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Ahmad Adib Rosyadi, S.T., M.T..

Dosen Pembimbing Anggota : Ir. Dwi Djumhariyanto, M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul "Analisa Perilaku Ion Dan Rambat Api Biogas Sampah (Rumah Tangga) (Dengan) Purifikasi (KOH)" telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada :

hari, tanggal : 19 Juli 2018

tempat : Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin

Pembimbing

Pembimbing I,

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

Pembimbing II,

Ir Dwi Djumhariyanto, M.T.
NIP 19600812 199802 1 001

Penguji

Penguji I,

Dr.Nasrul Ilminnafik, S.T., M.T.
NIP 19711114 199903 1 002

Penguji II,

Sumarji, S.T., M.T.
NIP 19680202 199702 1 001

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

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

RINGKASAN

ANALISA PERILAKU ION DAN RAMBAT API PEMBAKARAN BIOGAS SAMPAH (RUMAH TANGGA) (DENGAN) PURIFIKASI (KOH)

Adimas Hammam Ardianto, 121910101012; 2018; 67 halaman; Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Energi sangat diperlukan dalam kehidupan sehari-hari terutama dalam menjalankan aktivitas perekonomian Indonesia, seperti halnya untuk kebutuhan konsumsi ataupun kebutuhan produksi. Indonesia merupakan negara yang kaya dengan sumber energi baik energi yang dapat diperbarui maupun tidak dapat diperbarui. Tetapi, pemakaian sumber daya energi lebih banyak menggunakan energi fosil yang bersifat *unrenewable resources* sedangkan energi yang bersifat *renewable* masih belum banyak digunakan. Hal ini menyebabkan ketersediaan energi alam atau fosil khususnya minyak bumi semakin menipis, yang menyebabkan Indonesia saat ini menjadi net importir minyak bumi (Ilminnafik et al, 2014).

Biogas merupakan gas yang dihasilkan dari dekomposisi bahan-bahan organik oleh bakteri pada kondisi tanpa udara (*anaerob*). Bakteri metanogenik dan bakteri asidogenetik berperan dalam pembentukan biogas, kedua bakteri ini secara alami terdapat di dalam limbah organik. Bakteri metanogenik tidak aktif pada suhu yang sangat tinggi atau rendah. Temperatur optimumnya adalah 35 °C. Jika temperaturnya turun menjadi 10 °C maka produksi biogas akan berhenti. Produksi yang baik berada pada daerah mesofilik yaitu antara 25-30 °C. Untuk memperoleh biogas perlu adanya reaktor sebagai tempat pereaksi terjadinya fermentasi (Cundari et al, 2014).

Gas yang terbentuk dari penguraian bahan organik oleh mikroorganisme terdiri dari campuran gas metana CH₄ (55-70%), CO₂ (25-50%), H₂O (1,5%), N₂ (0-0,5%), dan NH₃ (0-0,05%) (Deublein dan Steinhäuser, 2008). Energi yang terdapat dalam biogas sangat berpengaruh pada konsentrasi metana (CH₄). Semakin tinggi kandungan metana maka semakin besar kandungan energi (nilai

kalor) pada biogas, dan semakin kecil nilai metana maka nilai kalor juga akan semakin kecil. Biogas dapat terbakar apabila terdapat kadar gas metana minimal 60% (Hessami et al., 1996).

Absorpsi adalah pemurnian gas metana, dengan cara mengikat gas karbon dioksida yang ada dalam biogas, sehingga gas yang ada dalam biogas berupa gas metana dengan cara purifikasi. Biogas sampah rumah tangga yang dihasilkan dalam penelitian ini akan di purifikasi menggunakan larutan purifikator KOH, purifikasi ini dilakukan agar mendapatkan gas metana yang lebih besar.

Dalam suatu proses pembakaran kandungan bahan bakar, kandungan udara (oksigen), kalor, dan reaksi kimia, sangat perlu diperhatikan. Perbandingan campuran bahan bakar dan udara memegang peranan yang penting dalam menentukan hasil proses pembakaran. Penelitian yang dilakukan oleh Buffam & Cox (2008), Besarnya AFR dapat diketahui dari uji coba reaksi pembakaran yang benar-benar terjadi, nilai ini disebut AFR aktual. Sedangkan AFR lainnya adalah AFR stoikiometri, merupakan AFR yang diperoleh dari persamaan reaksi pembakaran.

Untuk mengetahui kualitas api yang dihasilkan dari biogas sampah rumah tangga dapat dilakukan pengujian perilaku ion, cepat rambat api pembakaran dan kalor pembakaran yang mampu diserap air. Semakin tinggi gas metana yang ada pada biogas maka cepat rambat api akan semakin tinggi dan perilaku ion juga akan semakin tinggi.

Dari hasil penelitian selama bulan februri sampai juni, di dapatkan hasil Nilai rambat api biogas sampah rumah tangga tanpa purifikasi dengan perbandingan AFR 4:1= 3,14 mm/ms, AFR 5:1= 2,63 mm/ms AFR 6:1 = 1,92 mm/ms sedangkan untuk yang telah dipurifikasi dengan KOH 1 Molar perbandingan AFR 5:1= 6,733 mm/milidetik, AFR 6:1= 9,397 mm/milidetik, AFR 7:1= 8,439 mm/milidetik, AFR 8:1= 5,093 mm/milidetik, AFR 8:1= 5,093 mm/milidetik. Untuk rambat api biogas sebelum purifikasi nilai rambat api tertinggi pada AFR 4:1 sedangkan sesudah purifikasi nilai tertinggi pada AFR 6:1.

Nilai perilaku ion biogas sampah rumah tangga tanpa purifikasi dengan perbandingan AFR 4:1= 7,49 volt, AFR 5:1= 5,33 volt, AFR 6:1= 1,93 volt, sedangkan untuk yang sudah dipurifikasi dengan KOH 1 Molar pada AFR 5:1= 16,066 volt, AFR 6:1= 39,673 volt, AFR 7:1= 15,053 volt, AFR 8:1= 8,995 volt. Untuk nilai perilaku ion sampah rumah tangga sebelum purifikasi nilai tertinggi terdapat pada AFR 4:1 sedangkan untuk setelah purifikasi terdapat pada AFR 6:1

Nilai kalor pembakaran yang mampu diserap pada biogas sampah rumah tangga sebelum purifikasi pada perbandingan waktu 30 detik= 30,03 °C, untuk 60 detik= 35,3 °C, untuk 90 detik= 43,3°C untuk 120 detik= 49,3 °C, dan untuk 150 detik 51,5°C. sedangkan untuk biogas yang sudah dipurifikasi dengan KOH 1 Molar pada perbandingan waktu 30 detik= 31,5°C, untuk 60 detik= 46,8°C, untuk 90 detik= 56,8°C, untuk 120 detik= 66,8°C, dan untuk 150 detik= 72,2°C.

RINGKASAN

**BEHAVIOR ANALYSIS OF BEHAVIOR AND RAILWAY COMBUSTION
API BIOGAS WASTE (HOUSEHOLD) (WITH) PURIFICATION (KOH)**

Adimas Hammam Ardianto, 121910101012; 2018; 67 page; Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember.

Energy is needed in everyday life, especially in carrying out the economic activities of Indonesia, as well as for consumption needs or production needs. Indonesia is a country rich with renewable and non renewable energy sources. However, the use of energy resources uses more fossil energy that is unrenewable resources while renewable energy is still not widely used. This causes the availability of natural energy or fossil, especially petroleum, which is causing Indonesia to become net importer of petroleum (Ilminnafik et al, 2014).

Biogas is a gas produced from the decomposition of organic materials by bacteria in the condition without air (anaerob). Methanogenic bacteria and asidogenetic bacteria play a role in the formation of biogas, both of these bacteria are naturally present in organic waste. Methanogenic bacteria are inactive at very high or low temperatures. The optimum temperature is 35 0C. If the temperature drops to 10 0C then the biogas production will stop. Good production is in the mesophilic area between 25-30 0C. To obtain biogas reactor need to use as place of reagent of fermentation (Cundari et al, 2014).

The gases formed from the decomposition of organic materials by microorganisms comprise a mixture of methane CH₄ (55-70%), CO₂ (25-50%), H₂O (1.5%), N₂ (0-0,5%), and NH₃ (0-0.05%) (Deublein and Steinhauser, 2008). The energy contained in biogas is very influential on the concentration of methane (CH₄). The higher the content of methane the greater the energy content (calorific value) in biogas, and semakinkecil indigo methane then the calorific value will also be smaller. Biogas can burn if there is a methane gas content of at least 60% (Hessami et al., 1996).

Absorption is the purification of methane gas, by binding to carbon dioxide gas present in biogas, so that the gas present in the biogas is methane gas by purification. The household waste biogas generated in this study will be purified using a KOH purifier solution, this purification is done in order to obtain a larger methane gas.

In a process of burning the fuel content, the content of air (oxygen), heat, and chemical reactions, it is worth noting. Comparison of fuel and air mixture plays an important role in determining the result of the combustion process. Research carried out by Buffam & Cox (2008), The magnitude of AFR can be known from the actual reaction of combustion reaction, this value is called the actual AFR. While the other AFR is AFR stoichiometry, an AFR obtained from the combustion reaction equation.

To know the quality of fire generated from domestic waste biogas can be tested ion behavior, fast fire combustion and combustion heat that can be absorbed by water. The higher the methane gas present in biogas the faster the fire flame will be higher and the ion behavior will also be higher.

From the results of the research during the month of februri to june, the results obtained fire rescue biogas household waste without purification with the ratio of AFR 4: 1 = 3.14 mm / ms, AFR 5: 1 = 2.63 mm / ms AFR 6: 1 = 1.92 mm / ms whereas for those already purified with KOH 1 Molar ratio of AFR 5: 1 = 6,733 mm / milliseconds, AFR 6: 1 = 9,397 mm / milliseconds, AFR 7: 1 = 8,439 mm / milliseconds, AFR 8: 1 = 5.093 mm / milliseconds, AFR 8: 1 = 5.093 mm / milliseconds For biogas fire propagation before purifying the highest fire propagation value at AFR 4: 1 while after purification the highest value at AFR 6: 1.

Value of biogas ionic behavior of household waste without purification with AFR ratio 4: 1 = 7.49 volts, AFR 5: 1 = 5.33 volts, AFR 6: 1 = 1.93 volts, while for those already purified with KOH 1 Molar at 5: 1 AFR = 16.066 volts, AFR 6: 1 = 39.673 volts, AFR 7: 1 = 15.053 volts, AFR 8: 1 = 8.995 volts. For the value of household garbage ion behavior before purification the highest value is at 4: 1 AFR while for purification there is at AFR 6: 1

The burning calorific value that can be absorbed in household waste biogas before purification at 30 seconds = 30.03 °C, for 60 seconds = 35.3 °C, for 90 seconds = 43.3 °C for 120 sec = 49.3 °C, and for 150 seconds 51.5 °C. while for purified biogas with KOH 1 Molar at 30 seconds = 31.5oC for 60 seconds = 46.8oC, for 90 seconds = 56.8 °C, for 120 seconds = 66.8 °C, and for 150 seconds = 72, 2 °C.



PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian sekaligus penyusunan skripsi yang berjudul ” Analisa Perilaku Ion Dan Rambat Api Pembakaran Biogas Sampah (Rumah Tangga) (Dengan) Purifikasi (KOH)”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Dalam penulisan ini tentunya banyak pihak yang telah memberikan bantuan baik moril maupun materil. Oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dekan Fakultas Teknik Universitas Dr. Ir. Entin Hidayah, M, U. M. atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk menyelesaikan proyek akhir ini;
2. Ketua Jurusan Teknik Mesin Hari Arbiantara Basuki S.T., M.T. atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk menyelesaikan proyek akhir ini;
3. Ahmad Adib Rosyadi, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Ir. Dwi Djumhariyanto, M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang penuh kesabaran memberi bimbingan, dorongan, meluangkan waktu, pikiran, perhatian dan saran kepada penulis selama penyusunan tugas akhir ini sehingga dapat terlaksana dengan baik;
4. Dr. Nasrul Ilminnafik, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji I dan Sumarji, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji II, terima kasih atas saran dan kritiknya;
5. R. Puronggo Ganjar Widityo, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang selalu memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis selama kuliah;
6. Seluruh Dosen Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Jember yang telah memberikan ilmu, bimbingan, pengorbanan, saran dan kritik kepada penulis;

7. Kedua orang tua saya Bapak Misran, Ibu Sunarti, adik Dian Aditya Nugroho, yang telah memberikan segalanya kepada saya sehingga saya dapat menyelesaikan studi S1;
8. Hijrah Aji Saputa, S.T., Samsul Arifin, S.T., Khoirul Anam, S.T., Muhammad Ikhwan Rama, S. T. Deni Setiawan, Teman-temanku seperjuangan Teknik Mesin 2012 yang selalu memberi *support* dan saran kepada penulis;
9. Pihak lain yang tidak bisa disebutkan satu-persatu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan tugas akhir ini. Akhirnya penulis berharap, semoga tulisan ini dapat bermanfaat.

Jember, 19 Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan	3
1.4. Manfaat	3
1.5. Batasan Masalah	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Energi	5
2.2. Sampah	7
2.2.1 Jenis-Jenis Sampah	7
2.2.2 Kandungan Sampah Sayuran	8
2.3. Biogas	8
2.4. Absorpsi	10
2.5.1 Absorpsi fisik.....	11
2.5.2 Absorpsi Kimia.....	11
2.5. Nyala Api	12
2.5.1 Pembakaran Difusi	12
2.5.2 Pembakaran Premix	13
2.5.3 Rambat Api Dengan Purifikator NaOH.....	13
2.6 Air Fuel Ratio (AFR)	17
2.7 Sensor Ion	18
2.8 Pengujian Dengan <i>Helle-Shaw Cell</i>	19
2.8 Penelitian Terdahulu	20
2.9.1 Laju Rambat Api Biogas.....	20
2.9.2 Pengujian Sensor Ion.....	24

2.10 Hipotesa	25
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	26
3.1 Metode Penelitian	26
3.2 Tempat Dan Waktu Penelitian	26
3.2.1 Tempat Penelitian.....	26
3.2.2 Waktu Penelitian.....	26
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	27
3.3.1 Pembuatan Alat Purifikasi Biogas.....	27
3.3.2 Penelitian Cepat Rambat Api.....	27
3.3.3 Penelitian Kalor Pembakaran Api Biogas.....	28
3.4 Variabel Penelitian	28
3.4.1 Variabel Bebas	28
3.4.2 Variabel Terikat.....	28
3.4.3 Variabel Kontrol.....	29
3.5 Metode Pengumpulan dan Pengolahan Data	29
3.6 Pengamatan yang Dilakukan	29
3.7 Tahap Penelitian Dan Prosedur Penelitian	29
3.7.1 Pembuatan Biogas	29
3.7.2 Pembuatan Alat Purifikasi Biogas.....	30
3.7.3 Penyiapan KOH 1 Molar.....	31
3.7.4 Penyiapan Pemurnian Biogas.....	31
3.7.5 Pengujian Perilaku Ion.....	31
3.7.6 Pengujian Laju Rambat Api.....	33
3.7.7 Akhir Pengambilan Data.....	35
3.8 Analisis Data	35
3.8.1 Pengujian Kalor Pembakaran Api Biogas yang Mampu Diserap Air	35
3.8.2 Pengujian Laju Rambat Api	37
3.8.3 Uji Perilaku Ion	38

3.9 Diagram Alir Penelitian	39
3.10 Tempat dan Waktu Penelitian	40
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Komposisi Biogas	41
4.2 Kalor Pembakaran.....	43
4.3 Cepat Rambat Api	45
4.4 Perilaku Ion	53
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	57
5.2 Saran	57
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Kebutuhan Energi Primer Dunia.....	6
2.2 Rangkaian Alat Penelitian.....	11
2.3 Nyala Api	13
2.4 Pengaruh Purifikasi dan lama kontak biogas	14
2.5 Pengaruh Purifikasi dan lama kontak biogas	15
2.6 Pengaruh Purifikasi dan lama kontak biogas	16
2.7 Skema Pengujian Perilaku Ion	19
2.8 Pola Rambat Api Berbagai Campuran.....	21
2.9 Pola Rambat Api Berbagai Campuran.....	21
2.10 Pola Rambat Api Berbagai Campuran.....	22
2.11 Grafik Laju Rambat Api Sesaat	23
2.12 Grafik Laju Rambat Api Sesaat	23
2.13 Grafik Laju Rambat Api Sesaat	30
3.1 Desain reaktor	30
3.2 Alat Purifikasi.....	30
3.3 Alat Purifikasi Biogas	31
3.4 Skema Perilaku Ion dan Perekaman Laju Rambat Api	32
3.5 Skema Perekaman Laju Rambat Api	34
3.6 Pengujian Kalor Pembakaran.....	36
4.1 Kandungan Co ₂ dan Ch ₄ + zat Pengotor.....	42
4.2 Rata rata Perubahan Suhu yang Terjadi Pada Pemansan Air.....	44
4.3 Kalor yang diserap Air.....	45
4.4 Rambat Api Pembakaran Biogas Sebelum Purifikasi.....	46

4.5	Rambat Api Pembakaran Biogas Setelah Purifikasi.....	48
4.6	Kecepatan Rambat Api Biogas Sebelum Purifikasi.....	51
4.7	Kecepatan Rambat Api Biogas Setelah Purifikasi.....	52
4.8	Perilaku Ion Tanpa Purifikasi	54
4.9	Perilaku Ion Sesudah Purifikasi.....	54

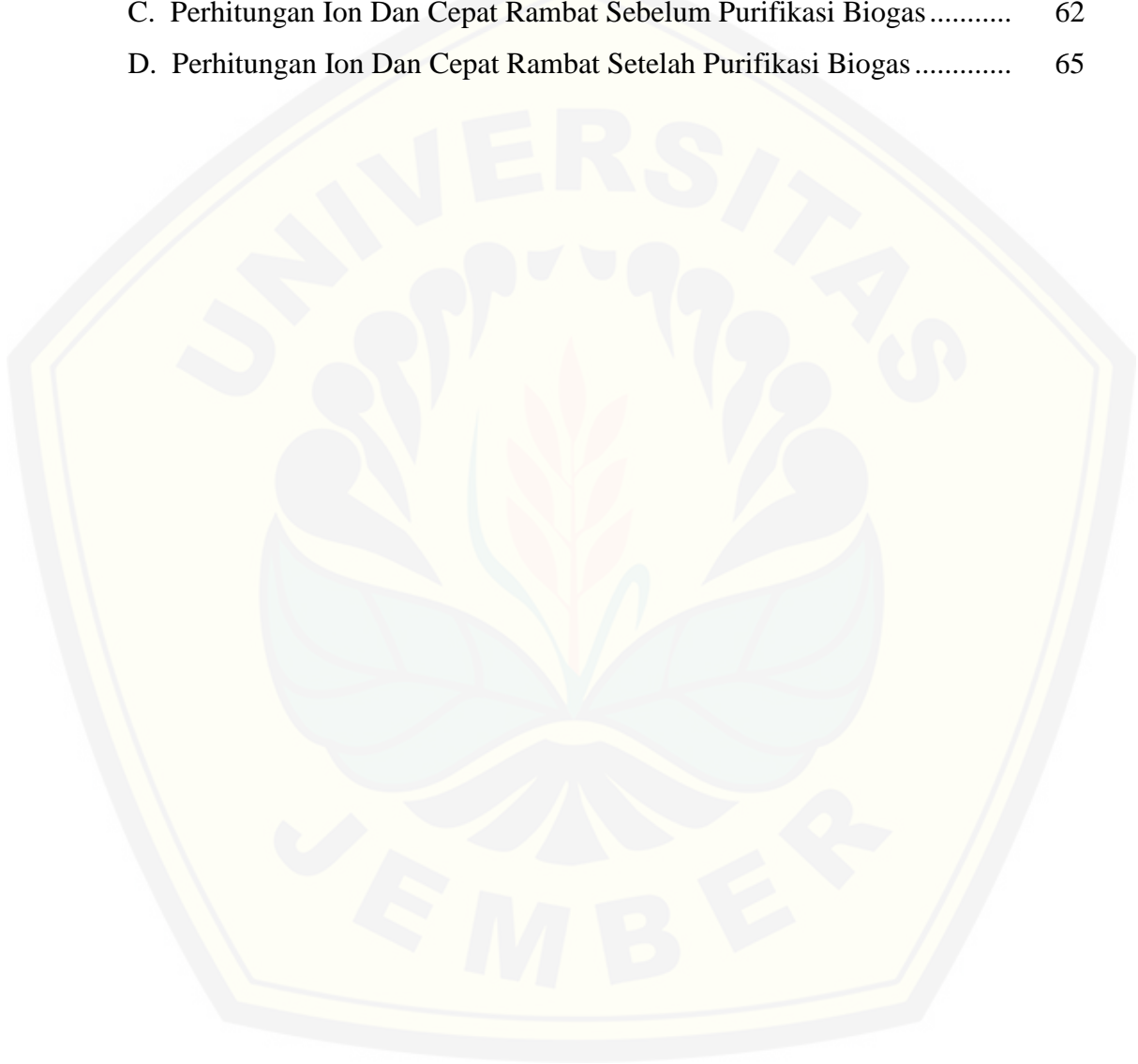


DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Komponen dan komposisi bahan sampah organik.....	8
Tabel 2.2 Komposisi biogas.....	9
Tabel 2.3 data hasil pengujian sensor ion purifikasi dengan KOH 1M	12
Tabel 3.1 waktu pembakaran terhdap kenaikan temperature air.....	36
Tabel 3.2 tabel pengujian cepat rambat api.....	37
Tabel 3.3 jumlah tegangan tertinggi.....	38
Tabel 3.4 jadwal kegiatan penelitian.....	40
Tabel 4.1 persentase komposisi biogas	41
Tabel 4.2 perubahan suhu pada proses pemanasan air menggunakan biogas sebelum purifikasi	43
Tabel 4.3 sesudah purifikasi.....	43
Tabel 4.4 kalor yang diserap air.....	45
Tabel 4.5 hasil perhitungan cepat rambat api pembakaran biogas	50
Tabel 4.6 besar tegangan.....	54

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Alat dan Bahan Pengujian Biogas.....	59
B. Perhitungan Kalor Yang Diserap Air.....	60
C. Perhitungan Ion Dan Cepat Rambat Sebelum Purifikasi Biogas.....	62
D. Perhitungan Ion Dan Cepat Rambat Setelah Purifikasi Biogas.....	65



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi adalah kebutuhan pokok yang diperlukan manusia dalam menjalankan suatu aktivitas perekonomian baik untuk kebutuhan konsumsi maupun kebutuhan produksi. Energi untuk kebutuhan konsumsi sangat banyak di perlukan, seperti contoh; rumah tangga, kantor, rumah sakit, dll. Didalam proses produksi energi, juga sangat diperlukan seperti pabrik. Dari aspek penyediaan, Indonesia merupakan negara yang kaya dengan sumber daya energi baik energi yang bersifat tidak dapat diperbarui maupun yang bersifat dapat diperbarui (Ilminnafik et al, 2014). Tetapi Indonesia sendiri lebih banyak memanfaatkan bahan bakar fosil daripada memanfaatkan bahan bakar energi terbarukan atau energi yang dapat diperbarui.

Penggunaan energi fosil terus menerus akan mengakibatkan ketersediaan minyak bumi di Indonesia semakin berkurang. Berkurangnya cadangan minyak bumi khususnya di Indonesia akan mengakibatkan Indonesia sebagai negara net importir minyak (Ilminnafik et al, 2014). Dalam hal ini seharusnya Indonesia tidak lagi tergantung pada energi fosil karena harga dari minyak bumi semakin mahal. Banyak energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan untuk mengganti energi fosil, energi terbarukan ini selain ramah lingkungan juga murah dalam biaya produksinya, Salah satu contoh energi terbarukan yang dapat di manfatkan yaitu biogas.

Perkembangan permintaan kebutuhan energi di Indonesia dalam kurun waktu 2011-2013 diperkirakan meningkat dari 156 juta TOE pada tahun 2011 menjadi 587 juta TOE pada tahun 2030 atau tumbuh rata-rata 7,2% per tahun (Indonesia Energi Outlook, 2012). Menurut jenis energinya, permintan energi saat ini masih didominasi oleh BBM (38,3%) diikuti oleh biomasa (26,5%), gas (10,4%), batubara (12,3%),

LPG (3,0%), listrik (8,8%), dan BBN (0,1%) (Indonesia Energi Outlook, 2012). Pada tahun 2013, Indonesia memproduksi gas bumi sebesar 8.130 MMSCFD. Tingkat konsumsi gas bumi terus meningkat secara signifikan dari 3.549,9 MMSCFD pada tahun 2002 menjadi 3.870,6 MMSCFD pada tahun 2013, Pada tahun 2013, Indonesia memiliki cadangan batu bara 28.979 Mt dan produksi 449 Mt, yang menjadikan Indonesia sebagai produsen batu bara terbesar ke-4 di dunia. Ekspor batu bara 329 Mt (Indonesia Energi Outlook, 2012).

Energi terbarukan sangat diperlukan untuk mencegah habisnya energi fosil, Biogas adalah energi terbarukan yang sangat tepat untuk digunakan karena Indonesia sendiri adalah negara dengan mayoritas penduduk beternak dan petani. Biogas sendiri terbuat dari bahan bakar kotoran sapi, selain dari kotoran sapi biogas dapat di buat dengan bahan bakar sampah baik sampah pasar, sampah rumah tangga ataupun sampah buah. Sampah yang dapat digunakan yaitu sampah basah, Sampah basah adalah sampah yang dapat terurai oleh mikroorganismenya, sedangkan sampah kering adalah sampah yang tidak dapat terurai oleh mikroorganismenya (Mappiratu, 2011).

Biogas sampah rumah tangga sangat tepat mengingat populasi penduduk Indonesia sendiri sangat banyak. Setiap hari banyak sampah yang dihasilkan dari aktifitas rumah tangga, namun tidak semua sampah rumah tangga dapat dijadikan bahan bakar biogas hanya sampah basah atau sampah organik yang dapat dimanfaatkan menjadi biogas. Hasil survey tentang kontribusi kegiatan terhadap sampah menunjukkan 73 % sampah berasal dari rumah tangga (sampah rumah tangga), 14 % dari hotel (sampah hotel), 5 % dari pasar (sampah pasar), dan 8% lainnya berasal dari terminal, rumah sakit, rumah makan, serta kantor (Kompas, 2008).

Biogas atau gas bio adalah salah satu jenis energi yang dapat dibuat dari beberapa jenis bahan buangan dan bahan sisa, semacam sampah, kotoran ternak,

jerami, Eceng gondok serta banyak bahan-bahan lainnya lagi. Pendeknya, segala jenis bahan yang termasuk senyawa organik, entah berasal dari sisa makanan dan kotoran hewan ataupun sisa tanaman, dapat dijadikan bahan biogas. Biogas merupakan campuran beberapa gas dengan komposisi sekitar 40 - 75 % metana (CH_4), 25 - 60 % karbon dioksida (CO_2), dan sekitar 2 % gas lain hidrogen, hidrogen sulfida dan karbon monoksida (Saputro et al, 2006).

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian diatas maka dapat dibuat perumusan masalah yaitu: Bagaimana pengaruh purifikasi KOH 1 M terhadap Laju Rambat api, Perilaku Ion dan Kalor Pembakaran api biogas sampah rumah tangga.

1.3 Tujuan

Berdasar uraian pada latar belakang, tujuan dari pengujian ini adalah:

1. Mengetahui laju rambat api biogas sampah rumah tangga dengan purifikasi KOH 1 M maupun tanpa purifikasi.
2. Mengetahui perilaku ion api biogas sampah rumah tangga dengan purifikasi KOH 1 M maupun tanpa purifikasi.
3. Mengetahui kalor pembakaran api biogas sampah rumah tangga dengan purifikasi KOH 1 M maupun tanpa purifikasi.

1.4 Manfaat

Manfaat yang dapat diambil dalam penelitian ini adalah;

1. Dapat mengurangi dan memanfaatkan limbah sampah rumah tangga.
2. Memberikan motivasi bagi Civitas Universitas Negeri jember untuk mengembangkan lebih jauh tentang biogas.

1.5 Batasan Masalah

Dengan kompleksnya permasalahan berkaitan dengan beberapa faktor yang dapat mempengaruhi pengambilan data dan analisa, diperlukan batasan dan asumsi agar mempermudah menganalisa terhadap permasalahan yaitu:

1. Model bentuk dan bahan material reaktor biogas menggunakan drum
2. Komposisi bahan biogas setiap kali pengisian dianggap sama
3. Kondisi suhu dan kelembapan ruangan dianggap tetap.
4. Komposisi biogas dan udara setiap pengujian dianggap sama.
5. Kandungan biogas dianggap hanya terdiri dari CH_4 dan CO_2 .
6. Biogas dianggap sebagai gas ideal.
7. Kalor yang hilang selama proses pengujian diabaikan

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Energi

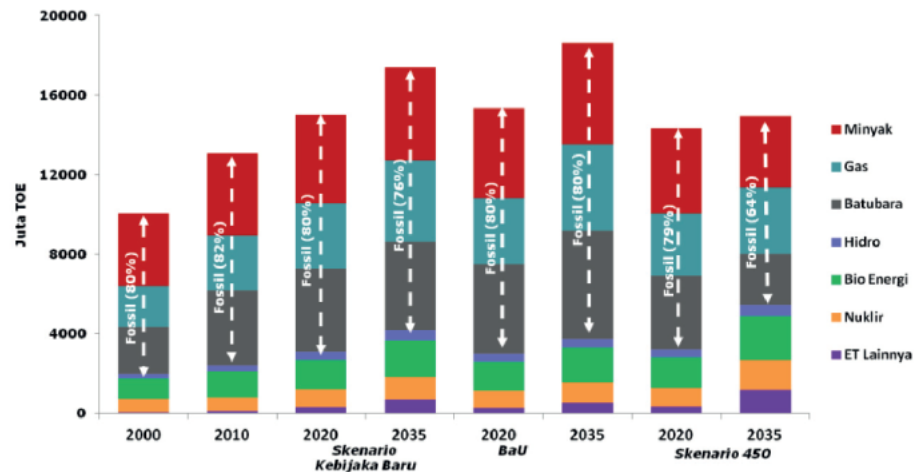
Energi sangat diperlukan dalam kehidupan sehari-hari terutama dalam menjalankan aktivitas perekonomian Indonesia, seperti halnya untuk kebutuhan konsumsi ataupun kebutuhan produksi. Indonesia merupakan negara yang kaya dengan sumber energi baik energi yang dapat diperbarui maupun tidak dapat diperbarui. Tetapi, pemakaian sumber daya energi lebih banyak menggunakan energi fosil yang bersifat *unrenewable resources* sedangkan energi yang bersifat *renewable* masih belum banyak digunakan. Hal ini menyebabkan ketersediaan energi alam atau fosil khususnya minyak bumi semakin menipis, yang menyebabkan Indonesia saat ini menjadi net importir minyak bumi (Ilminnafik et al, 2014). Ketergantungan manusia akan bahan bakar fosil menyebabkan cadangan sumber energi ini semakin menipis, dan juga berdampak pada pencemaran lingkungan. Hal ini membuat semua orang mengerti akan dampak bahaya dari bahan bakar fosil dan segera mungkin mengurangi penggunaannya (Hamidi et al, 2011).

Kebutuhan energi di dunia semakin lama semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk dan perkembangan ekonomi dunia (World Energy Outlook, 2013, IEA). Apabila tidak ada implementasi kebijakan baru sampai dengan pertengahan 2013, kebutuhan energi primer di perkirakan meningkat sekitar 45% lebih tinggi dibandingkan tahun 2011. Dan pada tahun 2020 kebutuhan energi tersebut akan terus meningkat dan mengalami perlambatan. Sementara jika diterapkan standart lingkungan yang lebih ketat kebutuhan energi primer hanya tumbuh sebesar 14% selama periode proyeksi (Indonesia Energi Outlook, 2014).

Pada tahun 2011, energi fosil yang digunakan tercatat sebesar 10.668 juta TOE atau 82% dari total kebutuhan, dan meningkat menjadi 14.898 juta TOE dan pangsaanya akan terus menurun menjadi menjadi 80% pada tahun 2035. Kebutuhan

batubara pada tahun 2011 sampai tahun 2035 akan mengalami peningkatan dibandingkan dengan kebutuhan energi fosil dan di tahun 2020 mengambil alih peran minyak dalam bauran energi primer. Pada tahun 2011, penggunaan batubara sebesar 3.773 juta TOE dan meningkat 44% pada tahun 2035. Tetapi pada skenario 450, dengan penerapan kebijakan lingkungan yang ketat, kebutuhan batubara mengalami penurunan sebesar 33% pada tahun 2035, hal ini disebabkan pertimbangan lingkungan (Indonesia Energi Outlook, 2014).

Pada tahun 2011, penggunaan energi terbarukan tercatat sebesar 1.727 juta TOE atau 13% dari total penggunaan energi. Diperkirakan, sampai dengan tahun 2035, kebutuhan energi terbarukan sesuai skenario kebijakan baru meningkat sebesar 44%, dan untuk skenario BaU sebesar 44%, sedangkan untuk skenario 450 sebesar 56%.



Sumber : World Energy Outlook, 2013

Note : * Tidak termasuk bunker internasional.

** mencakup penggunaan biomassa tradisional dan modern

Gambar 2.1. Kebutuhan Energi Primer Dunia (Sumber: Indonesia Energi Outlook, 2014)

2.2 Sampah

Sampah adalah berupa padatan yang dihasilkan dari aktivitas buangan manusia dan hewan, karena sudah tidak berguna atau diperlukan lagi (Tchobanoglous et al., 1993 dalam fadhilah et al, 2011). Pengertian sampah menurut SK SNI T – 13 – 1990 – F adalah limbah yang dianggap tidak berguna lagi dan harus dikelola limbah ini terdiri dari zat organik dan zat anorganik yang harus dikelola agar tidak membahayakan lingkungan dan juga dapat melindungi investasi pembangunan. Sedangkan menurut WHO, sampah adalah sesuatu yang tidak dipakai, tidak digunakan, tidak disenangi atau sesuatu yang dibuang berasal dari aktivitas manusia dan tidak terjadi dengan sendirinya (Chandra, 2007 dalam fadhilah et al, 2011). Sampah adalah sumber problem yang menimbulkan pencemaran di semua daerah. Sampah merupakan sisa aktivitas atau limbah yang berasal dari kegiatan pasar, organik, hotel, rumah tangga , stasiun dan rumah sakit serta terminal dan perkantoran. Hasil survey tentang kontribusi kegiatan terhadap sampah menunjukkan 14 % dari hotel (sampah hotel), 73 % sampah berasal dari rumah tangga (sampah rumah tangga), 5 % dari pasar (sampah pasar), dan 8% lainnya berasal dari terminal, rumah sakit, rumah makan, serta kantor (Kompas, 2008 dalam Mujaidah 2013).

2.2.1 Jenis-jenis sampah (Bahar, 1986 dalam fadhilah et al, 2011).

- a) *Garbage* atau sampah basah yaitu sampah yang berasal dari sisa pengolahan, sisa pemasakan, atau sisa makanan yang telah membusuk, tetapi masih dapat digunakan sebagai bahan makanan organisme lainnya.
- b) *Rubbish* atau sampah kering yaitu sampah sisa pengolahan yang tidak mudah membusuk dan dapat pula dibagi atas dua golongan, yaitu :
 - Sampah yang tidak mudah membusuk, tetapi mudah terbakar.
 - Sampah yang tidak mudah membusuk dan tidak mudah terbakar.

- c) *Ashes dan cinder*, yaitu berbagai jenis abu organik yang berasal dari kegiatan pembakaran.
- d) *Dead animal*, yaitu sampah yang berasal dari bangkai hewan.
- e) *Street sweeping*, yaitu sampah atau kotoran yang berserakan di sepanjang jalan.
- f) *Industrial waste* merupakan sampah berasal dari kegiatan rganik, sampah

2.2.2 Kandungan Sampah Sayuran

Sampah organik yang dihasilkan dari tumbuhan hasil budi daya dan pemeliharaan dapur rumah tangga, pasar, mengandung bahan organik yang lebih mudah membusuk, mengandung sedikit cairan dan lembab. Limbah ini dapat terdekomposisi dengan cepat karena mengandung bahan organik (Sutrisno, 2010). Komponen dan komposisi bahan sampah organik dapat dilihat dalam tabel dibawah:

Tabel: 2.1 Komponen dan komposisi bahan sampah organik

Komponen	Kandungan
Air (%)	30,0 - 60,0
Serat Kasar (%)	4,1 – 6,0
Lemak (%)	3,0 – 9,0
Amonium (mg/g sampah)	0,5 – 1,14
N organik (mg/g sampah)	4,8 – 14,0
Total nitrogen (mg/g sampah)	4,0 – 17,0
Protein (mg/g sampah)	3,1 – 9,3
Keasaman (ph)	5,0 -8,0

Sumber: (Hadiwiyoto, 1983 dalam Sutrisno 2010)

2.3 Biogas

Biogas merupakan gas yang dihasilkan dari dekomposisi bahan-bahan organik oleh bakteri pada kondisi tanpa udara (*anaerob*). Bakteri metanogenik dan bakteri asidogenetik berperan dalam pembentukan biogas, kedua bakteri ini secara alami

terdapat di dalam limbah organik. Bakteri metanogenik tidak aktif pada suhu yang sangat tinggi atau rendah. Temperatur optimumnya adalah 35 °C. Jika temperaturnya turun menjadi 10 °C maka produksi biogas akan berhenti. Produksi yang baik berada pada daerah mesofilik yaitu antara 25-30 °C. Untuk memperoleh biogas perlu adanya reaktor sebagai tempat pereaksi terjadinya fermentasi (Cundari et al, 2014). Dari ketiga tahapan proses diatas, maka kandungan biogas dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 2.2 Komposisi Biogas

No	Senyawa	% Berat
1	Metana (CH ₄)	55 – 57
2	Karbon Dioksida (CO ₂)	25 – 45
3	Nitrogen (N ₂)	0 – 0,3
4	Hidrogen (H ₂)	1 – 5
5	Oksigen (O ₂)	0,1 – 0,5
6	Hidrogen Sulfida (H ₂ S)	0 – 3

Sumber: (Andhika Prasetya, 2012 dalam Cundari et al, 2014)

Biogas memiliki berat 20% lebih ringan dibandingkan dengan udara dan memiliki nilai panas pembakaran antara 4800 – 6200 kkal/m³.

Gas yang terbentuk dari penguraian bahan organik oleh mikroorganisme terdiri dari campuran gas metana CH₄ (55-70%), CO₂ (25-50%), H₂O (1,5%), N₂ (0-0,5%), dan NH₃ (0-0,05%) (Deublein dan Steinhauser, 2008). Energi yang terdapat dalam biogas sangat berpengaruh pada konsentrasi metana (CH₄). Semakin tinggi kandungan metana maka semakin besar kandungan energi (nilai kalor) pada biogas,

dan semakin kecil nilai metana maka nilai kalor juga akan semakin kecil. Biogas dapat terbakar apabila terdapat kadar gas metan minimal 60% (Hessami et al., 1996).

2.3.1 Biogas Sampah Rumah Tangga

Sampah yang digunakan untuk pembuatan biogas sampah rumah tangga berupa sampah basah atau organik yaitu sampah yang dapat di urai oleh mikroorganisme. Pencampuran antara kotoran organik air adalah 1:1 pencampuran ini dilakukan agar mencapai fermentasi dalam keadaan optimal (Herlina Dewi. M, 2010 dalam mujahidah, 2014). Terdapat kandungan mikroba pada sampah basah rumah tangga berupa sisa makanan yang mungkin ada bahkan tidak ada yang berperan sebagai produksi gas metana. Untuk mengetahui ada atau tidaknya kandungan mikroba sampah basah rumah tangga diperlukan pengujian tanpa menggunakan starter kotoran sapi. Dengan pola organ tersebut, diterapkan perlakuan pengaruh konsentrasi starter dengan 5 tingkatan konsentrasi masing-masing 0% (a), 6,25% (b), 12,5% (c), 18,75% (d), dan 25% (e), (Mujahidah, 2013).

2.4 Absorpsi

Absorpsi adalah pemurnian gas metana, dengan cara mengikat gas karbon dioksida yang ada dalam biogas, sehingga gas yang ada dalam biogas berupa gas metana dengan cara purifikasi. Biogas sampah rumah tangga yang dihasilkan dalam penelitian ini akan di purifikasi menggunakan larutan purifikator KOH. Purifikasi ini dilakukan agar mendapatkan gas metana yang lebih besar. Absorpsi dibedakan menjadi dua jenis yaitu:

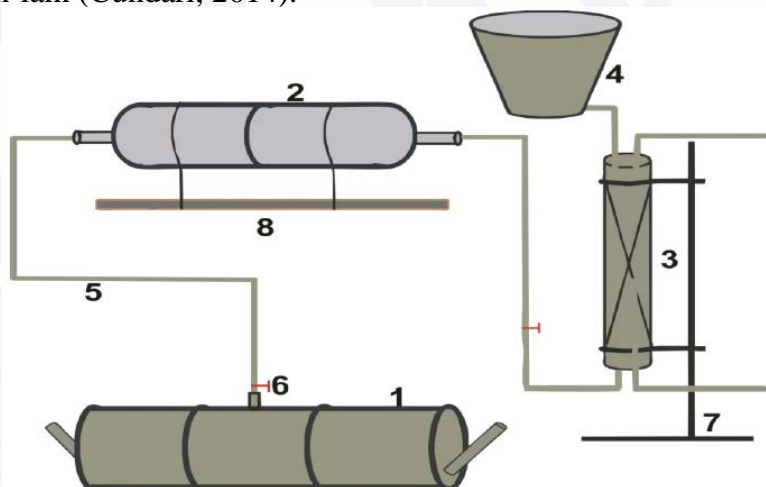
2.5.1 Absorpsi fisik

Absorpsi fisik adalah proses penyerapan gas cair yang disebabkan oleh Gaya Van Der Waals (penyebab terjadinya kondensasi untuk membentuk cairan

yang ada pada permukaan absorben), contohnya: absorpsi gas H_2S dengan pelarut air, metanol, atau propilen (Cundari, 2014).

2.5.2 Absorpsi kimia

Absorpsi kimia adalah absorpsi yang menggunakan zat absorben reaksi ini terjadi karena adanya reaksi antara zat yang diserap dengan absorben, contohnya: absorpsi gas CO_2 dengan pelarut Na_2CO_3 , $NaOH$, K_2CO_3 , KOH dan lain-lain (Cundari, 2014).



Gambar 2.2 Rangkaian alat penelitian (Maarif, Tanpa Tahun) (1). Digester, (2) Plastik penampung biogas, (3). Absorber, (4) Ember, (5) Selang, (6). Kran, (7) Statif dan klem, (8) Balok kayu pemberat.

Pada bagian atas menara pada konsentrasi dan laju alir tertentu, kemudian biogas dialirkan pada bagian bawah kolom. Terjadi kontak dan reaksi kimia antara gas dan cairan. Tiap interval waktu 3 menit, larutan $NaOH$ setelah diabsorpsi diambil untuk dianalisa. Jumlah CO_2 yang terserap dianalisa dengan metode acidi-alkalimetri (Maarif, (Tanpa Tahun).

Selain contoh-contoh di atas, ada lagi cara pemurnian biogas dengan cara pemurnian dengan berbagai macam metode, seperti penyerapan gas penyerapan gas H_2S , CO_2 , siloxane removal dan lain sebagainya (Hamidi et al., 2011).

Selain itu banyak cara melakukan pemurnian biogas antara lain:

- a. Permeasi melalui membrane
- b. Kondensasi
- c. Absorpsi menggunakan padatan
- d. Absorpsi dengan menggunakan larutan penyerap
- e. Konversi kimia menjadi larutan lain

Proses pemurnian biogas bisa terdiri dari dehidrasi sederhana sampai pemisahan secara sempurna kandungan H_2O , H_2S , CH_4 , dan CO_2 . Penyerapan menggunakan bahan penyerap padat atau cair baik dilakukan secara kimia maupun fisika (Prasetya, 2012).

2.5 Nyala Api

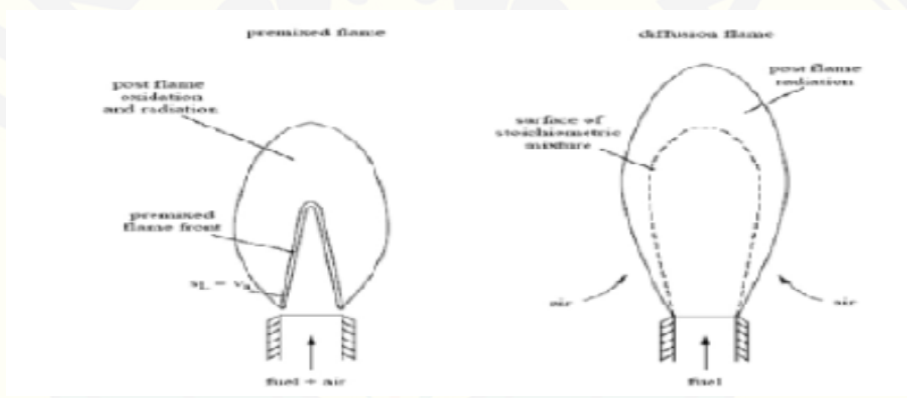
2.5.1 Pembakaran Difusi

Pembakaran difusi adalah Pengoksidasian udara dimana bahan bakar dan pengoksidasi tidak dicampur secara mekanik, melainkan bercampur sendiri secara alami dengan proses difusi. Contoh proses pembakaran difusi antara lain seperti api kebakaran, nyala lilin, pembakaran di turbin gas, serta pembakaran pada mesin diesel dan masih banyak lagi. Pada api difusi, panas yang dibangkitkan di dalam zona reaksi didifusikan keluar sehingga lebar distribusi temperatur hampir sama dengan lebar daerah difusi. Pembakaran akan berlangsung jika pencampuran bahan bakar dan udara (O_2) dengan proses difusi ini mencapai kondisi mendekati stoikiometri, dan panas yang dilepas oleh api di daerah pencampuran tersebut sudah cukup. Api tidak akan terbentuk ketika konsentrasi udara di daerah pengoksidasi dan konsentrasi bahan

bakar di daerah bahan bakar rendah serta pengaruh pendinginan dari luar, suhu pada daerah reaksi menjadi rendah (Putranto, 2014).

2.5.2 Pembakaran Premix

Pembakaran Premix adalah Pembakaran yang dihasilkan ketika bahan bakar bercampur dengan oksigen secara sempurna sebelum diberikan nyala api. Warna api yang dihasilkan dari pembakaran premix adalah berwarna biru. Komposisi bahan bakar akan mempengaruhi laju pertumbuhan api.



Gambar 2.3 Nyala api, Sumber: (Putri,2009).

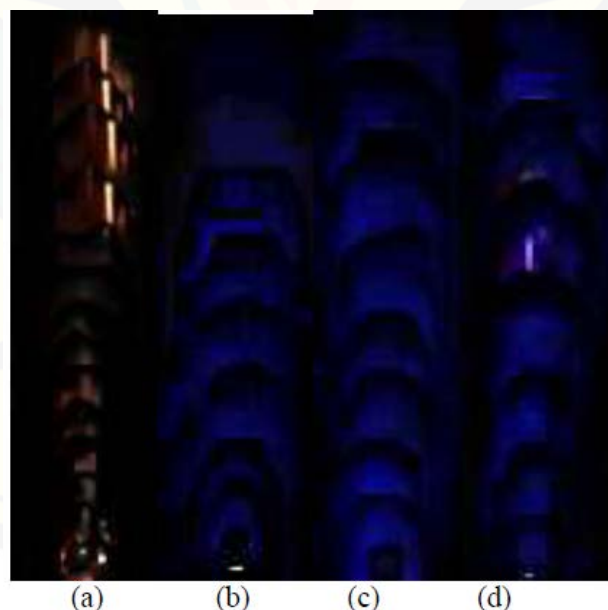
2.5.3 Rambat api dengan purifikator NaOH

Rambat api dalam biogas sangat perlu diuji dan diketahui karena sangat berpengaruh pada kecepatan nyala api dan tekstur api karena jika nyala api kurang maka akan berpengaruh pada nilai kalor. Semakin besar kadar gas metana maka laju rambat api akan semakin cepat sebaliknya jika kadar CO_2 juga sangat mempengaruhi pola rambat api, hal ini dikarenakan CO_2 sebagai *inhibitor* atau penghambat pada saat proses pembakaran berlangsung.

Penelitian dilakukan dengan cara menyiapkan campuran biogas yang telah dimurnikan dengan udara menggunakan Cylinder Pneumatic dan AFR 9,5. Lalu

dicampurkan dengan menggunakan kantong plastik kemudian campuran udara ini dimasukkan kedalam *Helle-Shaw cell*. Setelah terisi diberikan percikan api dengan menggunakan pemantik sehingga terjadi pembakaran pada *Helle-Shaw cell*. Secara bersamaan pemantik dinyalakan dengan melakukan perekaman menggunakan kamera. Hasil pembakaran pada *Helle-Shaw cell* yang terekam dari kamera video dipindah ke komputer menjadi file AVI dengan program DVD Video Soft Free Studio kemudian potong video sehingga mendapatkan video yang lebih pendek dengan menggunakan Kate's Video Splitter 7.0. Dari hasil potongan video diekstrasi menjadi gambar diam dalam sejumlah frame yang tersusun berurutan dari saat menyala pertama sampai padam menggunakan program DVD Video Soft Free Studio (Ilminnafik et al, 2014). Berikut hasil pengujian laju rambat api:

Hasil penelitian tentang gambar rambat api dengan berbagai variasi konsentrasi NaOH dapat dilihat pada Gambar berikut:



Gambar 2.4 Pengaruh purifikasi dan lama kontak biogas terhadap gambar rambat
(Ilminnafik, 2014)

- a. Sebelum perlakuan
- b. Dengan purifikasi NaOH 25% lama kontak 20 menit
- c. Dengan purifikasi NaOH 25% lama kontak 40 menit
- d. Dengan purifikasi NaOH 25% lama kontak 60 menit



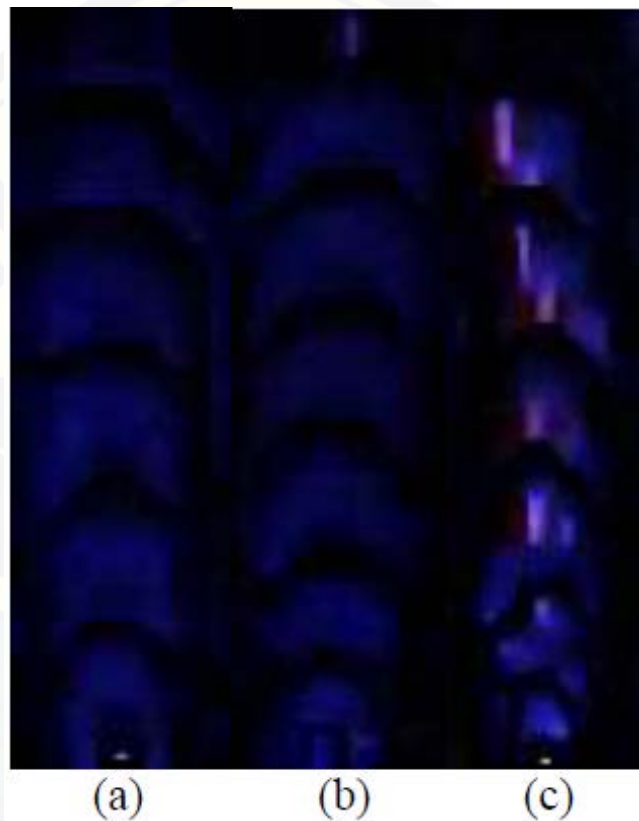
Gambar 2.5 Pengaruh purifikasi dan lama kontak biogas terhadap gambar rambat api

Sumber: (Ilminnafik et al, 2014).

- a. Sebelum perlakuan
- b. Dengan purifikasi NaOH 35% lama kontak 20 menit
- c. Dengan purifikasi NaOH 35% lama kontak 40 menit
- d. Dengan purifikasi NaOH 235% lama kontak 60 menit

Dari Gambar 3a menunjukan jarak antar flame sangat berdekatan dan pada gambar rambatapi setelah prifikasi jarak antar flame mulai berjauhan ditunjukkan oleh

Gambar 3b, Gambar 3c dan Gambar3d. Pada Gambar 4c jarak antar flame lebih berjauhan dibanding pada Gambar 4a dan Gambar 4b.



Gambar 2.6 Pengaruh purifikasi dan lama kontak biogas terhadap gambar rambat (Ilminnafik et al, 2014).

- a. Sebelum perlakuan
- b. Dengan purifikasi NaOH 45% lama kontak 20 menit
- c. Dengan purifikasi NaOH 45% lama kontak 40 menit
- d. Dengan purifikasi NaOH 45% lama kontak 60 menit

Pada Gambar 5c jarak antar flame lebih berjauhan dibanding pada Gambar 5a dan Gambar 5b.

2.6 Air Fuel Ratio (AFR)

Dalam suatu proses pembakaran kandungan bahan bakar, kandungan udara (oksigen), kalor, dan reaksi kimia, sangat perlu diperhatikan. Perbandingan campuran bahan bakar dan udara memegang peranan yang penting dalam menentukan hasil proses pembakaran. Penelitian yang dilakukan oleh Buffam & Cox (2008), Untuk dapat berlangsung pembakaran bahan bakar, maka dibutuhkan oksigen yang diambil dari udara. Udara mengandung 21 sampai 23% oksigen dan kira-kira 78% nitrogen, lainnya sebanyak 1% Argon dan beberapa unsur yang dapat diabaikan. Untuk keperluan pembakaran, oksigen tidak dipisahkan dari unsur lainnya tapi disertakan bersama-sama (Tompul, 2012).

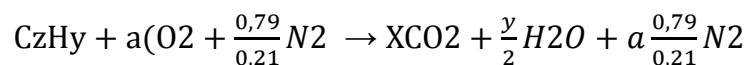
Perbandingan jumlah udara dengan bahan bakar disebut dengan Air Fuel Ratio (AFR). Perbandingan ini dapat dibandingkan baik dalam jumlah massa ataupun dalam jumlah volume

$$AFR = \frac{m \text{ fuel}}{m \text{ air}} = \frac{v \text{ fuel}}{v \text{ air}}$$

Besarnya AFR dapat diketahui dari uji coba reaksi pembakaran yang benar-benar terjadi, nilai ini disebut AFR aktual. Sedangkan AFR lainnya adalah AFR stoikiometri, merupakan AFR yang diperoleh dari persamaan reaksi pembakaran. Dari perbandingan nilai AFR tersebut dapat diketahui nilai Rasio Ekuivalen (ϕ)

$$\phi = \frac{AFR \text{ sto}}{AFR \text{ akt}}$$

Untuk dapat mengetahui nilai AFR, maka harus dihitung jumlah keseimbangan atom C, H dan O dalam suatu reaksi pembakaran. Adapun rumus umum reaksi pembakaran yang menggunakan udara kering adalah :



Untuk menghitung AFR biogas dengan cara sebagai berikut:

$$S = 32,06 ; O = 16 ; N = 14 ; C = 12 ; H = 1$$



Udara : 21% O₂ dan 79% N₂

$$\begin{aligned} \text{Stokimetri AFR Biogas berbasis masa : } \frac{\text{Udara}}{\text{Bahan bakar}} &= \frac{2(32+105,28)}{12+4} \\ &= \frac{274,56}{16} = \frac{17,16 \text{ mol udara}}{1 \text{ mol biogas}} \end{aligned}$$

2.7 Sensor Ion

Arus listrik terjadi akibat perpindahan elektron negatif ke elektron positif. Ion merupakan suatu atom yang kelebihan atau kekurangan elektron. Ion disebut juga sebagai atom yang bermuatan listrik. Ion terbentuk akibat adanya penerimaan atom ini dinamakan ion negatif dan apabila atom melepas elektron sehingga atom kekurangan elektron dinamakan sebagai ion positif. Ion merupakan suatu atom atau molekul yang terjadi akibat pelepasan atau penerimaan ion.

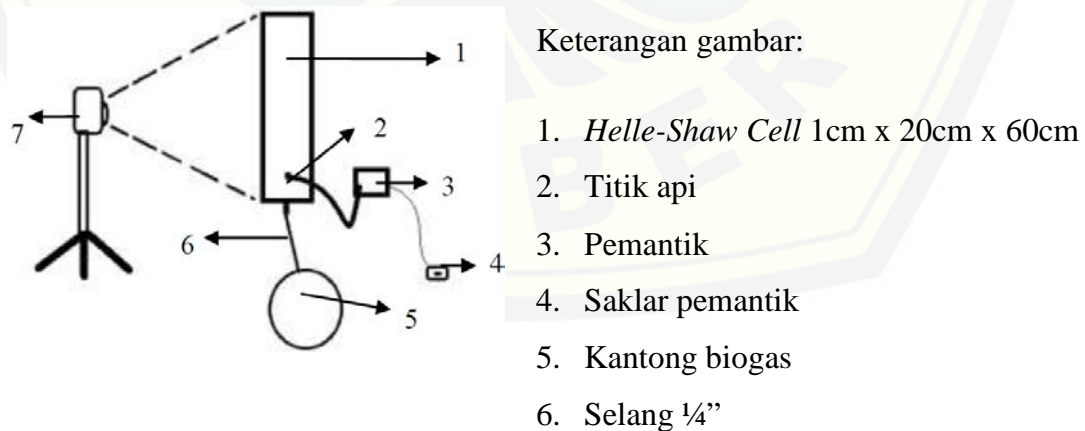
Konsentrasi ion di kisaran 10⁹-10¹² ion-cm⁻³ dalam api hidrokarbon/udara, dengan konsentrasi tertinggi terjadi ketika asetilena menjadi bahan bakarnya (Fialkov, 1997) Ionisasi pembakaran merupakan ion – ion yang terbentuk dari hasil pembakaran bahan bakar dalam ruang bakar. Pada proses pembakaran, bahan bakar dan udara bereaksi melepas energi yang dimilikinya dan membentuk molekul baru. Tumbukan antar molekul pada reaktan dalam reaksi pembakaran menyebabkan elektron terlepas dari atom sehingga atom bermuatan positif (Ilminnafik, 2012: 33). Jadi agar reaksi pembakaran dapat berlangsung maka molekul-molekul bahan

bakar dibuat bermuatan dengan cara melepas satu atau beberapa elektron dari kulit terluar atom atau memutus ikatan rantai molekul. Radikal bebas ini jika menghamtam (menumbuk) molekul lainnya dapat menyebabkan jarak ikatan molekul tersebut merenggang dan mengkerut secara periodic (Akbar et al, 2014). Selain menghasilkan atom bermuatan positif, produk dari reaksi pembakaran juga menghasilkan atom bermuatan negatif yang kemudian menjadi elekton bebas.

Sumber utama ion dalam pembakaran hidrokarbon seperti reaksi kimia ionisasi $\text{CH} + \text{O} \leftrightarrow \text{CHO}^+ + \text{e}^-$ diikuti dengan cepat oleh reaksi pertukaran muatan $\text{CHO} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{CO}$. H_3O^+ adalah ion yang dominan dari keduanya dan sedikit kaya api hidrokarbon (Calcote, 1994).

2.8 Pengujian Dengan *Helle-Shaw Cell*

Pengujian ini dilakukan dengan cara pencampuran bahan bakar biogas yang sudah di purifikasi dan yang belum dipurifikasi kemudian dimasukkan kedalam bahan bakar *Helle-Shaw Cell*. Cepat rambat api dan perilaku ion dapat diukur dengan cara memantikan listrik yang ada didalam ruang bakar *Helle-Shaw Cell*. Berikut adalah gambar dari alat *Helle-Shaw Cell*:



Gambar 2.7 Skema Pengujian Perilaku Ion (Ilminnafik at al, 20014)

Terdapat aluminium pada dinding tengah *helle-shaw cell* yang telah terhubung dengan kabel berfungsi untuk mendeteksi perilaku ion dari api. Ledakan api yang terjadi pada ruang bakar akan langsung masuk kedalam komputer dengan satuan voltage.

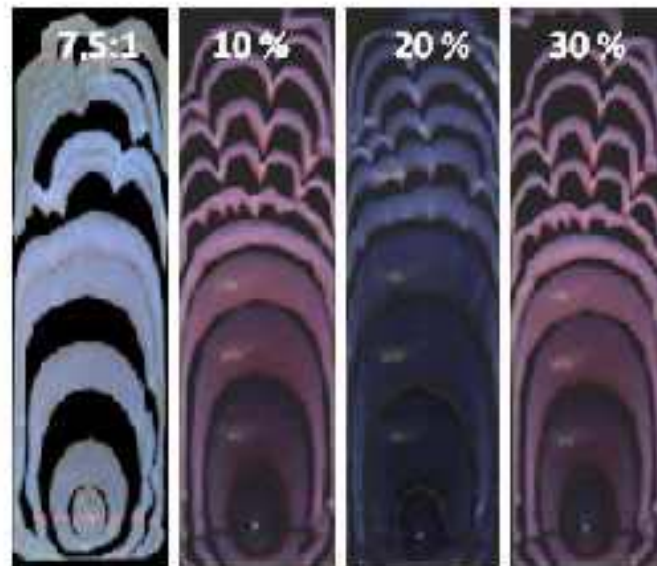
2.9 Penelitian Terdahulu

2.9.1 Laju Rambat Api biogas

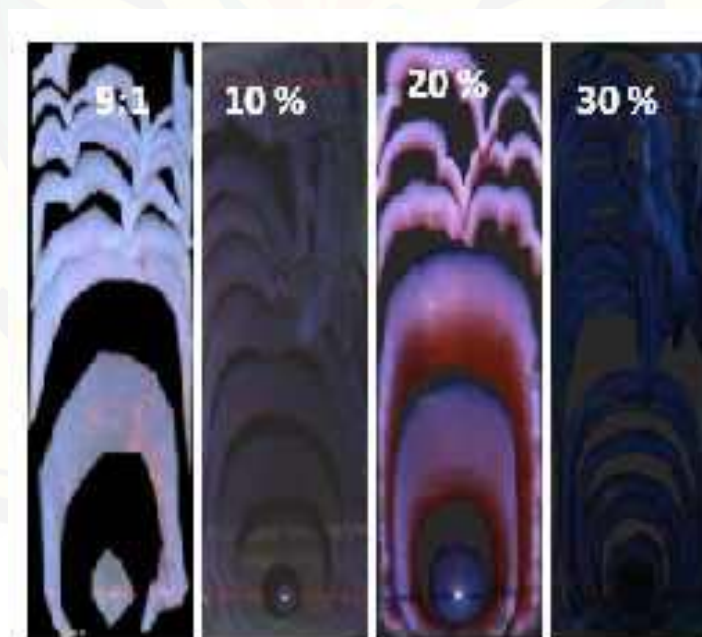
Laju rambat api sangat perlu untuk diteliti karena berpengaruh terhadap nilai kalor suatu api, jika laju rambat api semakin cepat maka nilai kalor api semakin tinggi bahkan sebaliknya. Di dalam biogas kadar CO₂ sangat berpengaruh terhadap laju rambat api, dikarenakan gas CO₂ merupakan gas penghambat pada proses pembakaran.

Pada penelitian terdahulu yang meneliti tentang laju rambat dengan memvariasikan gas CO₂ ke dalam gas CH₄ dilakukan oleh (Uwar, 2012). Metode yang dilakukan untuk mengetahui cepat rambat api yaitu dengan menggunakan alat *helle-shaw cell* dengan merekam cepat rambat api menggunakan kamera. Variabel yang diamati dalam penelitian ini adalah kecepatan rambat api premixed pada ruang bakar. Perlakuan yang diberikan adalah variasi campuran bahan bakar/udara tanpa dan dengan CO₂ pada berbagai bahan bakar-udara (AFR) yang diberikan dari 7,5:1 sampai 10:1 dengan interval kenaikan bahan bakar sebesar 0.5 %. Penambahan CO₂ pada berbagai perbandingan bahan bakarudara sebesar 10%, 20% dan 30%.

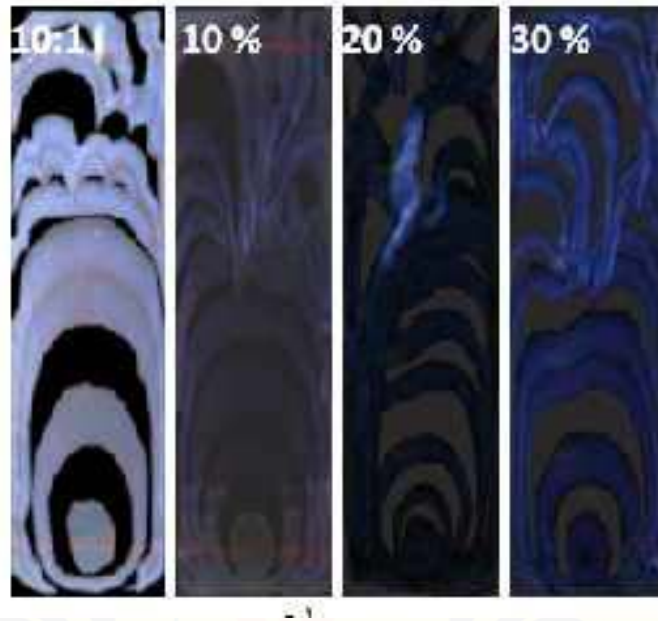
Dari hasil penelitian dengan Hasil penelitian untuk pola rambatan api pada berbagai campuran AFR tanpa dan dengan penambahan CO₂ ditunjukkan pada Pola Rambatan api CH₄ tanpa dan dengan penambahan CO₂ (Uwar, 2012).



Gambar 2.8 Pola rambat api pada berbagai campuran CO₂ 10%, 20% dan 30% pada AFR (mol bb/mol udara) 7,5 : 1 (Uwar, 2012).

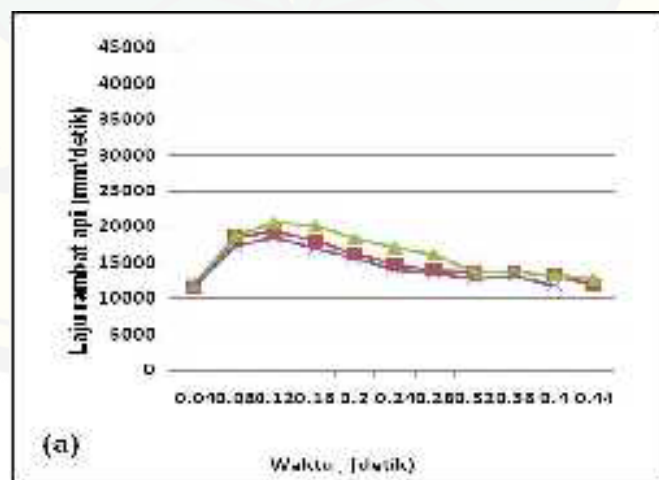


Gambar 2.9 Pola rambat api pada berbagai campuran CO₂ 10%, 20% dan 30% pada AFR (mol bb/mol udara) 9 : 1 (Uwar, 2012)

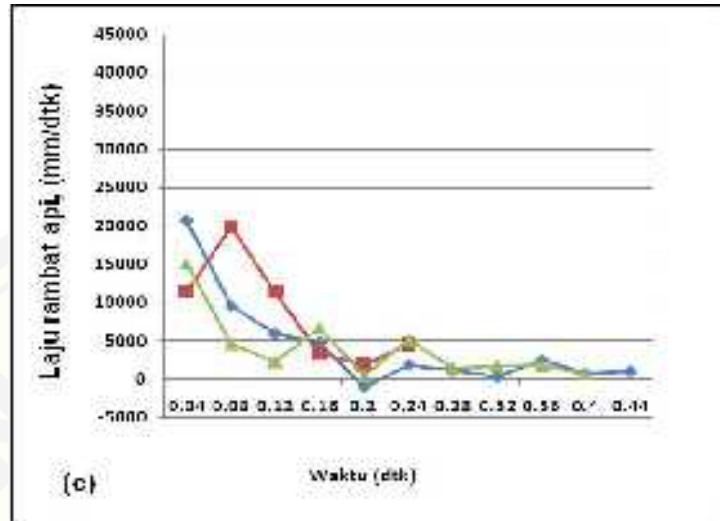


Gambar 2.10 Pola rambat api pada berbagai campuran CO₂ 10%, 20% dan 30% pada AFR (mol bb/mol udara) 10 : 1. 2.10.2 (Uwar, 2012)

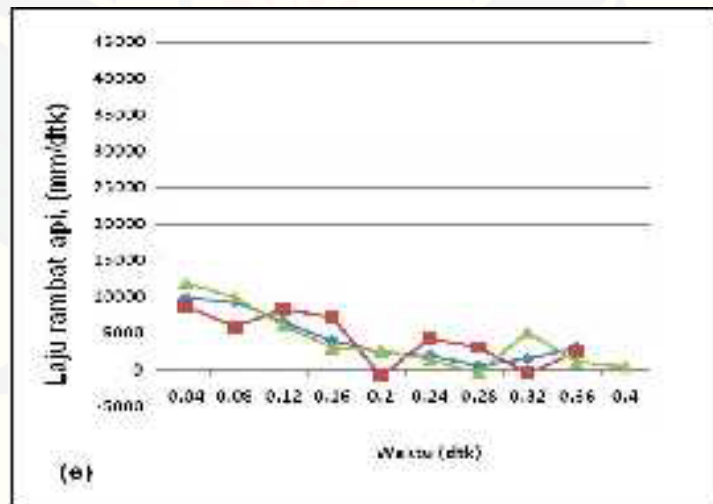
Dari hasil rekaman yang dilakukan diatas kemudian menganalisa laju rambat api sesaat CH₄ dengan CO₂ menggunakan grafik.



Gambar 2.11 Grafik laju rambat api sesaat CH₄ dengan CO₂ pada AFR 7,5:1



Gambar 2.12 Grafik laju rambat api sesaat CH_4 dengan CO_2 pada AFR 9:1



Gambar 2.13 Grafik laju rambat api sesaat CH_4 dengan CO_2 pada AFR 10:1

Dari grafik pada gambar 2.13 sampai 2.15 menunjukkan bahwa dengan penambahan CO_2 pada laju rambat api sesaat dengan AFR 7,5:1 pada campuran 10% sebesar 12682 mm/detik. 20% 12568 mm/detik 30% 11944 mm/detik. AFR 9:1 pada campuran 10% sebesar 20700 mm/detik. 20% 19948 mm/detik 30% 15012 mm/detik.

AFR 10:1 pada campuran 10% sebesar 9918 mm/detik. 20% 8705 mm/detik 30% 12004 mm/detik (Uwar, 2012). Hal ini menunjukkan bahwa dengan penambahan CO₂, membuat proses pembakaran tidak stabil disebabkan karena konsentrasi CO₂ mampu menghalangi reaksi pembakaran sehingga laju rambatan api menurun.

2.9.2 Pengujian Sensor Ion

Penelitian perilaku ion yang telah dilakukan oleh Rofik (2015) pada biogas sebelum dan setelah purifikasi menggunakan larutan KOH 4 M selama 15 menit pada proses pembakaran biogas di ruang bakar *Helle-Shaw Cell*. Hasil penelitian ditunjukkan pada

Tabel 2.3 Data hasil pengujian sensor ion

Pengujian	1	2	3	4	5
Sebelum purifikasi	12,361 v	13,074 v	15,224 v	17,104 v	15,665 v
Purifikasi 4 M	36,473 v	31,053 v	39,552 v	24,850 v	33,476 v

Sumber: Rofik (2015)

Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa terjadi kenaikan tegangan sebanyak 18,395 volt pada biogas yang telah dipurifikasi dengan KOH 4M. Hal ini menunjukkan ion-ion yang terbentuk dari hasil pembakaran dalam ruang bakar lebih banyak pada biogas yang setelah dipurifikasi dengan KOH 4M (Rofik, 2015).

2.10 Hipotesa

Larutan KOH yang digunakan untuk purifikasi bersifat hikoskopolis yang berguna untuk menurunkan kadar CO₂. Purifikasi yang dilakukan dalam penelitian berfungsi untuk menurunkan kadar CO₂ sehingga meningkatkan kualitas biogas.. Peningkatan kualitas biogas akan menghasilkan kalor pembakaran semakin besar, sehingga laju rambat api akan semakin cepat serta tegangan ion pada pembakaran akan semakin besar. Pengurangan kadar zat penghambat memungkinkan terjadinya tumbukan efektif semakin besar sehingga reaksi tumbukan reaktan dapat berlangsung dengan baik.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, yaitu suatu metode yang digunakan untuk pemurnian biogas dengan konsentrasi larutan KOH 1 molar terhadap kualitas biogas. Pemurnian biogas dilakukan dengan proses absorpsi yaitu penyerapan gas koarbondioksida (CO_2) yang ada dalam biogas dengan menggunakan larutan KOH. Biogas di alirkan kedalam larutan KOH secara kontinyu untuk menyerap gas CO_2 yang ada dalam biogas.

Pengujian dilakukan dengan cara menguji gas sebelum purifikasi, pengujian ini dilakukan guna mengetahui karakteristik termal, cepat rambat api serta sensor ion gas hasil purifikasi dilakukan pengujian juga guna mengetahui perbedaan antara gas sebelum purifikasi dan sesudah purifikasi.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

3.2.1 Tempat Penelitian

- a. Penelitian Pemurnian Biogas, Cepat Rambat Api Biogas, Perilaku Ion dan Kalor Yang Diserap Air

Penelitian pemurnian biogas dilakukan setelah reaktor dan alat purifikasi biogas selesai dikerjakan di Laboratorium Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

3.2.2 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama kurang lebih 4 bulan pada bulan Februari 2017 – Mei 2017

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Pembuatan Alat Purifikasi Biogas

Alat yang digunakan:

- Mesin bor
- Pisau
- Penggaris
- Gergaji besi

Bahan yang digunakan:

- Kaca
- Larutan KOH 1 molar

3.3.2 Penelitian Cepat rambat api

Alat yang digunakan:

- Ruang Bakar Model *Helle-Shaw Cell* 1cm x 20cm x 60cm
- Cylinder Pneumatic diameter 5cm dan panjang 30cm
- Pemantik api dengan voltase sekitar 20.000 volt
- Stopwatch
- Kamera Fujifilm high speed 60 frame/s 1.280x720 , 120 frame/s 640x480, 240 frame/s 224x168, 480 frame/s 224x168, dan 1000 frame/s 224x64.
- Komputer untuk menyimpan data penelitian.
- Kabel pemantik
- Selang 3/4"
- Clam selang
- Pipa 2"

Bahan yang digunakan:

- Biogas sebelum purifikasi dan sesudah purifikasi

3.3.3 Penelitian kalor pembakaran api biogas

Alat yang digunakan:

- Kompor biogas “Butterfly” berstandart ISO 9001
- Thermometer air raksa
- Wajan alumunium
- *Stopwatch*
- Pemantik api

Bahan yang digunakan:

- Biogas sebelum purifikasi dan sesudah purifikasi

3.4 Variabel Penelitian

3.4.1 Variabel Bebas

Variabel bebas yaitu variabel yang bebas ditentukan oleh peneliti sebelum melakukan penelitian. Variabel bebas yang digunakan adalah Air Fuel Ratio (AFR) dengan perbandingan antara 1:4, 1:5, 1:6, 1:7, 1:8.

3.4.2 Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang besarnya tidak dapat ditentukan oleh peneliti, tetapi besarnya tergantung pada variabel bebasnya. Variabel terikat yang diuji meliputi data hasil purifikasi biogas KOH 1 molar antara lain:

1. Kalor pembakaran
2. Perilaku ion
3. Kecepatan rambat api

3.4.3 Variabel Kontrol

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

1. Perbandingan biogas dengan udara bebas
2. Lama waktu purifikasi

3.5 Metode Pengumpulan dan Pengolahan Data

Data- data yang digunakan dalam pengujian ini meliputi:

- a. Data primer, merupakan data yang dihasilkan secara langsung dari hasil pengujian nilai kalor, rambat api, perilaku ion pada masing-masing pengujian
- b. Data sekunder, merupakan data yang diperoleh dari literatur perhitungan maupun hasil dari pengujian.

3.6 Pengamatan yang dilakukan

Pengamatan yang dilakukan pada penelitian ini meliputi:

1. Kalor pembakaran
2. Perilaku ion
3. Kecepatan rambat api

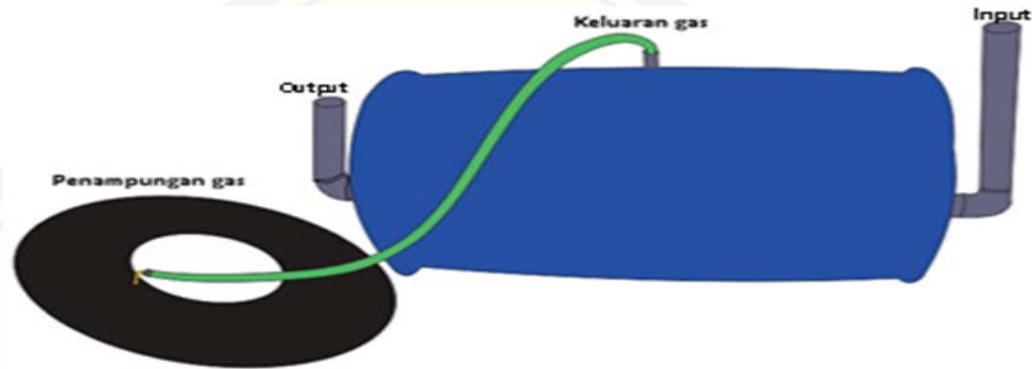
3.7 Tahap penelitian dan Prosedur penelitian

Prosedur penelitian dilakukan guna memperoleh data hasil pemurnian biogas konsentrasi KOH 1 molar. Tahapan penelitian tersebut antara lain meliputi:

3.7.1 Pembuatan Biogas

Biogas dibuat dari bahan sampah rumah tangga yang diambil dari warung Preng jalan mastrip dan Mbelnger jalan karimata dengan perbandingan rasio air dan

sampah rumah tangga 1:2 dengan menambahkan starter kotoran sapi 6,25%. Pembuatan reaktor biogas menggunakan bahan drum bekas, dengan tinggi 93 cm dan diameter 58 cm. Desain terdiri dari saluran masukan limbah sampah, saluran pengeluaran limbah sampah dan saluran gas yang berada diatas drum.



Gambar 3.1 Desain reaktor biogas

3.7.2 Pembuatan Alat Purifikasi Biogas

Pembuatan alat purifikasi biogas dibuat dengan menggunakan bahan kaca sebagai alat purifikasi, dengan desain ukuran purifikasi 5.5 L dan terdapat selang di dalamnya sebagai keluaran dan masukan biogas dan terdapat juga lubang kecil di ujung selang sebagai keluaran gelembung biogas.

Saluran masuk biogas

Saluran Keluar Biogas

Toples Purifikasi



Gambar 3.2 Alat purifikasi

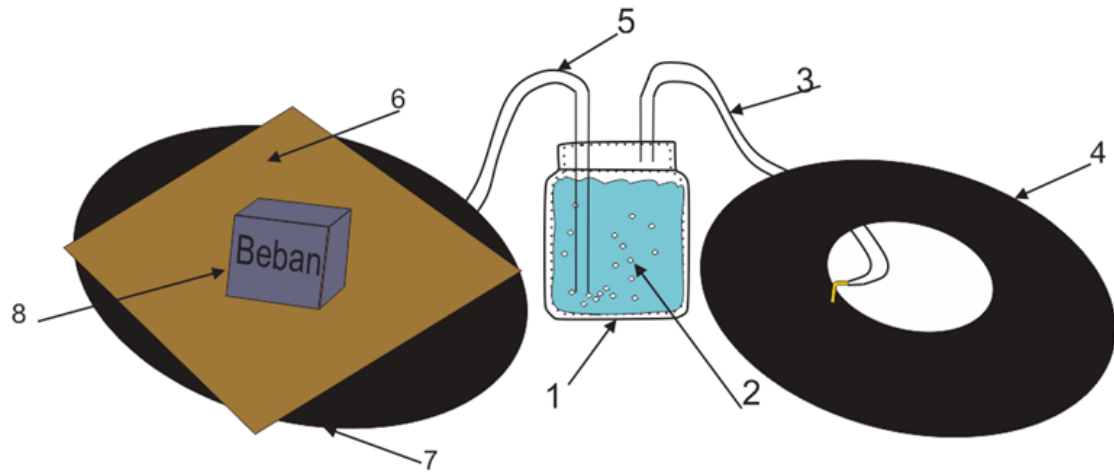
3.7.3 Penyiapan KOH

Untuk bahan KOH dapat dibeli di toko-toko kimia, takaran larutan KOH yang digunakan yaitu 4 mol dengan berbasis volume.

3.7.4 Penyiapan Pemurnian biogas

Pemurnian biogas sangat perlu diperhatikan dalam pembuatan reaktor biogas, saluran pipa, serta alat purifikasi agar tidak terjadi kebocoran dan menimbulkan hilangnya biogas. Agar dalam pembuatan reaktor biogas, saluran pipa dan alat purifikasi dengan baik berikut adalah tahap pembuatannya:

1. Mengecek reaktor dan alat purifikasi apakah terjadi kebocoran.
2. Mendesain sirkulasi alat purifikasi biogas (Gambar 3.3).
3. Memasukkan KOH dengan molaritas 1 mol ke dalam alat purifikasi.
4. Memasang alat purifikasi

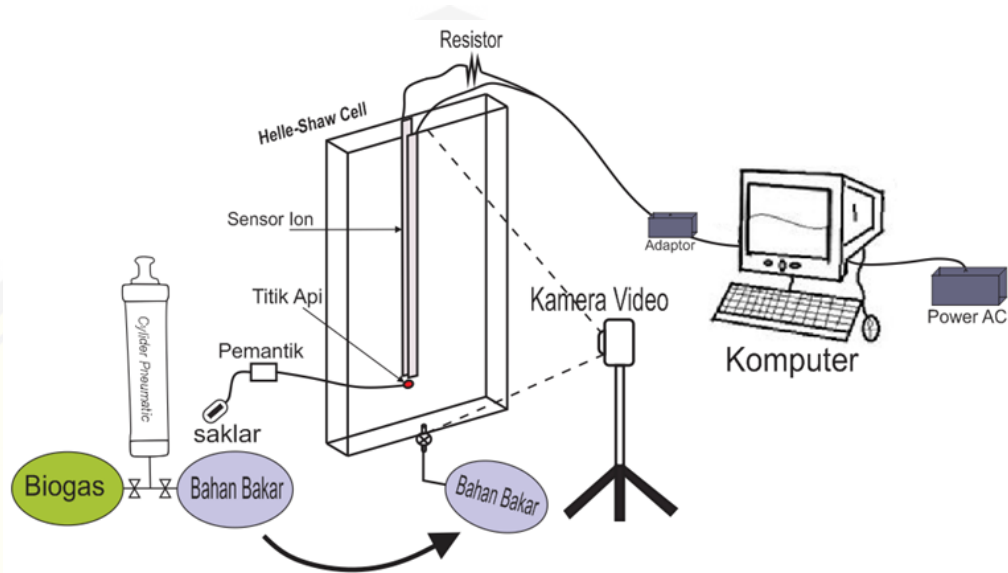


Gambar 3.3 Alat Purifikasi Biogas

3.7.5 Pengujian Perilaku Ion

Pengujian rambat api direkam dengan menggunakan kamera resolusi tinggi dan pengamatan perilaku ion yang diperoleh dari sensor pada ruang *bakar helle-shaw*

cell yang telah terhubung dengan komputer, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Skema perilaku Ion dan perekaman rambat api

Keterangan gambar:

1. Helle-Shaw Cell 1cm x 20cm x 60cm
2. Titik api terletak pada ketinggian 50 mm dari dasar helle-shaw cell
3. Pemantik api 1,5 Volt
4. Saklar pemantik
5. Kantong campuran bahan bakar dan udara
6. Pipa ¼"
7. Kamera Fujifilm high speed 60 frame/s 1.280x720 , 120 frame/s 640x480, 240 frame/s 224x168, 480 frame/s 224x168, dan 1000 frame/s 224x64.
8. Sensor Ion
9. Komputer

Langkah pengamatan yang harus dilakukan dalam penelitian sensor ion adalah menyiapkan bahan bakar biogas yang sudah dimurnikan dengan larutan KOH 1 mol. Biogas diambil dari ban dengan menggunakan Cylinder Pneumatic dengan AFR 4:1 ntk biogas sebelum dipurifikasi dan 4,7:1 ntk biogas yang sudah dipurifikasi. Udara dan biogas tersebut kemudian dimasukkan ke dalam kantong plastik yang kemudian dimasukkan ke dalam ruang bakar *Helle-Shaw cell* dengan menggunakan saluran pipa.

Pada saat memasukkan campuran biogas dan udara penutup juga ikut diangkat agar biogas dapat terisi ke dalam ruang bakar. Setelah terisi penuh dalam ruang bakar *Helle-Shaw cell* pemantik dinyalakan untuk mendapatkan percikan api dan membakar bahan bakar yang ada di dalam *Helle-Shaw cell*. Didalam *Helle-Shaw cell* terdapat aluminium foil yang berfungsi untuk memunculkan tahanan yang ada pada api biogas. Setelah mengetahui tahanan api tersebut maka akan dikonversi ke dalam bentuk voltage oleh computer. Data yang diperoleh di dalam computer berupa grafik, kemudian dianalisa perilaku ion sebelum biogas di purifikasi dan sesudah dipurifikasi dengan larutan KOH 1 mol.

3.7.6 Pengujian Laju Rambat Api

Untuk pengujian laju rambat api diperlukan campuran biogas yang telah dipurifikasi dengan udara yang dimasukkan ke dalam kantong plastik menggunakan Cylinder Pneumatic yang sudah dicampur dengan AFR. Pencampuran biogas dan AFR yang ada di kantong plastik kemudian ditekan dan dimasukkan ke dalam ruang bakar *Helle-Shaw cell* setelah terisi penuh pemantik yang ada dalam *Helle-Shaw cell* dinyalakan untuk menghasilkan percikan api. Secara bersamaan saat dinyalakan pemantik dilakukan juga perekaman menggunakan kamera video yang kemudian dipindahkan ke computer menjadi file AVI menggunakan program DVD Video Soft Free Studio kemudian video dipotong sesuai kebutuhan hasil yang diinginkan dengan menggunakan Kate's Video Splitter 7.0.

6. Selang ¼”
7. Kamera Fujifilm high speed 60 frame/s 1.280x720

3.7.7 Akhir Pengambilan Data

Setelah proses dalam pengambilan data selesai, langkah berikutnya yaitu merekap dan menyimpan data hasil penelitian.

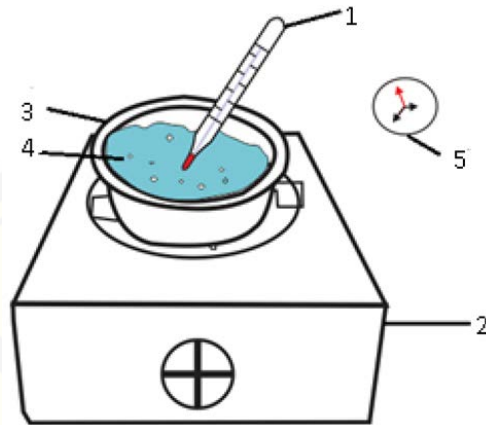
3.8 Analisis Data

Untuk pencatatan dari hasil pengujian pemurnian biogas menggunakan larutan KOH 1 mol dan tanpa pemurnian dilakukan pengambilan data 3 kali untuk cepat rambat api dan perilaku ion agar mendapatkan data yang akurat serta sebagai perbandingan.

Pemurnian biogas menggunakan larutan KOH 1 mol guna mengetahui karakteristik termal, bahan bakar biogas dialirkan kedalam alat purifikasi biogas dan setelah selesai gas hasil pemurnian disimpan ditabung untuk proses pengujian cepat rambat api dan perilaku ion.

3.8.1 Pengujian Kalor Pembakaran Api Biogas Yang Diserap Air

Pengujian kalor pembakaran api biogas yang diserap air dilakukan dengan metode menghitung besar kalor yang mampu diserap air sebanyak 240 ml dengan lama waktu 150 detik dengan menggunakan alat thermometer air raksa. Untuk mengeluarkan biogas yang bertekanan konstan diberi beban statis pada penampung sebesar 2kg. Skema pengujian ditunjukkan pada gambar 3.7.



Gambar 3.7 Pengjian Kalor Pembakaran

Keterangan gambar:

- | | | | |
|----|---------------------------|----|-----------|
| 1. | Termometer air raksa | 4. | Bahan uji |
| 2. | Kompur biogas “Butterfly” | 5. | Stopwatch |
| 3. | Wajan aluminium | | |

Data dari hasil pengujian kalor pembakaran api biogas yang diserap air dilihat dalam table 3.1.

Tabel 3.1 Waktu (detik) pembakaran terhadap kenaikan temperature ($^{\circ}\text{C}$) air

Waktu (detik)	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)
30	
60	
90	
120	
150	

Pada tabel 3.1 pengujian kalor pembakaran api biogas yang diserap oleh air akan dilakukan pengecekan temperature setiap kelipatan 30 detik sampai 150 detik dengan menggunakan termometer air raksa. Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan agar menghasilkan data dari kenaikan temperatur terhadap waktu dapat diperoleh secara akurat. Cara menghitung kalor yang diserap air, dapat dihitung dengan rumus;

$$Q = m.C. \Delta T$$

Keterangan :

Q = kalor yang diserap oleh air (Joule) C = kalor jenis air (J/kg°C)

m = massa air (kg) ΔT = Perubahan suhu (°C)

3.8.2 Pengujian Laju Rambat Api

Pengujian laju cepat rambat api biogas dengan menggunakan pemurnian KOH 1 molar dan tanpa pemurnian dilakukan dengan pengambilan data serta pengujian 3 kali untuk memperoleh data yang akurat juga sebagai perbandingan.

Tabel 3.2 Tabel pengujian cepat rambat api

Frame	Pixel	Jarak (cm)	Waktu (detik)	Cepat rambat api (cm/detik)
1				
2				
3				
Dst				

3.8.3 Uji Perilaku Ion

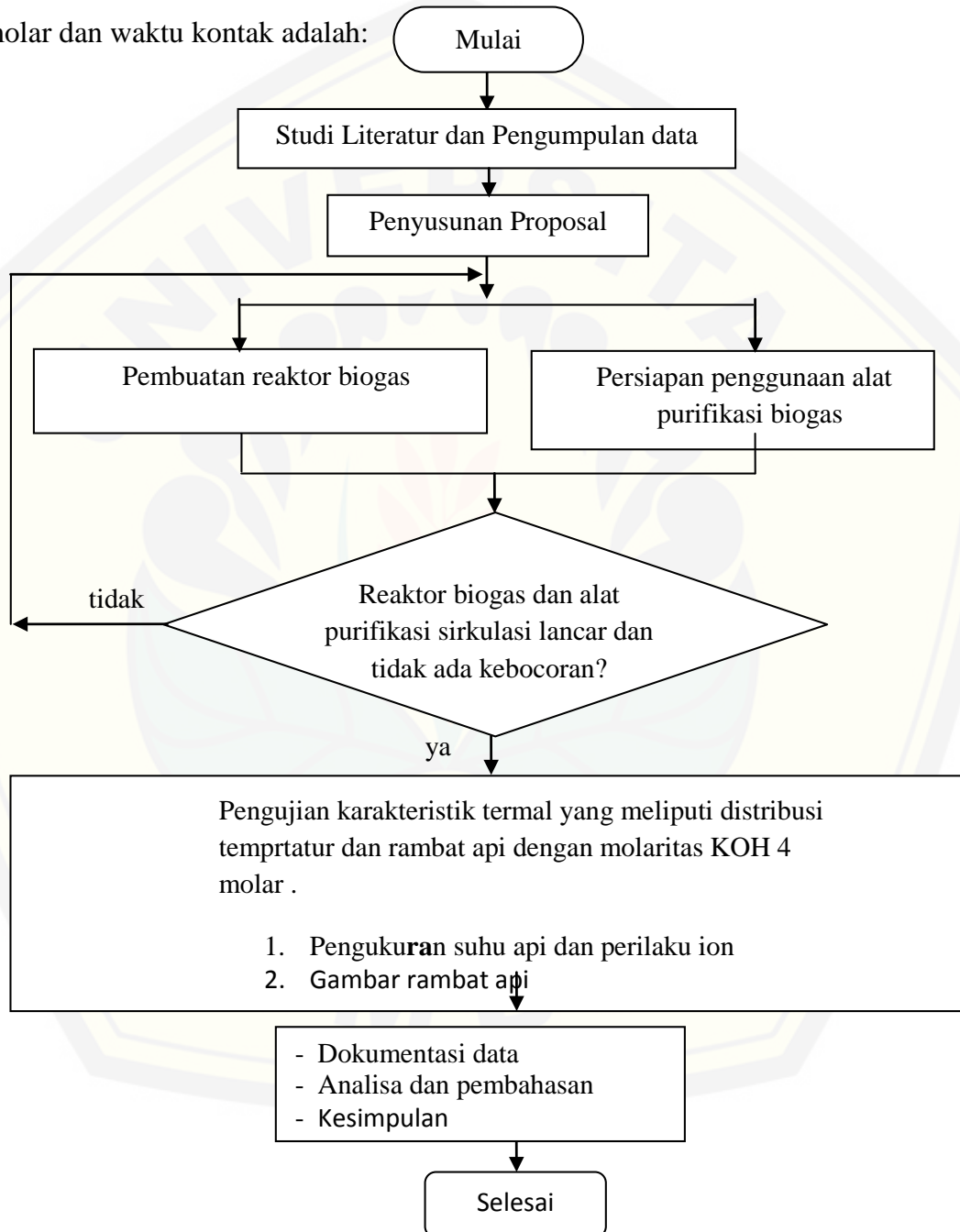
Pengujian perilaku ion dengan bahan bakar biogas yang sudah dipurifikasi dengan larutan KOH 1 molar dan belum dipurifikasi:

Tabel 3.3 Jumlah Tegangan Tertinggi

No	Sebelum purifikasi (volt)	Sesudah purifikasi (volt)

3.9 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir pegujina biogas sampah rumah tangga dengan purifikasi KOH 1 molar dan waktu kontak adalah:



Gambar 3.9 Diagram alir pengujian biogas sampah rumah tangga dengan purifikasi KOH 1 molar.



BAB 5. PENUTUP

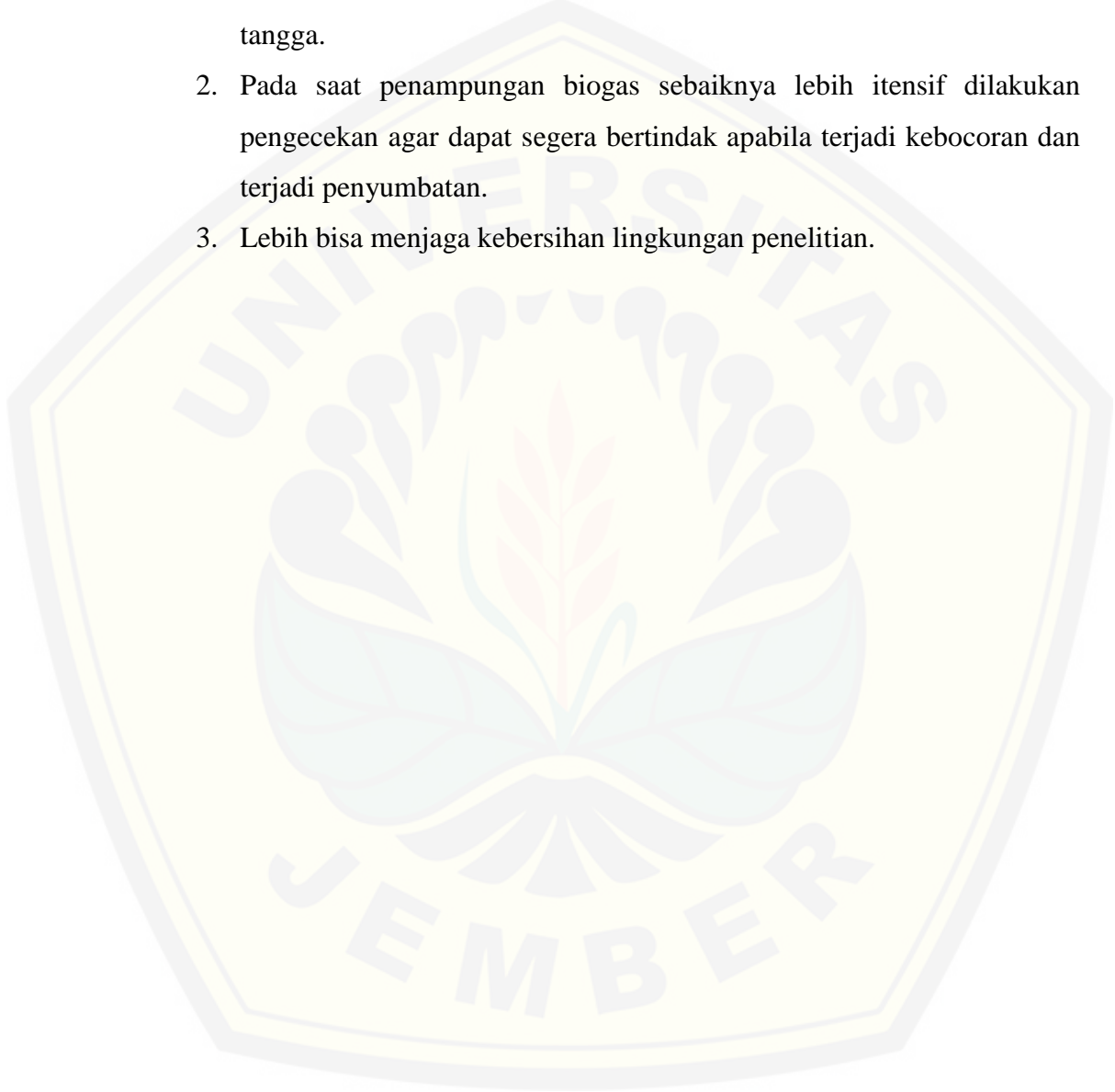
5.1 Kesimpulan

Setelah penelitian dan pengolahan data selesai disimpulkan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai rambat api biogas sampah rumah tangga tanpa purifikasi dengan perbandingan AFR 4:1= 3,14 mm/ms, AFR 5:1= 2,63 mm/ms AFR 6:1 = 1,92 mm/ms sedangkan untuk yang telah dipurifikasi dengan KOH 1 Molar perbandingan AFR 5:1= 6,733 mm/milidetik, AFR 6:1= 9,397 mm/milidetik, AFR 7:1= 8,439 mm/milidetik, AFR 8:1= 5,093 mm/milidetik, AFR 8:1= 5,093 mm/milidetik. Untuk rambat api biogas sebelum purifikasi nilai rambat api tertinggi pada AFR 4:1 sedangkan sesudah purifikasi nilai tertinggi pada AFR 6:1.
2. Nilai perilaku ion biogas sampah rumah tangga tanpa purifikasi dengan perbandingan AFR 4:1= 7,49 volt, AFR 5:1= 5,33 volt, AFR 6:1= 1,93 volt, sedangkan untuk yang sudah dipurifikasi dengan KOH 1 Molar pada AFR 5:1= 16,066 volt, AFR 6:1= 39,673 volt, AFR 7:1= 15,053 volt, AFR 8:1= 8,995 volt. Untuk nilai perilaku ion sampah rumah tangga sebelum purifikasi nilai tertinggi terdapat pada AFR 4:1 sedangkan untuk setelah purifikasi terdapat pada AFR 6:1.
3. Nilai kalor pembakaran yang mampu diserap pada biogas sampah rumah tangga sebelum purifikasi pada perbandingan waktu 30 detik= 30,03 °C, untuk 60 detik= 35,3 °C, untuk 90 detik= 43,3°C untuk 120 detik= 49,3 °C, dan untuk 150 detik 51,5°C. sedangkan untuk biogas yang sudah dipurifikasi dengan KOH 1 Molar pada perbandingan waktu 30 detik= 31,5°C, untuk 60 detik= 46,8°C, untuk 90 detik= 56,8°C, untuk 120 detik= 66,8°C, dan untuk 150 detik= 72,2°C.

5.2 Saran

1. Untuk pengujian komposisi biogas sampah rumah tangga sebaiknya menggunakan alat uji gas kromatografi, agar dapat mengetahui kandungan gas dengan tepat yang ada pada biogas sampah rumah tangga.
2. Pada saat penampungan biogas sebaiknya lebih intensif dilakukan pengecekan agar dapat segera bertindak apabila terjadi kebocoran dan terjadi penyumbatan.
3. Lebih bisa menjaga kebersihan lingkungan penelitian.



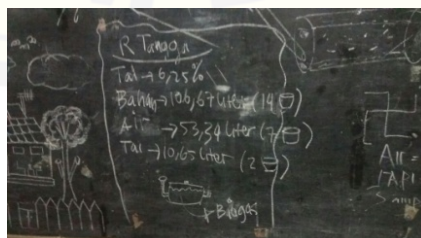
DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah. 2013. "Pengelolaan Sampah Rumah Tangga Berbasis Masyarakat di RT 50 Kelurahan Sungai Pinang dalam Kecamatan Samarinda Utara (Tinjauan Peraturan Daerah Kota Samarinda Nomor 02 Tahun 2011 Tentang Pengelolaan Sampah)". Samarinda: Jurnal Beraja Niti. Vol. 2 (12)
- Buffam, J. & Cox, K. 2008. Measurement of Laminar Burning Velocity of Methane – Air Mixtures Using a Slot and Bunsen Burner. Worcester Polytechnic Institute
- Cundari, L., Selpiana, Wijaya, C., K., Sucia, A., 2014. "Pengaruh Penggunaan Solven Natrium Karbonat (Na_2CO_3) Terhadap Absorpsi CO_2 Pada Biogas Kotoran Sapi Dalam Spray Column". Palembang: Universitas Sriwijaya. Vol.20 (4): 52-58
- Deublein, D. & Steinhauser, A. 2008." Biogas from Waste and Renewable Resources". ISBN 978-3-527-318414. Jerman: Strauss GmbH, Mörlenbach.
- Fadhilah, A., Sugianto, H., Firmandhani, S., W., Murtini, T., W., Pandelaki, E., W., "Kajian Pengelolaan Sampah Kampus Jurusan Arsitektur Fakultas teknik Universitas Diponegoro". Semarang: Universitas Diponegoro.
- GA, As'adi., Ilminnafik, N., Syuhri, A. 2014. "Penurunan Kadar CO_2 Pada Biogas Dengan Absorpsi NaOH Terhadap Kecepatan Rambat Api". Jember: Universitas Jember. Vol. 7 (1)
- Maarif, F., Arif, J., "Absorpsi Gas Karbondioksida (CO_2) Dalam Biogas Dengan Larutan NaOH Secara Kontinyu". Semarang: Universitas Diponegoro.
- Hamidi, N., Wardana, ING., Widhiyanuriyawan, D. 2011. "Peningkatan Kualitas Bahan Bakar Biogas Melalui Proses Pemurnian Dengan Zeolit Alam". Malang: Universitas Brawijaya.
- Mujahidah, Mappiratu, Sikanna, R., 2013. "Kajian Teknologi Produksi Biogas Sampah Basah Rumah Tangga". Palu: Universitas Taduloka. Vol.2 (1): 25-34
- Prasetya, A., Widhiyanuriyawan, D., Sugiarto, 2012. "Pengaruh Konsentrasi NaOH Terhadap Kandungan Gas CO_2 Dalam Proses Purifikasi Biogas Sistem Continue". Malang: Universitas Brawijaya.

- Putranto, A., Sasongko, N., M., Wijayanti, Widya, 2014. "Pengaruh Massa Alir Reaktan Terhadap Karakteristik Pembakaran Difusi CH₄-CO₂ Pada *Conterflow Burner*". Malang: Universitas Brawijaya.
- Putri, G. A. 2009. Pengaruh Variasi Temperatur Gasifying Agent li Media Gasifikasi Terhadap Warna Dan Temperatur Api Pada Gasifikasi Reaktor Downdraft Dengan Bahan Baku Tongkol Jagung. Surabaya : Institut Teknologi 10 November.
- Rofik, A. 2015. "Karakteristik Api Biogas Yang Dipurifikasi Larutan Koh 4 (Empat) Molaritas Dibandingkan Dengan Biogas Tanpa Purifikasi". Jember: Universitas Jember.
- Saputro, A., N., C., Utami, B., Mahardiana, L., Yamtinah, S. 2006. " Studi Pustaka Pemanfaatan Proses Biokonversi Sampah Organik Sebagai Alternatif Memperoleh Biogas". Solo: Universitas Sebelas Maret.
- Sutrisno, J., 2010. "Pembuatan Biogas Dari Bahan Sampah Sayuran (Kubis, kangkung dan Bayam)". Surabaya: Universitas Adi Buana. Vol. 8 (1):1412-1867
- Uwar, N., A., Wardana, Widhiyanuriyawan, D., 2012. "Karakteristik Pembakaran CH₄ Dengan Penambahan CO₂ Pada Model Helle-Shaw Cell Pada Penyalaan Bawah". Malang: Universitas Brawijaya. Vol. 3 (1):249-257

LAMPIRAN

A Alat Dan Bahan



B Perhitungan Kalor yang Diserap Air pada Pembakaran Biogas

$$\text{Rumus } Q = \frac{m \times C \times \Delta T}{1000}$$

Perhitungan Sebelum Purifikasi

$$\begin{aligned} \text{30 detik} \rightarrow Q &= \frac{0,24 \times 4.200 \times (30,3 - 25,5)}{1000} \\ &= 4,838 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{60 detik} \rightarrow Q &= \frac{0,24 \times 4.200 \times (35,3 - 25,5)}{1000} \\ &= 9,878 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{90 detik} \rightarrow Q &= \frac{0,24 \times 4.200 \times (43,3 - 25,5)}{1000} \\ &= 17,942 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{120 detik} \rightarrow Q &= \frac{0,24 \times 4.200 \times (49,3 - 25,5)}{1000} \\ &= 23,990 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{150 detik} \rightarrow Q &= \frac{0,24 \times 4.200 \times (51,5 - 25,5)}{1000} \\ &= 26,208 \end{aligned}$$

Perhitungan Setelah Purifikasi

$$\begin{aligned} \text{30 detik} \rightarrow Q &= \frac{0,24 \times 4.200 \times (31,5 - 25,5)}{1000} \\ &= 6,048 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{60 detik} \rightarrow Q &= \frac{0,24 \times 4.200 \times (46,8 - 25,5)}{1000} \\ &= 21,470 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{90 detik} \rightarrow Q &= \frac{0,24 \times 4.200 \times (56,8 - 25,5)}{1000} \\ &= 31,550 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{120 detik} \rightarrow Q &= \frac{0,24 \times 4.200 \times (66,8 - 25,5)}{1000} \\ &= 41,630 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{150 detik} \rightarrow Q &= \frac{0,24 \times 4.200 \times (72,2 - 25,5)}{1000} \\ &= 47,074 \end{aligned}$$

C Perhitungan Ion Dan Rambut Api Sebelum purifikasi

Rambut api

AFR 4:1

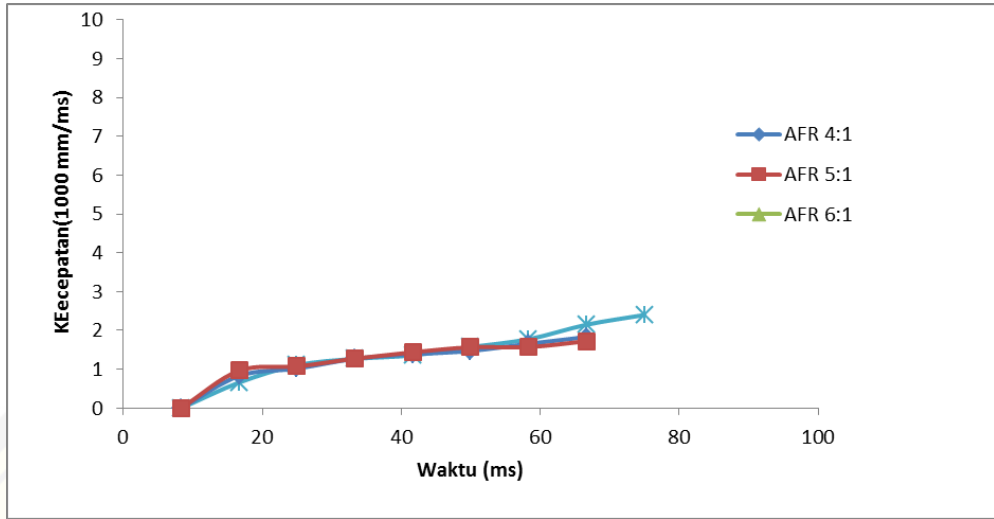
Frame	Waktu (ms)	Tinggi (mm)	Kecepatan (mm/ms)	Frame	Waktu (ms)	Tinggi (mm)	Kecepatan (mm/ms)	Frame	Waktu (ms)	Tinggi (mm)	Kecepatan (mm/ms)
1	8.33333333	3.82	0.4584	1	8.33333333	5	0.6408	1	8.33333333	7.33	0.8796
2	16.66666667	9.86	0.5916	2	16.66666667	26	1.5486	2	16.66666667	20	1.176
3	25	25.53	1.0212	3	25	41	1.6288	3	25	29	1.16
4	33.33333333	27.71	0.8313	4	33.33333333	62	1.8456	4	33.33333333	47	1.401
5	41.66666667	45	1.07328	5	41.66666667	86	2.064	5	41.66666667	66	1.584
6	50	61	1.2246	6	50	114	2.28	6	50	91	1.82
7	58.33333333	106	1.817142857	7	58.33333333	150	2.571428571	7	58.33333333	120	2.057142857
8	66.66666667	139	2.085	8	66.66666667	188	2.82	8	66.66666667	153	2.295
9	75	217	2.893333333	9	75	242	3.226666667	9	75	189	2.52
10	83.33333333	261	3.192	10	83.33333333	291	3.492	10	83.33333333	234	2.808000001
		1.512785619				2.211789524					1.770074286

AFR 5:1

Frame	Waktu (ms)	Tinggi (mm)	Kecepatan (mm/ms)	Frame	Waktu (ms)	Tinggi (mm)	Kecepatan (mm/ms)	Frame	Waktu (ms)	Tinggi (mm)	Kecepatan (mm/ms)
1	8.33333333	2.01	0.2412	1	8.33333333	12	1.4172	1	8.33333333	7	0.8328
2	16.66666667	15	0.9282	2	16.66666667	21	1.2414	2	16.66666667	15	0.8928
3	25	29	1.1688	3	25	34	1.378	3	25	32	1.2704
4	33.33333333	37	1.1241	4	33.33333333	46	1.389	4	33.33333333	55	1.65
5	41.66666667	54	1.29984	5	41.66666667	55	1.3248	5	41.66666667	75	1.8
6	50	72.63	1.4526	6	50	68	1.3596	6	50	108	2.16
7	58.33333333	91	1.5612	7	58.33333333	92	1.5696	7	58.33333333	138	2.365714286
8	66.66666667	113	1.695	8	66.66666667	112	1.68	8	66.66666667	172	2.58
9	75	142	1.893333333	9	75	140	1.866666667	9	75	221	2.946666667
10	83.33333333	208.59	2.50308	10	83.333333	178	2.136000009	10	83.333333	271	3.252000013

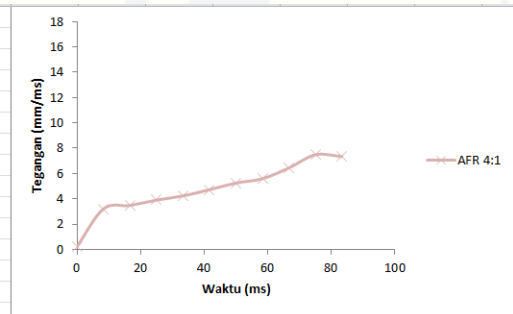
AFR 6:1

Frame	Waktu (ms)	Tinggi (mm)	Kecepatan (mm/ms)	Frame	Waktu (ms)	Tinggi (mm)	Kecepatan (mm/ms)	Frame	Waktu (ms)	Tinggi (mm)	Kecepatan (mm/ms)
1	8.33333333	3.01	0.3612	1	8.33333333	11	1.3248	1	8.33333333	10	1.206
2	16.66666667	11	0.6822	2	16.66666667	23	1.3998	2	16.66666667	19	1.14
3	25	20	0.8116	3	25	42	1.6988	3	25	33	1.32
4	33.33333333	33	0.99	4	33.33333333	61	1.83	4	33.33333333	50	1.5
5	41.66666667	44	1.056	5	41.66666667	87	2.088	5	41.66666667	65	1.56
6	50	56	1.12	6	50	102	2.04	6	50	78	1.56
7	58.33333333	69	1.182857143	7	58.33333333	140	2.4	7	58.33333333	93	1.594285714
8	66.66666667	83	1.245	8	66.66666667	166	2.49	8	66.66666667	111	1.665
9	75	101	1.346666667	9	75	204	2.72	9	75	138	1.84
10	83.333333	122	1.464000006	10	83.333333	238	2.856000114	10	83.333333	160	1.920000077

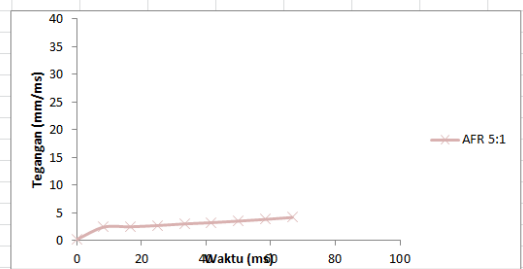


Perilaku ion

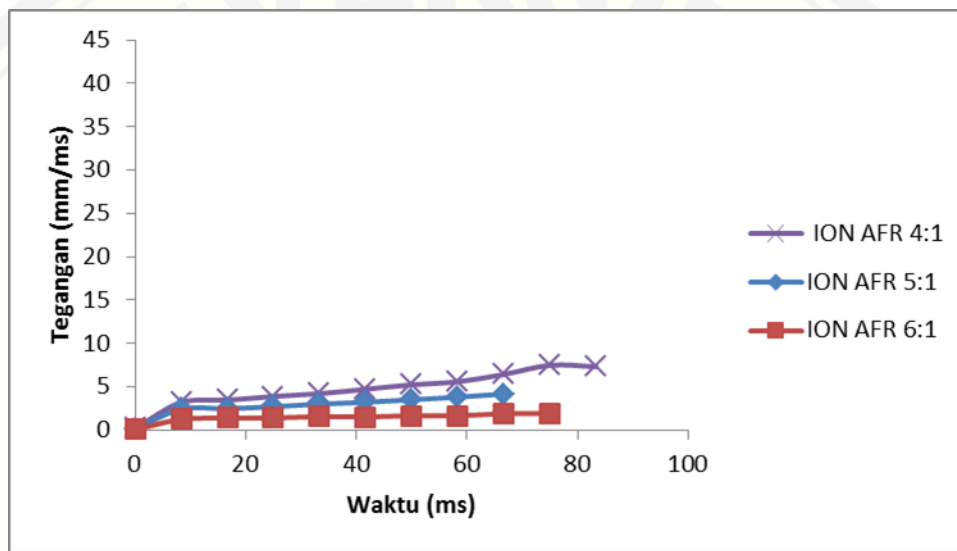
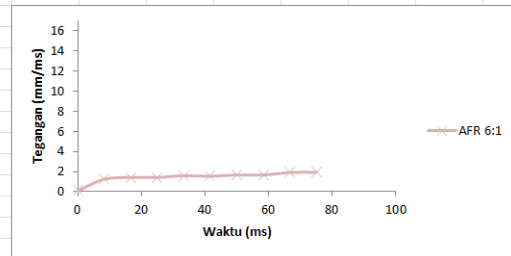
4:01					
frame	waktu	1	2	3	Rata-Rata
	0	0.0091	0.3341	0.3738	0.239
1	8.33333333	3.41	2.93	3.3	3.213333
2	16.66666667	3.67	3.21	3.56	3.48
3	25	4.01	3.67	4.03	3.903333
4	33.33333333	4.26	4.04	4.4	4.233333
5	41.66666667	4.6	4.76	4.82	4.726667
6	50	4.96	5.34	5.45	5.25
7	58.33333333	5.36	5.86	5.57	5.596667
8	66.66666667	6.16	6.66	6.51	6.443333
9	75	7.95	7.48	7.04	7.49
10	83.33333333	5.12	8.59	8.31	7.34
		4.500827	4.806736	4.851255	

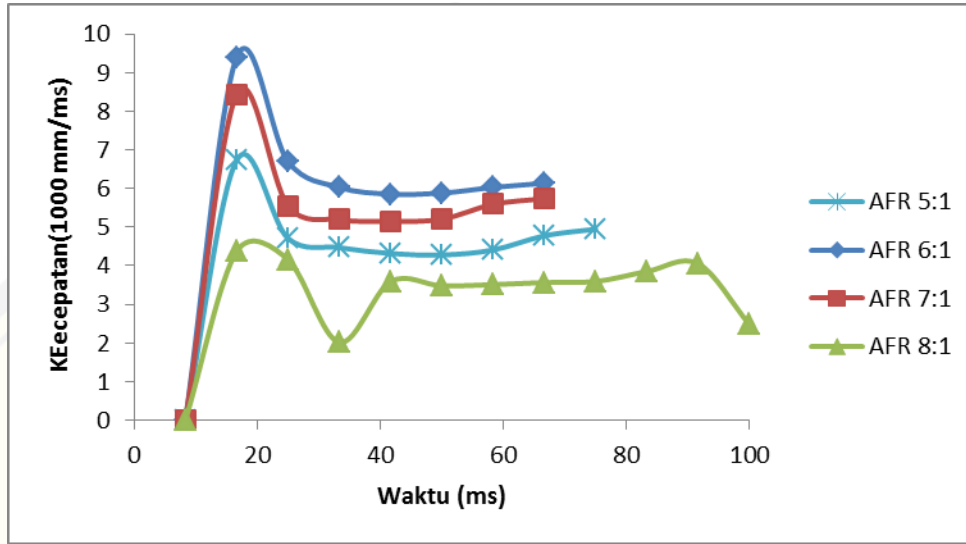


5:01					
Frame	waktu	1	2	3	rata-rata
	0	0.0854	0.0732	0.444	0.200867
1	8.33333333	2.12	1.91	3.27	2.433333
2	16.66666667	2.04	1.98	3.45	2.49
3	25	2.21	2.15	3.82	2.726667
4	33.33333333	2.48	2.39	4.19	3.02
5	41.66666667	2.65	2.55	4.5	3.233333
6	50	2.67	2.73	5.16	3.52
7	58.33333333	2.94	3.11	5.43	3.826667
8	66.66666667	3.05	3.22	6.28	4.183333
9	75	3.43	3.49	7.08	4.666667
10	83.333333	4.03	3.87	8.09	5.33
		2.518673	2.497564	4.701273	3.23917



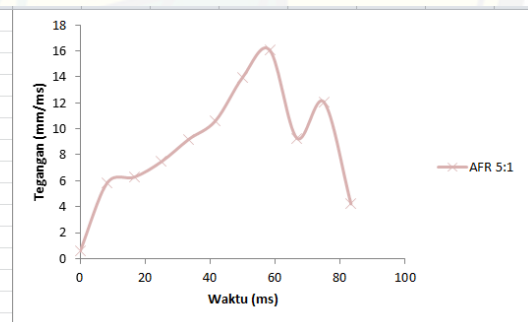
Frame	waktu	1	2	3	rata-rata
0		0.0152	0.1373	0.1358	0.0961
1	8.33333333	1.35	1.37	1.03	1.25
2	16.6666667	1.53	1.3	1.43	1.42
3	25	1.39	1.47	1.4	1.42
4	33.3333333	1.51	1.68	1.58	1.59
5	41.6666667	1.46	1.36	1.79	1.536667
6	50	1.63	1.79	1.61	1.676667
7	58.3333333	1.58	1.69	1.73	1.666667
8	66.6666667	1.84	1.96	1.96	1.92
9	75	1.95	1.93	1.91	1.93
		1.42552	1.46873	1.45758	



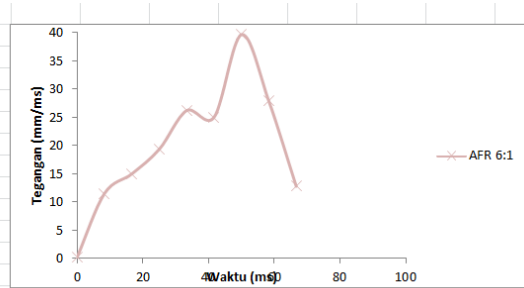


Perilaku Ion

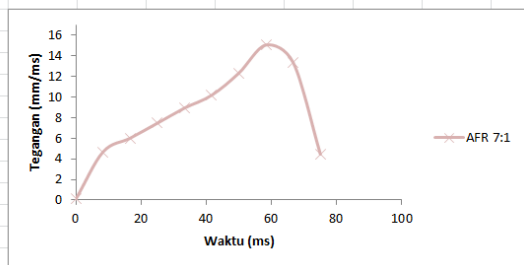
5:01					
frame	waktu	1	2	3	Rata-Rata
	0	0.7171	0.0076	0.9902	0.571633
1	8.3333333	4.44	6.43	6.64	5.836667
2	16.6666667	4.47	7.53	6.84	6.28
3	25	4.94	9.4	8.07	7.47
4	33.3333333	5.65	11.15	10.75	9.183333
5	41.6666667	6.22	12.35	13.32	10.63
6	50	7.3	16.36	18.27	13.97667
7	58.3333333	8.56	20.43	19.21	16.06667
8	66.6666667	10.84	9.85	7.18	9.29
9	75	13.3	12.45	10.42	12.05667
10	83.3333333	4.93	3.51		4.22
		6.487918	9.9516	10.16902	



6:01					
Frame	waktu	1	2	3	rata-rata
	0	0.4486	0.0808	0.1754	0.234933
1	8.33333333	10.91	11.31	12.33	11.51667
2	16.6666667	14.06	14.07	16.88	15.00333
3	25	19.97	17.87	20.26	19.36667
4	33.3333333	26.66	25.24	26.76	26.22
5	41.6666667	34.07	30.98	10.0479	25.03263
6	50	42.61	39.61	36.8	39.67333
7	58.3333333	49.19	20.7	13.76	27.88333
8	66.6666667	12.8	11.26	14.28	12.78
		23.41318	19.01342	16.81037	



7:01					
Frame	waktu	1	2	3	rata-rata
	0	0.1083	0.0488	0.1556	0.104233
1	8.33333333	5.51	4.38	4.13	4.673333
2	16.6666667	7.08	5.91	5.05	6.013333
3	25	8	7.49	6.9	7.463333
4	33.3333333	9.38	8.86	8.55	8.93
5	41.6666667	10.98	10.31	9.23	10.17333
6	50	12.97	12.56	11.44	12.32333
7	58.3333333	15.06	15.46	14.63	15.05
8	66.6666667	5.55	18.49	15.98	13.34
9	75	3.37	5.55		4.46
		7.80083	8.90588	8.451733	



8:01					
Frame	waktu	1	2	3	rata-rata
	0	0.04425	0.0061	0.035	0.02845
1	8.33333333	5.08	2.79	1.7	3.19
2	16.6666667	4.15	3.2	2.18	3.176667
3	25	16.78	3.81	2.85	7.813333
4	33.3333333	17.16	4.4	3.27	8.276667
5	41.6666667	16.49	4.46	3.76	8.236667
6	50	15.45	5	4.09	8.18
7	58.3333333	11.91	5.63	4.66	7.4
8	66.6666667	9.06	6.82	5.39	7.09
9	75	3.9	8.12	5.94	5.986667
10	83.3333333	2.33	8.12	7.02	5.823333
11	91.6666667		9.9	8.09	8.995
12	100		12.02	0.32	6.17
		9.304932	5.713546	3.792692	

