



**ANALISA WARNA API DAN SUHU PEMBAKARAN BIOGAS
LIMBAH PASAR YANG SUDAH DIPURIFIKASI
DENGAN KALIUM HIDROKSIDA**

SKRIPSI

Oleh

Achmad Imam Sya'roni

121910101118

JURUSAN TEKNIK MESIN STRATA SATU

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

JEMBER

2016



**ANALISA WARNA API DAN SUHU PEMBAKARAN BIOGAS
LIMBAH PASAR YANG SUDAH DIPURIFIKASI
DENGAN KALIUM HIDROKSIDA**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Strata 1 Teknik Mesin
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

Achmad Imam Sya'roni

121910101118

JURUSAN TEKNIK MESIN STRATA SATU

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

JEMBER

2016

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda Asma'ul Chusnah dan Ayahanda Kamri tercinta yang senantiasa memberikan semangat, dorongan, kasih sayang dan pengorbanan yang tiada batas hingga saat ini sertadoa yang tiada hentinya beliau haturkan dengan penuh keikhlasan;
2. Guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi;
3. Semua dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang senantiasa memberikan ilmunya. Semoga ilmu yang Bapak/Ibu berikan bermanfaat dan barokah untukku dan untuk pribadi masing-masing serta menjadi amalan penolong Bapak/Ibu kelak;
4. Dr. Nasrul Ilminnafik, S.T., M.T. dan Sumarji, S.T, M.T yang rela meluangkan waktunya untuk membimbing, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
5. Almamater Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

MOTTO

“Kebanggaan kita yang terbesar adalah bukan tidak pernah gagal, tetapi bangkit kembali setiap kali kita jatuh”

(Confucius)

“Kegagalan akan terjadi apa bila kita menyerah”

(Habibie)

“Jika semua yang kita kehendaki terus kita miliki, dari mana kita belajar ikhlas. Jika semua yang kita impikan segera terwujud, dari mana kita belajar sabar. Jika setiap do'a kita terus dikabulkan, bagaimana kita dapat belajar ikhtiar”

(Dahlan Iskan)

“Kehidupan bagaikan pelajaran untuk membuat keputusan, dan kehidupan akan mengajarkan suatu penyesalan apa bila kita bermalas - malasan”

(Achmad Imam Sya'roni)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Achmad Imam Sya'roni

NIM : 121910101118

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan-kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 30 Juni 2016

Yang menyatakan,

(Achmad Imam Sya'roni)

NIM 121910101118

SKRIPSI

**ANALISA WARNA API DAN SUHU PEMBAKARAN BIOGAS
LIMBAH PASAR YANG SUDAH DIPURIFIKASI
DENGAN KALIUM HIDROKSIDA**

Oleh

Achmad Imam Sya'roni

NIM 121910101118

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Nasrul Ilminnafik, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Sumarji, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Analisa Warna Api Dan Suhu Pembakaran Biogas Limbah Pasar Yang Sudah Dipurifikasi Dengan Kalium Hidroksida” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Kamis, 30 Juni 2016

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji:

DPU,

DPA,

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

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

Penguji I,

Penguji II,

Boy Arief Fachri, S.T., M.T., Ph.D.
NIP 19740901 199903 1 002

Ir. Franciscus Xaverius Kristianta M.Eng
NIP 19650120 200112 1 001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

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

RINGKASAN

Analisa Warna Api Dan Suhu Pembakaran Biogas Limbah Pasar Yang Sudah Dipurifikasi Dengan Kalium Hidroksida; Achmad Imam Sya'roni, 121910101118; 2016; 54 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Pesatnya peningkatan jumlah penduduk Indonesia menyebabkan kebutuhan terhadap energi juga meningkat, sedangkan jumlah ketersediaan energi fosil semakin menipis. Sehingga dibutuhkan suatu sumber energi yang dapat diperbaharui untuk dapat menatangani dan mengurangi besarnya kebutuhan terhadap energi fosil. Proyeksi permintaan energi pada tahun 2050 hampir mencapai tiga kali lipat. Tampaknya masalah energi akan tetap menjadi topik yang harus dicarikan solusinya secara bersama-sama. Pemanfaatan energi telah berkembang dan meningkat sesuai dengan perkembangan manusia itu sendiri. Usaha usaha untuk mendapatkan energi alternatif telah lama dilakukan untuk mengurangi ketergantungan terhadap sumber daya minyak bumi. Di sisi lain, selain peningkatan penduduk berimbas pada peningkatan terhadap kebutuhan energi, peningkatan penduduk juga berimbas pada peningkatan jumlah sampah biomassa. Sejak tahun 1992 hingga 2012, jumlah timbulan sampah yang masuk ke TPA Pakusari terus mengalami peningkatan. Berdasarkan grafik, volume sampah di TPA Pakusari bersifat fluktuatif. Hal ini dapat dilihat dengan membandingkan volume sampah antara tahun 2009 dan 2010, rata-rata volume sampah setiap bulan yaitu 14.000 – 17.000 m³, sehingga dapat disimpulkan bahwa rata-rata volume sampah di TPA setiap harinya berkisar 400-500 m³. Sedangkan sampah pasar sangat berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan utama sebagai penghasil biogas berbasis teknologi tepat guna. Karena di dalam kandungan biogas masih terdapat gas – gas yang menghambat suatu pembakaran diantaranya CO₂ maka gas yang dihasilkan akan dilakukan suatu pemurnian atau pengurangan kadar CO₂ dengan cara dipurifikasi dengan larutan KOH.

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Konversi Energi Universitas Jember, dengan membandingkan hasil pembakaran api biogas limbah pasar dengan yang sudah dipurifikasi dengan KOH. Penelitian dilakukan dengan metode eksperimental yakni metode yang digunakan untuk membandingkan pengaruh purifikasi KOH 1 M pada warna api dan suhu pembakaran biogas limbah pasar. Data dianalisis dengan menggunakan metode deskriptif di mana data dikumpulkan, disusun dan dianalisa sehingga memberikan keterangan yang lengkap hasil dari masing-masing data yang diambil, hasil meliputi Prosentase warna api, temperatur api dititik Horizontal dan Vertikal, Kalor pembakaran biogas limbah pasar.

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa Prosentase warna api sebelum purifikasi memiliki prosentase warna api merah yaitu 41,75% dan prosentase warna biru 58,24%, sesudah purifikasi prosentase warna merah mengalami penurunan dimana menunjukkan bahwa kadar CO₂ yang berkurang, prosentase warna merah yaitu 31,48% dan prosentase warna biru yaitu 68,51% sesudah purifikasi. Untuk distribusi temperatur secara *horizontal* mengalami kenaikan temperatur dari titik 1 sampai 4 dan mengalami penurunan di titik 5, puncak temperatur tertinggi pada titik 4 yaitu 278,4°C sebelum purifikasi dan 341,2°C sesudah purifikasi. Distribusi temperatur secara vertikal mengalami kenaikan temperatur di titik 1 sampai 3 dan mengalami penurunan di titik 4 sampai 6 dan mempunyai temperatur tertinggi di titik ke 3 yaitu 463,9°C sebelum purifikasi dan 598,16°C sesudah purifikasi. Untuk kolar pembakaran mempunyai nilai kenaikan kalor yang diserap seiring lama nya pemanasan. Hal ini menunjukkan bahwa gas yang sesudah purifikasi mempunyai kualitas gas biogas yang lebih baik dari pada gas sebelum dipurifikasi

Penelitian yang telah dilakukan untuk mengetahui kualitas gas dari biogas limbah pasar dengan dilakukannya proses purifikasi maka inhibitor atau gas CO₂ yang terkandung akan berkurang sehingga kualitas dari hasil pembakaran api biogas limbah pasar akan semakin baik.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah Swt. atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Analisa Warna Api Dan Suhu Pembakaran Biogas Limbah Pasar Yang Sudah Dipurifikasi Dengan KOH”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Dalam pelaksanaannya, penulis tidak lepas dari kesulitan dan permasalahan dalam penyusunan skripsi ini, baik dari proses pembuatan proposal sampai penyusunan selesai, baik mengenai ilmu yang bermanfaat, moral, sikap dan tanggung jawab. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ibunda Asma’ul Chusna dan Ayahanda Kamri yang selalu memberikan segala bentuk kasih sayang, semangat dan doa untuk penulis;
2. Dr. Nasrul Iminnafik, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Hary Sumarji, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
3. Boy Arief Fachri, S.T., M.T., Ph.D. sebagai Dosen Penguji I dan Ir.Franciscus Xaverius Kristianta M.Eng sebagai Dosen Penguji II yang telah membantu memberikan ilmu dalam penyelesaian tugas akhir ini;
4. Kakakku Nurul Afidah dan adikku Fitrotul Mu’affah yang selalu memberikan dukungan dalam bentuk apa pun;
5. Guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi;
6. Ustadz dan Ustadzah ngaji yang telah memberikan pendidikan agama dan akhlaq sewaktu kecil hingga sekarang;
7. Kawan-kawan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universtas Jember yang selalu memberikan dukungan dan semangat, serta yang telah mengajari arti kata kebersamaan dan persaudaraan;

8. Sahabat-sahabat terdekat penulis dari taman kanak-kanak sampai perguruan tinggi yang selalu memberikan semangat, bantuan, motivasi dan kasih sayang hingga saat ini;
9. Teman seperjuangan tim biogas yang telah berjalan bersama hingga saat ini;
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

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

Jember, Juli 2016

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERSEMBAHAN	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN	iv
PEMBIMBING	v
LEMBAR PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	4
1.5 Batasan Masalah	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Energi	5
2.2 Pengertian Sampah	6
2.2.1 Permasalahan sampah.....	6
2.3 Definisi Biogas	7
2.3.1 Biogas dari sayuran	9
2.4 Pembentukan Biogas	9
2.4.1 Tahapan Pembuatan Biogas	9

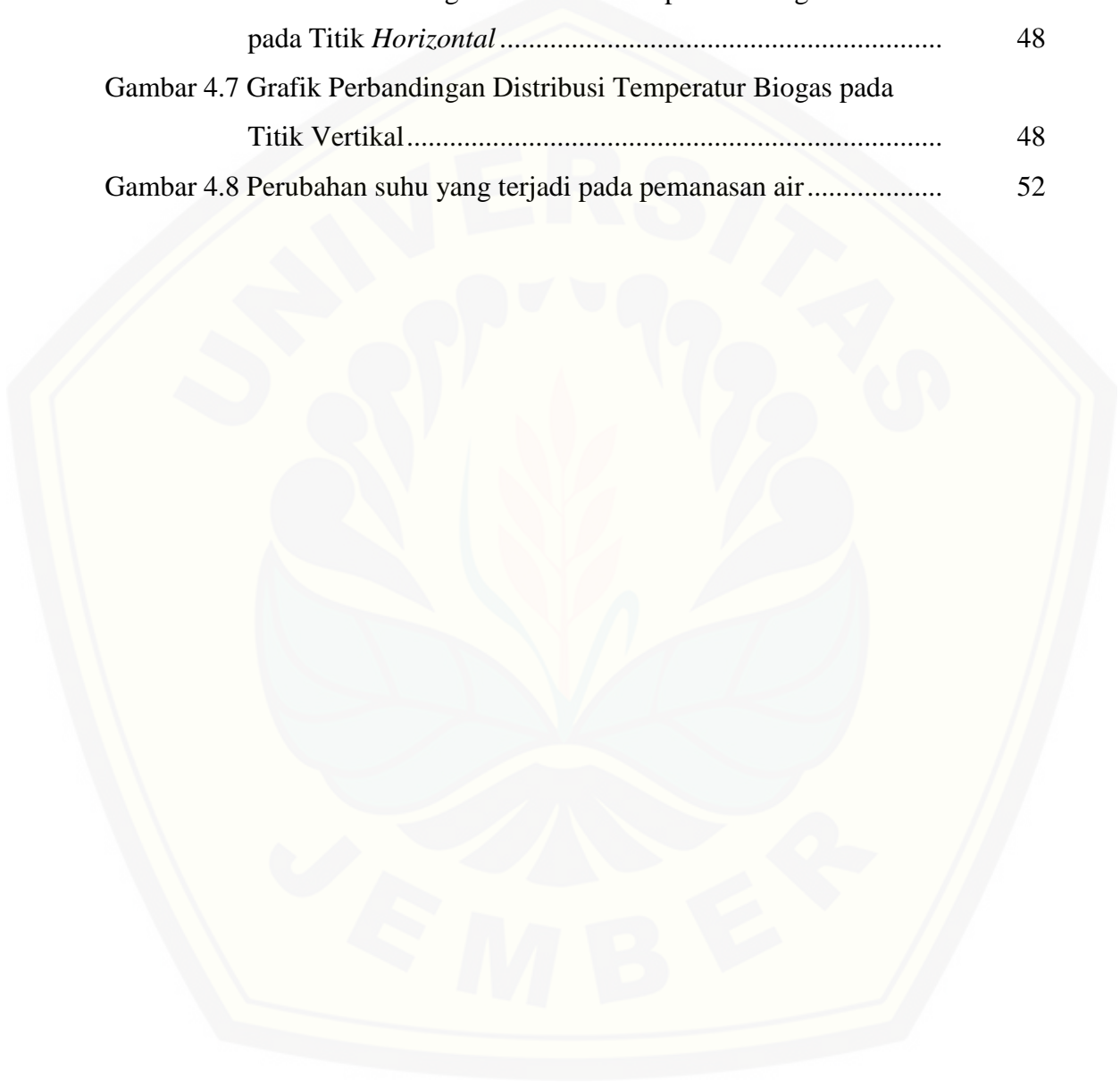
2.5 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Produksi Biogas.....	10
2.6 Teori Absorsi.....	12
2.6.1 Penelitian Terdahulu Tentang Pemurnian Biogas	13
2.6.2 Larutan KOH.....	15
2.7 Karakteristik Nyala Api	15
2.7.1 <i>Premixed Flame</i>	16
2.7.2 <i>Diffusion Flame (Non-premixed)</i>	16
2.7.3 Api Laminer	17
2.7.4 Api Turbulen	17
2.7.5Warna api	21
2.7.6 Temperatur pembakaran.....	23
2.7.7 Kalor pembakaran	24
2.8 Hipotesa.....	26
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....	27
3.1 Metode Penelitian.....	27
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	27
3.2.1 Tempat Penelitian.....	27
3.2.2 Waktu Penelitian	27
3.3 Alat dan Bahan Penelitian.....	28
3.4 Variabel Penelitian.....	29
3.4.1 Variabel Bebas	29
3.4.2 Variabel Terikat.....	29
3.4.3 Tahapan Kontrol.....	30
3.5 Metode Pengumpulan dan Pengolahan Data.....	30
3.6 Pengamatan yang Dilakukan	30
3.7 Tahap Penelitian.....	30
3.7.1 Tahap Pembuatan Reaktor Biogas	31
3.7.2 Tahap Pembuatan Alat Purifikasi Biogas.....	31

3.7.3 Tahap Penyiapan KOH.....	32
3.7.3 Tahap Pemurnian Biogas	32
3.8 Tahap Pengujian	33
3.8.1 Pengujian Kalor Pembakaran Api Biogas	33
3.8.2 Pengujian Warna Api	35
3.8.3 Pengujian Distribusi Temperatur	36
3.9 Diagram Alir Penelitian	38
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1 Data dan Hasil Pengujian	39
4.1.1 Uji Komposisi	39
4.1.2 Uji Warna Api	40
4.1.3 Distribusi Temperatur	46
4.1.4 Kalor Pembakaran	50
BAB 5. PENUTUP.....	53
5.1 Kesimpulan	53
5.2 Saran.....	54
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN A. TABEL DAN PERHITUNGAN	
LAMPIRAN B. FOTO PENELITIAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Rentangan temperatur optimal untuk pertumbuhan methanobacteria	11
Gambar 2.2 Penurunan konsentrasi NaOH terhadap waktu.....	13
Gambar 2.3 Penurunan konsentrasi KOH terhadap waktu	14
Gambar 2.4 Nyala api	17
Gambar 2.5 Arus <i>laminar</i> vs arus <i>turbulent</i>	18
Gambar 2.6 Nyala api merah	19
Gambar 2.7 Nyala api Biru pada kompor gas	19
Gambar 2.8 Nyala api putih pada proses produksi pabrik	20
Gambar 2.9 Nyala api <i>bunsen burner</i>	20
Gambar 2.10 Nyala api <i>lilin</i>	21
Gambar 2.11 Foto api gas CH ₄ -CO ₂ dengan variasi penambahan CO ₂ dengan debit	22
Gambar 2.12 Distribusi temperatur api difusi <i>counterflow flame</i>	23
Gambar 2.13 Grafik hubungan prosentase CO ₂ pada bahan bakar terhadap temperatur.....	24
Gambar 3.1 Reaktor Biogas	31
Gambar 3.2 Alat Purifikasi	31
Gambar 3.3 Skema pemurnian biogas	33
Gambar 3.4 Skema pengujian kalor pembakaran	34
Gambar 3.5 Bunsen Burner.....	35
Gambar 3.6 Contoh pengambilan data temperatur	37
Gambar 3.7 Diagram alir pada pemurnian biogas	38
Gambar 4.1 Kandungan Komposisi	40
Gambar 4.2 Warna api dan titik api biogas sebelum purifikasi	41
Gambar 4.3 Warna api dan titik api biogas setelah purifikasi	43

Gambar 4.4 warna api biogas sebelum dan setelah purifikasi 1M.....	46
Gambar 4.5 Pengukuran Temperatur Api Pada Tiap Titik	46
Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Distribusi Temperatur Biogas pada Titik <i>Horizontal</i>	48
Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Distribusi Temperatur Biogas pada Titik Vertikal.....	48
Gambar 4.8 Perubahan suhu yang terjadi pada pemanasan air	52



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komsumsi Energi Dunia Satu Dekade Terakhir.....	5
Tabel 2.2 Komposisi Biogas.....	8
Tabel 2.3 Langkah proses pembusukan produksi biogas.....	10
Tabel 2.4 Nilai pemanasan berbagai bahan bakar	25
Tabel 4.1 Persentase komposisi biogas.....	39
Tabel 4.2 Nilai RGB warna api biogas sebelum purifikasi percobaan 1	41
Tabel 4.3 Total persentase warna api sebelum purifikasi	43
Tabel 4.4 Nilai RGB warna api biogas setelah purifikasi percobaan 1	43
Tabel 4.5 Total prosentase warna api setelah purifikasi	45
Tabel 4.6 Rata-rata warna api biogas sebelum dan setelah purifikasi 1M..	45
Tabel 4.7 Perbandingan Distribusi Temperatur Biogas (<i>Horizontal</i>)	47
Tabel 4.8 Perbandingan Distribusi Temperatur Biogas (<i>Vertikal</i>)	47
Tabel 4.9 Perubahan suhu pada proses memanaskan air dengan menggunakan biogas sebelum purifikasi	51
Tabel 4.10 Perubahan suhu pada proses memanaskan air dengan menggunakan biogas setelah purifikasi 1 molar	51
Tabel 4.11 Kalor yang diserap air	52

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pesatnya peningkatan jumlah penduduk Indonesia menyebabkan kebutuhan terhadap energi juga meningkat, sedangkan jumlah ketersediaan energi fosil semakin menipis. Sehingga dibutuhkan suatu sumber energi yang dapat diperbaharui untuk dapat menanganinya dan mengurangi besarnya kebutuhan terhadap energi fosil. Proyeksi permintaan energi pada tahun 2050 hampir mencapai tiga kali lipat. Tampaknya masalah energi akan tetap menjadi topik yang harus dicarikan solusinya secara bersama-sama. Pemanfaatan energi telah berkembang dan meningkat sesuai dengan perkembangan manusia itu sendiri. Usaha usaha untuk mendapatkan energi alternatif telah lama dilakukan untuk mengurangi ketergantungan terhadap sumber daya minyak bumi. Pemanfaatan minyak bumi diperkirakan akan habis dalam waktu yang tidak lama jika pola pemakaian seperti sekarang ini, yang justru semakin meningkatnya industri maupun transportasi. Selain itu dari berbagai penelitian telah didapat gambaran bahwa kualitas udara telah semakin mengawatirkan akibat pembakaran minyak bumi (Widodo dkk, 2010). Di sisi lain, selain peningkatan penduduk berimbas pada peningkatan terhadap kebutuhan energi, peningkatan penduduk juga berimbas pada peningkatan jumlah sampah biomassa (Ichsan dkk, 2013).

Sampah pasar yang sudah rusak sangat jarang dimanfaatkan oleh masyarakat, karena sudah tidak layak dikonsumsi dan dimasak. Biasanya sampah pasar hanya dibiarkan di tempat sampah sampai akhirnya truk sampah yang mengambil untuk di bawah ke tempat pembuangan akhir (TPA), sehingga menimbulkan bau yang dapat mengganggu kebersihan lingkungan dan kesehatan. Selain itu sudah sejak lama sampah pasar menjadi masalah yang serius, seperti menimbulkan bau yang mengganggu pernafasan dan berpengaruh pada kesehatan, Di kota Jember, TPA Pakusari yang menjadi tempat akhir pemrosesan sampah dari perkotaan Kabupaten

Jember saat ini hampir mengalami *overcapacity* (Masterplan Pengelolaan Sampah Perkotaan di Kabupaten Jember, 2013). Sejak tahun 1992 hingga 2012, jumlah timbulan sampah yang masuk ke TPA Pakusari terus mengalami peningkatan. Berdasarkan grafik, volume sampah di TPA Pakusari bersifat fluktuatif. Hal ini dapat dilihat dengan membandingkan volume sampah antara tahun 2009 dan 2010, rata-rata volume sampah setiap bulan yaitu 14.000 – 17.000 m³, sehingga dapat disimpulkan bahwa rata-rata volume sampah di TPA setiap harinya berkisar 400-500 m³. Sedangkan sampah pasar sangat berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan utama sebagai penghasil biogas berbasis teknologi tepat guna.

Biogas adalah suatu campuran beberapa gas (terutama metan dan karbon dioksida) diperoleh dari proses pembusukan (fermentasi) metan (Oleszek dkk, 2013 dalam Oleszek, 2014). Penggunaan biogas akan membantu mengurangi efek gas rumah kaca dan mengurangi pemanasan global, mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil, penurunan jumlah sampah menjadi salah satu keuntungan utama dari produksi biogas yang mampu mengubah material limbah menjadi sumber yang memiliki nilai dengan menggunakan pembusukan bahan baku secara anaerobik (Peter,2009;Smith dkk,2000 dalam Oparaku,2013). Biogas yang telah dikenal tersebut diolah dari kotoran ternak dalam keadaan kedap udara. Secara Ilmiah, biogas yang dihasilkan dari sampah organik adalah gas yang mudah terbakar. Gas ini dihasilkan dari fermentasi bahan – bahan organik oleh bakteri anaerob. Umumnya semua jenis bahan organik bisa diproses untuk menghasilkan biogas. Tetapi hanya bahan organik baik padat maupun cair yang cocok untuk sistem biogas sederhana. Bila sampah – sampah organik tersebut membusuk, akan dihasilkan gas metana (CH₄) dan Karbondioksida (CO₂). Tetapi hanya CH₄ yang dimanfaatkan bahan bakar. Energi yang terkandung dalam biogas tergantung dari konsentrasi metana (CH₄). Semakin tinggi kandungan metana maka semakin besar kandungan energi pada biogas (Sikanna, Rismawaty dkk 2013).

Karbondioksida dalam larutan air cenderung bersifat asam, maka salah satu cara untuk menghilangkan CO₂ adalah mereaksikannya dengan basa. Larutan basa

yang digunakan biasanya NaOH, KOH dan zeolit. Beberapa penelitian perihal pemurnian biogas sudah dilakukan. Andardini, (2010) melakukan penelitian tentang pemurnian biogas dengan zeolit yang diaktivasi menggunakan larutan Asam Sulfat. Dari penelitian ini diketahui adanya peningkatan konsentrasi metana setelah dilewatkan pada adsorber dari 47,72% menjadi 73,97%. Penelitian Maryana dkk, (2008) menyatakan bahwa semakin lama waktu kontak antara biogas dengan larutan KOH maka konsentrasi CO₂ yang terserap juga akan semakin banyak. Adapun penurunan paling linear terjadi untuk KOH 1M yaitu menjadi 0,8207M setelah 5 menit; 0,6734M setelah 10 menit dan 0,5155M setelah 15 menit.

Kalor merupakan suatu kuantitas atau jumlah panas baik yang diserap maupun dilepaskan oleh suatu benda. Jika benda menerima kalor, maka kalor itu digunakan untuk menaikkan suhu benda, atau berubah wujud (Irawan, 2014). Penelitian Kharisman dkk, (2014) mengatakan bahwa pola api yang terbentuk terlihat bahwa dengan semakin meningkatnya prosentase CO₂ dari bahan bakar menyebabkan api semakin gelap. Api sendiri mempunyai beberapa warna, warna tersebut ialah warna merah, biru, putih, hitam, sesuai dengan sifatnya gas CO₂ yaitu sebagai inhibitor, dimana kalor hasil proses pembakaran sebagian terserap oleh gas CO₂. Oleh karena itu tingkat kecerahan api pada bahan bakar yang lebih banyak mengandung gas CO₂ lebih rendah kecerahannya secara keseluruhan dan rata-rata besarnya temperatur pada bagian atas api sekitar 305-522 °C, sedangkan rata-rata besarnya temperatur pada bagian bawah api hanya sekitar 186-488 °C.

1.1 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana pengaruh purifikasi KOH 1 M terhadap warna api biogas limbah pasar.
2. Bagaimana pengaruh purifikasi KOH 1 M terhadap temperatur pembakaran biogas limbah pasar

3. Bagaimana pengaruh purifikasi KOH 1 M terhadap kalor pembakaran biogas limbah pasar pada kompor biogas.

1.2 Tujuan

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

1. Mengetahui pengaruh warna api biogas limbah pasar sebelum purifikasi dengan biogas yang sudah dipurifikasi dengan larutan KOH 1 M.
2. Mengetahui temperatur pembakaran biogas limbah pasar sebelum purifikasi dengan biogas yang sudah dipurifikasi dengan larutan KOH 1 M.
3. Mengetahui kalor pembakaran biogas limbah pasar dengan purifikasi KOH 1 M maupun tanpa purifikasi.

1.3 Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini, yaitu sebagai berikut:

1. Mahasiswa bisa mengetahui prinsip kerja dari biogas.
2. Memberikan motivasi bagi Civitas Akademik Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember untuk mengembangkan lebih jauh teknologi biogas.
3. Memberikan dampak positif kepada masyarakat sehingga mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil dan memberdayakan energi biogas sebagai energi alternatif yang ramah lingkungan dan ekonomis.

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. Kondisi suhu dan kelembapan ruangan dianggap tetap.
2. Tekanan dari reaktor biogas pada proses purifikasi dianggap tidak berpengaruh.
3. Menggunakan AFR udara langsung pada proses penyalaan bunsen burner.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Energi

Energi merupakan bagian penting untuk menunjang aktivitas dan usaha produktif dalam menghasilkan barang dan jasa. Konsumsi energi dunia terus mengalami kenaikan dari tahun ke tahun (Tabel 2.1). Pertambahan konsumsi energi dunia ini disebabkan beberapa hal, antara lain pertambahan penduduk dunia, perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta pertumbuhan berbagai macam industri. Dengan semakin bertambah tingginya konsumsi energi ini, akan mempercepat pengurangan cadangan sumber energi fosil yang sampai saat ini masih menjadi sumber energi utama, karena sumber energi fosil merupakan sumber energi yang tidak dapat diperbarui.

Tabel 2.1 Komsumsi Energi Dunia Satu Dekade Terakhir (2002 s/d 2011)

Tahun	Konsumsi Energi (Juta ton ekivalen minyak)
2002	9613.9
2003	9950.2
2004	10449.6
2005	10754.5
2006	11048.4
2007	11347.6
2008	11492.8
2009	11391.3
2010	11977.8
2011	12274.6

Sumber : (BP, 2012 di dalam Surono, 2014)

Untuk mengantisipasi kekurangan sumber energi karena kebutuhan energi yang semakin meningkat, berbagai negara mulai mengembangkan dan menggunakan sumber-sumber energi baru, terutama sumber - sumber energi yang dapat diperbarui (renewable energy). Sumber energi terbarukan ini memiliki kelebihan dibanding sumber energi fosil yaitu tidak akan habis bila dikelola dengan baik dan lebih ramah lingkungan. Salah satu sumber energi terbarukan yang banyak dikembangkan adalah biogas (Haryati, 2006).

2.2 Pengertian Sampah

(Hadiwiyaoto, 1983 didalam rahman, 2007) menyatakan bahwa sampah adalah bahan sisa, baik bahan – bahan yang sudah tidak digunakan lagi (bahan bekas) maupun bahan yang sudah diambil bagian utamanya dan ditinjau dari segi sosial ekonomi tidak ada harganya dari segi sosial ekonomi tidak ada harganya serta dari segi lingkungan dapat menyebabkan pencemaran atau gangguan kelestarian. Soemirat (1994) berpendapat bahwa sampah adalah sesuatu yang tidak dikehendaki oleh yang punya dan bersifat padat. Azwar (1990) mengatakan yang dimaksud dengan sampah adalah sebagian dari sesuatu yang tidak dipakai, tidak disenangi atau sesuatu yang harus dibuang yang umumnya berasal dari kegiatan yang dilakukan manusia (termasuk kegiatan industri) tetapi bukan biologis karena kotoran manusia (*human waste*) tidak termasuk kedalamnya. Manik (2003) mendefinisikan sampah sebagai suatu benda yang tidak digunakan atau tidak dikehendaki dan harus dibuang, yang dihasilkan oleh kegiatan manusia.

2.2.1 Permasalahan Sampah

Telah lama sampah menjadi permasalahan serius di berbagai kota besar di Indonesia. Peningkatan jumlah penduduk di Indonesia berbanding lurus dengan sampah yang dihasilkan tiap harinya. Sampah berdasarkan kandungan zat kimia

dibagi menjadi dua kelompok, yaitu sampah anorganik pada umumnya tidak mengalami pembusukan, seperti plastik, logam. Sedangkan sampah organik pada umumnya mengalami pembusukan, seperti daun, sisa makanan.

Sebagian besar penduduk di Indonesia memanfaatkan sampah organik dijadikan sebagai pupuk kompos, akan tetapi pemanfaatan sampah organik sebenarnya tidak hanya dijadikan sebagai pupuk kompos saja melainkan dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif yaitu dengan cara dijadikan bahan dasar pembuatan biogas. Limbah dari proses pembuatan biogas juga dapat dimanfaatkan sebagai pupuk kompos. Bahan dasar biogas pada umumnya memanfaatkan kotoran ternak, misalnya sapi, kerbau, kuda, ayam, akan tetapi bahan tersebut bisa diganti dengan sampah organik. Pemanfaatan sampah organik sangat bagus sebagai bahan dasar pembuatan biogas, mengingat sampah organik yang ada di Indonesia masih belum terkelola dengan baik. Di Kabupaten Jember sendiri sampah organik dan anorganik dicampur menjadi satu kemudian dibuang pada TPA (Tempat Pembuangan Akhir). TPA Pakusari yang menjadi tempat akhir pemrosesan sampah dari perkotaan Kabupaten Jember saat ini hampir mengalami *overcapacity* (Masterplan Pengelolaan Sampah Perkotaan di Kabupaten Jember, 2013). Sejak tahun 1992 hingga 2012, jumlah timbulan sampah yang masuk ke TPA Pakusari terus mengalami peningkatan. Berdasarkan grafik, volume sampah di TPA Pakusari bersifat fluktuatif. Hal ini dapat dilihat dengan membandingkan volume sampah antara tahun 2009 dan 2010, rata-rata volume sampah setiap bulan yaitu 14.000 – 17.000 m³, sehingga dapat disimpulkan bahwa rata-rata volume sampah di TPA setiap harinya berkisar 400-500 m³. Hal ini dapat dijadikan potensi pengolahan sampah organik sebagai bahan dasar pembuatan biogas (Masterplan Pengelolaan Sampah Perkotaan di Kabupaten Jember, 2013).

2.3 Definisi Biogas

Biogas dapat dihasilkan dari berbagai macam bahan-bahan biomassa yang terdapat dilingkungan sekitar mulai dari berbagai limbah pertanian maupun berbagai

limbah peternakan peternakan dan agrikultur. Adapun kualitas dan kuantitas dari biogas sendiri tergantung pada bahan baku yang digunakan pada saat proses. Bahan baku yang paling umum digunakan adalah pupuk, limbah organik, dan tanaman dan biji-bijian seperti jagung, gandum dan rerumputan (Budzianowski, 2012 dalam Oleszek, 2014).

Beberapa hal yang menarik dari pada teknologi biogas adalah kemampuannya untuk membentuk biogas dari limbah organik yang jumlahnya berlimpah dan tersedia secara bebas. Variasi dari sifat-sifat biokimia menyebabkan produksi biogas juga bervariasi. Sejumlah bahan organik dapat digunakan bersama-sama dengan beberapa persyaratan produksi gas atau pertumbuhan normal bakteri metan yang sesuai. Beberapa sifat bahan organik tersebut mempunyai dampak/pengaruh yang nyata pada tingkat produksi biogas (Waskito, 2011). Komponen utama biogas adalah metana dan karbon dioksida. Adapun komposisi biogas seperti Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Komposisi Biogas

Komponen	%
Metana (CH ₄)	55-75
Karbon dioksida (CO ₂)	25-45
Nitrogen (N ₂)	0-0,3
Hidrogen (H ₂)	1-5
Hidrogen sulfida (H ₂ S)	0-3
Oksigen (O ₂)	0,1-0,5

Sumber :Widarta, 1997 dalam Mediastika, (2013).

Pembentukan gas metana secara biologis terjadi di alam dengan adanya bahan organik basah dengan ketiadaan oksigen, misalnya dalam saluran pencernaan sapi, kompos basah, tempat pembuangan sampah atau persawahan yang tergenang (Wittmaier, 2005).

2.3.1 Biogas dari sayuran

Sampah sayur di pasar – pasar tradisional sangat berlimpah jumlahnya, terdiri dari beberapa bahan buangan sisa proses penyotiran untuk dijual seperti sayur kangkung, kubis, bayam, sawi, dan ubi jalar, daun ubi kayu, kacang panjang dan brokoli (Sutrisno, tanpa tahun). Biogas yang telah dikenal tersebut diolah dari kotoran ternak dalam keadaan kedap udara. Secara Ilmiah, biogas yang dihasilkan dari sampah organik adalah gas yang mudah terbakar. Gas ini dihasilkan dari fermentasi bahan – bahan organik oleh bakteri anaerob. Umumnya semua jenis bahan organik bisa diproses untuk menghasilkan biogas. Tetapi hanya bahan organik baik padat maupun cair yang cocok untuk sistem biogas sederhana. Bila sampah – sampah organik tersebut membusuk, akan dihasilkan gas metana (CH_4) dan Karbondioksida (CO_2). Tetapi hanya CH_4 yang dimanfaatkan bahan bakar. Biogas sebagian besar mengandung gas metana (CH_4) dan karbondiokasida (CO_2). Energi yang terkandung dalam biogas tergantung dari konsentrasi metana (CH_4). Semakin tinggi kandungan metana maka semakin besar kandungan energi pada biogas (Sikanna, Rismawaty dkk 2013).

2.4 Pembentukan Biogas

2.4.1 Tahapan Pembuatan Biogas

Tahapan proses pembusukan biogas dibagi menjadi empat langkah (seperti tampak pada tabel). Setiap proses tersebut diikuti oleh sekelompok 8\8 bakteri yang berbeda-beda. Bakteri metagonik adalah bakteri penggerak utama dalam proses produksi metan. Ada beberapa jenis dari bakteri methagonic dan setiap bakteri bisa tumbuh pada kondisi lingkungan yang tertentu. Sehingga jika bakteri-bakteri tersebut tidak mendapatkan kondisi yang optimal, maka pertumbuhannya mungkin saja berada dibawah rata-rata atau bahkan kemungkinan mati, tergantung pada spesies dan kondisi (Abdullah,2011 dalam Ichsan,2014).

Tabel 2.3. Langkah proses pembusukan produksi biogas (Abdullah,2011 dalam Ichsan,2014)

Proses	Bakteri	Output
Hydrolisis	Anaerob hydrolysis	Monosakarida, asam amino, asam lemak
Peningkatan kadar asam	Pembentuk asam	Asam organik, CO ₂
Pembentukan asam asetat	Asam asetat	Asam asetat, CO ₂ , H ₂ O
Pembentukan metan	Methanogenic	Methan

Sumber : (Abdullah,2011 dalam Ichsan,2014)

2.5 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Produksi Biogas

Menurut Amaru (2004) dalam Padang (2011) bahwa “Laju proses fermentasi anaerob sangat ditentukan oleh faktor-faktor yang mempengaruhi mikro organisme”. Menurut beliau faktor-faktor tersebut diantaranya adalah:

1. Temperatur

Bakteri metana pada umumnya adalah bakteri mesofil, yaitu bakteri yang hidupnya dapat subur hanya pada temperatur disekitar suhu kamar. Oleh karena itu pembentukan biogas harus disesuaikan dengan temperatur kehidupan bakteri methana. Temperatur pembentukan dari 20°C-40°C dengan temperatur optimum 27°C-30°C. Namun penelitian lain mnyatakan bahwa “Temperatur optimum untuk pertumbuhan bakteri dan produksi biogas yang maksimum adalah antara 37°C dan 40°C, suatu rentangan yang menyertakan sebagian besar spesies bakteri *methanobacteria* (Gambar 2.1)

	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C	45°C	50°C
<i>Methanobacterium</i>					■	■	■
<i>Methanobrevibacter</i>					■		
<i>Methanosphaera</i>				■	■	■	
<i>Methanolobus</i>				■	■	■	
<i>Methanococcus</i>				■	■	■	
<i>Methanosarcina</i>			■	■	■	■	
<i>Methanocorpusculum</i>			■	■	■	■	
<i>Methanoculleus</i>				■	■	■	
<i>Methanogenium</i>	■	■	■	■	■	■	
<i>Methanoplanus</i>			■	■	■	■	
<i>Methanospirillum</i>				■	■	■	
<i>Methanococcoides</i>			■	■	■	■	
<i>Methanohalophilus</i>				■	■	■	■
<i>Methanohalobium</i>						■	■
<i>Methanosarcina</i>						■	■

Gambar 2.1 Rentangan temperatur optimal untuk pertumbuhan methanobacteria

Bavutti dkk, (2014)

2. Derajat keasaman (pH)

Pada dekomposisi anaerob faktor pH sangat berperan karena pada pH yang tidak sesuai, mikroba tidak dapat tumbuh dengan maksimal atau bahkan dapat menyebabkan kematian yang dapat menghambat proses produksi gas metan. Nilai pH yang dibutuhkan dalam biodigester adalah antara 6,2-8.

3. Kandungan air

Bentuk bubur hanya dapat diperoleh apabila bahan yang dihancurkan mempunyai kandungan air yang tinggi. Apabila bahan baku yang digunakan mempunyai kandungan air yang sedikit, maka bisa ditambahkan air.

4. Waktu penyimpanan

Waktu penyimpanan adalah waktu yang diperlukan untuk menghasilkan penguraian yang sempurna dari material organik. Waktu penyimpanan ini bervariasi berdasarkan variasi parameter proses. lama waktu penyimpanan untuk limbah pada

mesophilic digester 30-42 °C berkisar antara 15-30 hari dan 12-14 hari untuk thermophilic digester 43-55 °C (Monnet, 2003).

2.6 Teori Absorpsi

Absorpsi merupakan salah satu proses separasi dalam industri kimia dimana suatu campuran gas dikontakkan dengan suatu cairan penyerap tertentu sehingga satu atau lebih komponen gas tersebut larut dalam cairannya. Pada awal absorpsi sendiri ada 2 proses, yaitu :

1. Absorpsi fisik

Absorpsi fisik merupakan absorpsi dimana gas terlarut dalam larutan penyerap tidak disertai dengan reaksi kimia. Contoh reaksi ini adalah absorpsi gas H₂S dengan air, methanol, propilen karbonase. Penyerapan terjadi karena adanya interaksi fisik (Anggiriawan, 2012).

2. Absorpsi Kimia

Absorpsi kimia merupakan absorpsi dimana gas terlarut dalam larutan penyerap disertai dengan adanya reaksi kimia. Contoh absorpsi ini adalah absorpsi gas CO₂ dengan larutan Ca(OH)₂, NaOH, KOH dan sebagainya. Aplikasi dari absorpsi kimia dapat dijumpai pada proses penyerapan gas CO₂ pada pabrik Amonia. Penelitian Maryana dkk, (2008) mengatakan reaksi dengan oksida asam seperti CO₂ membentuk reaksi yang lengkap sebagai berikut:



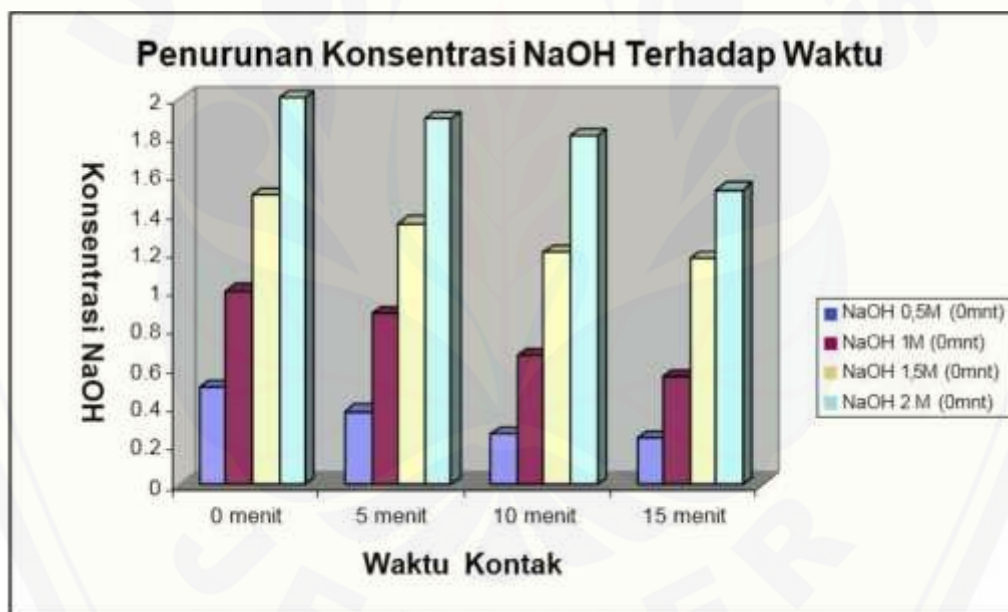
Suatu keuntungan dalam absorpsi kimia adalah meningkatkan harga koefisien perpindahan massa. Sebagian dari perubahan ini disebabkan makin besarnya luas efektif antar muka, karena absorpsi kimia dapat juga berlangsung di daerah hampir stagnan di samping perangkapan dinamik. Untuk memperluas permukaan kontak digunakan kolom berisi packing (packed coloum) dengan criteria pemilihan packing sebagai berikut :

- a. Memiliki luas permukaan terbasahi tiap unit volume yang besar

- b. Memiliki ruang kosong yang cukup besar sehingga kehilangan tekanan kecil
- c. Karakteristik pembasahan baik
- d. Densitas kecil agar berat kolom keseluruhan kecil
- e. Tahan korosi dan ekonomis

2.6.1 Penelitian Terdahulu Tentang Pemurnian Biogas Dengan Menggunakan Larutan NaOH Dan KOH

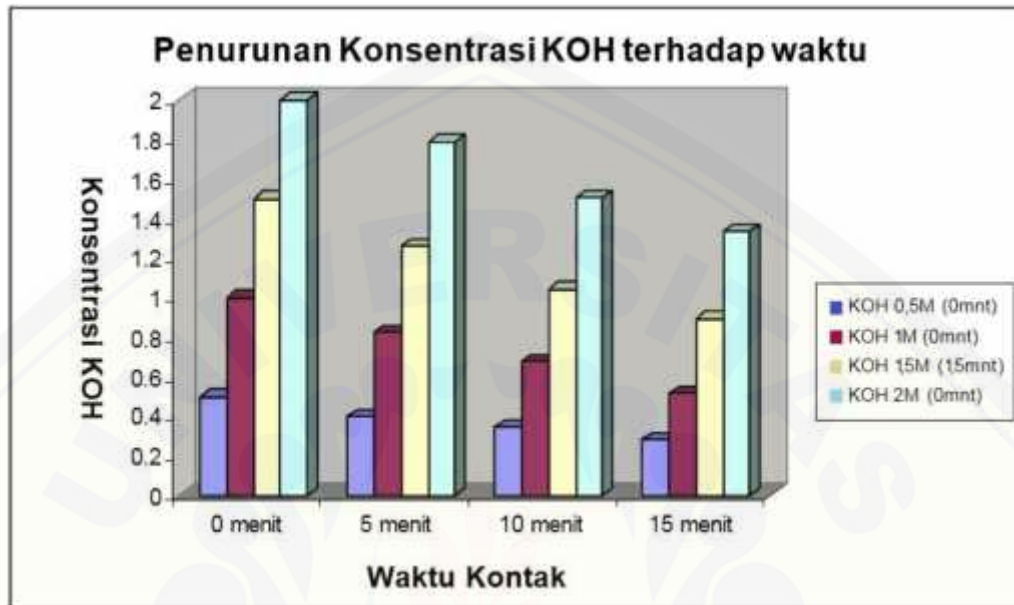
Hasil dari penelitian yang dilakukan oleh (Maryana, 2008) dengan menggunakan larutan NaOH dan KOH dari variasi molaritas dan waktu terhadap purifikasi biogas didapat grafik seperti pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Penurunan konsentrasi NaOH terhadap waktu (Maryana, 2008)

Dari Gambar 2.2 dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu kontak antara biogas dengan larutan NaOH maka konsentrasi CO_2 yang terserap juga akan semakin banyak. Penurunan konsentrasi NaOH 1M ternyata lebih linear terhadap waktu dibandingkan konsentrasi lainnya yaitu dari 1M kemudian menjadi 0,883 setelah 5

menit; 0,6645 M setelah 10 menit dan 0,555 M setelah 15 menit. Penurunan konsentrasi larutan KOH setelah kontak dengan biogas disajikan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Penurunan konsentrasi KOH terhadap waktu (Maryana, 2008)

Dari Gambar 2.3 dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu kontak antara biogas dengan larutan KOH maka konsentrasi CO_2 yang terserap juga akan semakin banyak. Adapun penurunan paling linear terjadi untuk KOH 1M yaitu menjadi 0,8207M setelah 5 menit; 0,6734M setelah 10 menit dan 0,5155M setelah 15 menit.

Dari hasil penelitian (Maryana, 2008) disimpulkan bahwa NaOH 1M dan KOH 1M memberikan serapan CO_2 maksimum berdasarkan reaksi asam basa dengan HCl. KOH 1M memberikan linearitas penyerapan yang lebih bagus dibanding NaOH 1M. Pengujian kemurnian kandungan metana dalam biogas dilakukan dengan alat gas kromatografi, absorber yang digunakan adalah KOH 1M dengan waktu kontak 10 menit. Hasil yang didapatkan kandungan metana meningkat dari 62,5% menjadi 77,4%.

2.6.2 Larutan KOH (Kalium Hidroksida)

KOH atau disebut sebagai Kalium Hidroksida memiliki ciri-ciri berbentuk kristal, butir, serpih, padat, batang yang berwarna putih sampai kuning dan tidak berbau. Dengan pH 13,5 (larutan 0,1 M); Berat molekul 56,11; titik didih 2408 °F (1320°C); Titik lebur 680°F (360°C); Kerapatan relatif 2,04; Tekanan uap 1 mmHg pada 714°C; mudah larut dalam air dingin, air panas, tidak larut dalam dietil eter (Nashville, 1997).

Penggunaan Kalium hidroksida digunakan sebagai fotografi dan litografi, membuat sabun cair, mengabsorpsi karbon dioksida, menghilangkan cat pernis, pewarna kain, dan tinta cetak. Dengan berbagai kegunaan yang salah satunya ialah dapat menyerap karbon dioksida (CO_2) dan mudah larut dengan air karena KOH mempunyai sifat Higroskopis. Higroskopis adalah kemampuan suatu zat untuk menyerap molekul air dari lingkungannya baik melalui absorpsi atau adsorpsi. Suatu zat disebut *higroskopis* jika zat itu mempunyai kemampuan menyerap molekul air yang baik. Contoh zat-zat higroskopis adalah madu, gliserin, etanol, metanol, asam sulfat pekat, dan natrium hidroksida (soda kaustik) pekat. Kalsium klorida merupakan zat yang sangat higroskopis, sehingga kalsium klorida akan larut dalam molekul-molekul air yang diserapnya. (Wikipedia, 2013)

2.7 Karakteristik Nyala Api

Dalam proses pembakaran, bahan bakar dan udara bercampur dan terbakar dan pembakarannya dapat terjadi baik dalam mode nyala api ataupun tanpa mode nyala api. Berdasarkan buku *an introduction to combustion concept and application*, definisi api adalah pengembangan yang bertahan pada suatu daerah pembakaran yang dialokasikan pada kecepatan subsonic. Warna api dipengaruhi oleh 2 hal yaitu kandungan bahan bakar dan campuran udara yang ikut terbakar.

Ketika api memiliki warna cenderung merah hal tersebut dapat diartikan bahwa bahan terbakar api tersebut memiliki nilai kalor yang relatif rendah, atau udara

yang mencampuri proses pembakaran hanya sedikit sehingga campuran kaya. Saat api berwarna kebiruan adalah sebaliknya yang merepresentasikan nilai kalor bahan bakar yang tinggi, atau campuran miskin. Api hidrokarbon dikarakteristikan oleh radiasinya yang tampak. Dengan *excess air*, daerah reaksi akan terlihat biru.

Radiasi biru berasal dari eksitasi CH radikal di dalam daerah bertemperatur tinggi. Saat udara berkurang yang menyebabkan stoichiometrinya berkurang, daerah api akan berwarna biru-hijau yang berasal dari eksitasi C₂. Dalam kedua jenis api OH radikal memberikan kontribusi terhadap radiasi yang tampak. Jika campuran api kaya jelaga akan terbentuk akibat radiasi hitam. Meskipun radiasi jelaga memiliki intensitas maksimal dalam infra merah, kepekaan spectrum mata manusia menyebabkan kita melihat cahaya kuning terang (mendekati putih) akibat pudarnya emisi oranye, tergantung temperatur api. Terdapat dua tipe mode nyala api, yaitu:

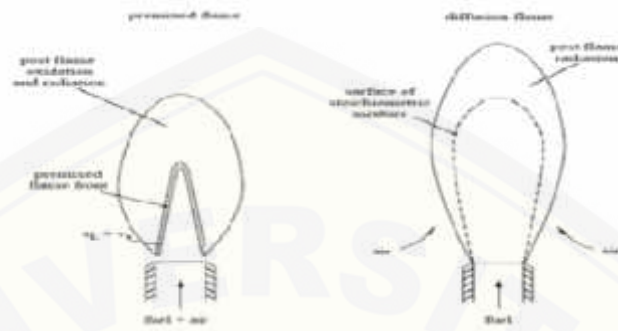
2.7.1 Premixed Flame

Premixed flame adalah api yang dihasilkan ketika bahan bakar bercampur dengan oksigen yang telah tercampur sempurna sebelum pemberian sumber api. Umumnya indikasi premixed flame dapat dilihat dari warna api yang berwarna biru. Laju pertumbuhan api tergantung dari komposisi kimia bahan bakar yang digunakan.

2.7.2 Diffusion Flame (Non-premixed)

Diffusion Flame adalah api yang dihasilkan ketika bahan bakar dan oksigen bercampur dan penyalaan dilakukan secara bersamaan. Laju difusi reaktan bisa dipengaruhi oleh energi yang dimiliki oleh bahan bakar. Umumnya pada nyala api difusi pengaruh udara dari luar sebagai oksidator pembakaran akan berpengaruh pada nyala api yang dihasilkan. Pemunculan dari nyala api akan tergantung pada sifat dari bahan bakar dan kecepatan pemancaran bahan bakar terhadap udara sekitarnya. Laju pencampuran bahan bakar dengan udara lebih rendah dari laju reaksi kimia. Nyala api difusi pada suatu pembakaran cenderung mengalami pergerakan nyala lebih lama dan menghasilkan asap lebih banyak daripada nyala *premix*. Nyala difusi berupa nyala

laminar (*Laminar Flame*) atau nyala turbulen (*Turbulen Flame*). Model nyala api ditampilkan pada Gambar 2.4



(a) Premix

(b) Difusi

Gambar 2.4 Nyala api (putri, 2009)

Selain itu kedua tipe di atas nyala api juga dibedakan berdasarkan jenis aliran yang terjadi, yaitu :

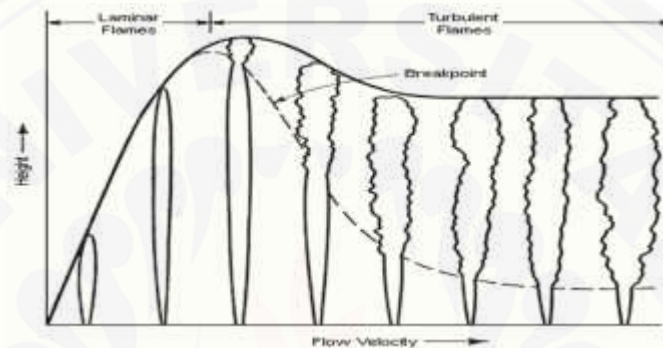
2.7.3 Api Laminar

Visualisasi api yang terlihat pada api tipe ini berbentuk secara laminar atau teratur. Api jenis ini memiliki bentuk mengikuti streamline aliran tanpa membentuk turbulensi atau gerakan tidak beraturan.

2.7.4 Api Turbulen

Api turbulen menunjukkan pola aliran nyala api yang tidak beraturan atau acak yang member indikasi aliran yang bergerak sangat aktif. Pada pembakaran gas hasil gasifikasi menunjukkan indikasi diskontinuitas atau produksi yang cenderung tidak konstan membuat api yang terbentuk juga mengalami hambatan dalam pertumbuhannya. Gas sebagai reaktan akan direaksikan bersama oksigen bersamaan dengan saat penyalaan. Kualitas dari nyala api juga tak lepas dari nilai kalor yang terkandung dalam syngas yang dihasilkan oleh proses gasifikasi. Semakin tinggi

kandungan zat yang flammable maka kualitas api juga akan semakin tinggi. Turbulen aliran - aliran tiga dimensi yang tidak teratur terdiri dari pusaran (Transport panas, massa, dan momentum yang beberapa kali lipat lebih besar daripada molekul konduktivitas, difusivitas, dan viskositas). Model Arus *laminar* vs arus *turbulent* pada nyala api ditampilkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Arus *laminar* vs arus *turbulent* (Putri, 2009)

Aliran laminar adalah aliran ketika uap kecepatan rendah pada bahan bakar dilepaskan dari kompor. Meningkatnya turbulensi akan meningkatkan propagasi api. Tapi intensitas turbulensi terlalu banyak menyebabkan tingkat propagasi menurun dan menyebabkan api padam. Turbulensi di pengaruhi aliran bahan bahan bakar yang menguap, kecepatan aliran bahan bakar, dan media penguapan bahan bakar (Bangkeju, 2012). Berikut ini beberapa penjelasan mengenai warna dan jenis api:

1. Api Merah

Api berwarna merah ini biasanya bersuhu dibawah 1000 derajat celcius. Api jenis ini termasuk api yang "kurang panas" dikarenakan jarang atau kurang sering digunakan di pabrik-pabrik industri baja / material. Kalau pada matahari, api ini berada pada bagian paling luarnya, yaitu bagian yang paling dingin. Nyala api merah ditampilkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Nyala api merah (Sumber: Bangkeju, 2012)

2. Api Biru

Api berwarna biru merupakan api yang mungkin sering kita jumpai di dapur. Biasanya api ini sering kita lihat di kompor gas. Rata-rata suhu api yang berwarna biru kurang dari 2000°C . Api ini berbahan bakar gas dan mengalami pembakaran sempurna. Jadi tingkatan api biru diatas merah. Nyala api biru ditampilkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Nyala api biru pada kompor gas (Bangkeju, 2012)

3. Api Putih

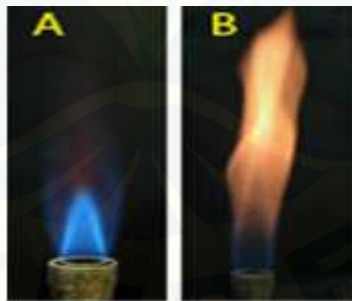
Nyala api putih merupakan api paling panas yang ada di bumi. Warna putihnya itu dikarenakan suhunya melebihi 2000 derajat celcius. Api inilah yang berada di dalam inti matahari dan muncul akibat reaksi fusi oleh matahari. Api ini paling banyak digunakan di pabrik-pabrik yang memproduksi material besi dan sejenisnya. Nyala api putih ditampilkan pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Nyala api putih pada proses produksi pabrik (Bangkeju, 2012)

4. Api Hitam

Nyala api yang paling panas itu berwarna hitam dan api hitam murni yang sesungguhnya sangat jarang ditemukan di bumi. Api hitam itu bisa saja disimulasikan. Misalnya kita lihat nyala api lilin atau kompor *bunsen* dengan seksama, maka ada perbedaan spektrum warna di dalamnya. Nyala *bunsen burner* ditampilkan pada Gambar 2.9.



(a) laminar (b) turbulen

Gambar 2.9 Nyala api *bunsen burner* (Bangkeju, 2012)

Bisa dilihat kalau di bagian pangkal api ada bagian kecil yang warnanya nyaris transparan, itulah yang disebut dengan api hitam. Karena definisi warna hitam

pada spektrum warna cahaya adalah sebenarnya ketiadaan cahaya, jadi kelihatannya transparan. Ini adalah bagian yang paling panas, sehingga kalau mau memanaskan reaksi kimia, tabung uji harus ditempatkan di bagian ini. Gambar 2.10 di bawah ini adalah contoh untuk simulasi yang lebih jelas. Bisa dilihat kalau apinya seolah menggantung di atas sumbu lilin, bagian transparan itulah yang disebut api hitam.



Gambar 2.10 Nyala api lilin (Bangkeju, 2012)

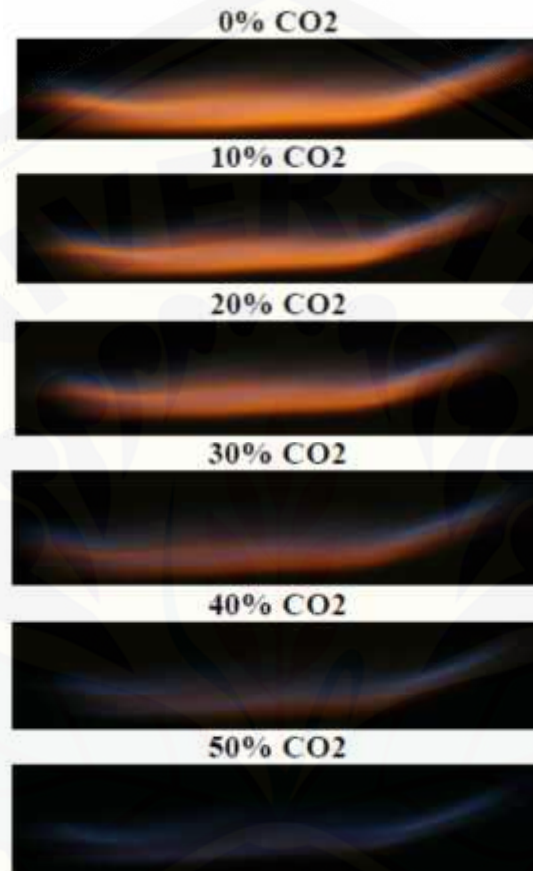
Warna dari api juga bisa dibuat dengan pembakaran bahan kimia atau alkali tanah, contoh:

1. *Red Strontium* adalah api merah (pakai Stronsium).
2. *Orange Calcium Chloride* adalah api oranye (pakai Kalsium).
3. *Yellow Sodium Chloride* adalah api kuning (pakai Sodium).
4. *Green Copper Sulfate* adalah api hijau.
5. *Blue Copper Chloride* adalah api biru.
6. *Violet 3 parts Potassium Sulfate 1 part Potassium Nitrate* adalah api ungu.
7. *White Magnesium Sulfate* adalah api putih (pakai Magnesium).

2.7.5 Warna Api

Penelitian Kharisman dkk, (2014) mengatakan CO_2 berpengaruh besar terhadap warna nyala api biru dan api kuning. Hal ini terlihat jelas pada campuran kaya, dimana banyak ditemukan api kuning yang lebih terang. Pola api yang

terbentuk terlihat bahwa dengan semakin meningkatnya konsentrasi CO_2 dari bahan bakar menyebabkan api semakin gelap seperti Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Foto api gas $\text{CH}_4\text{-CO}_2$ dengan variasi penambahan CO_2 dengan debit 8LPM (Toko dkk, 2014)

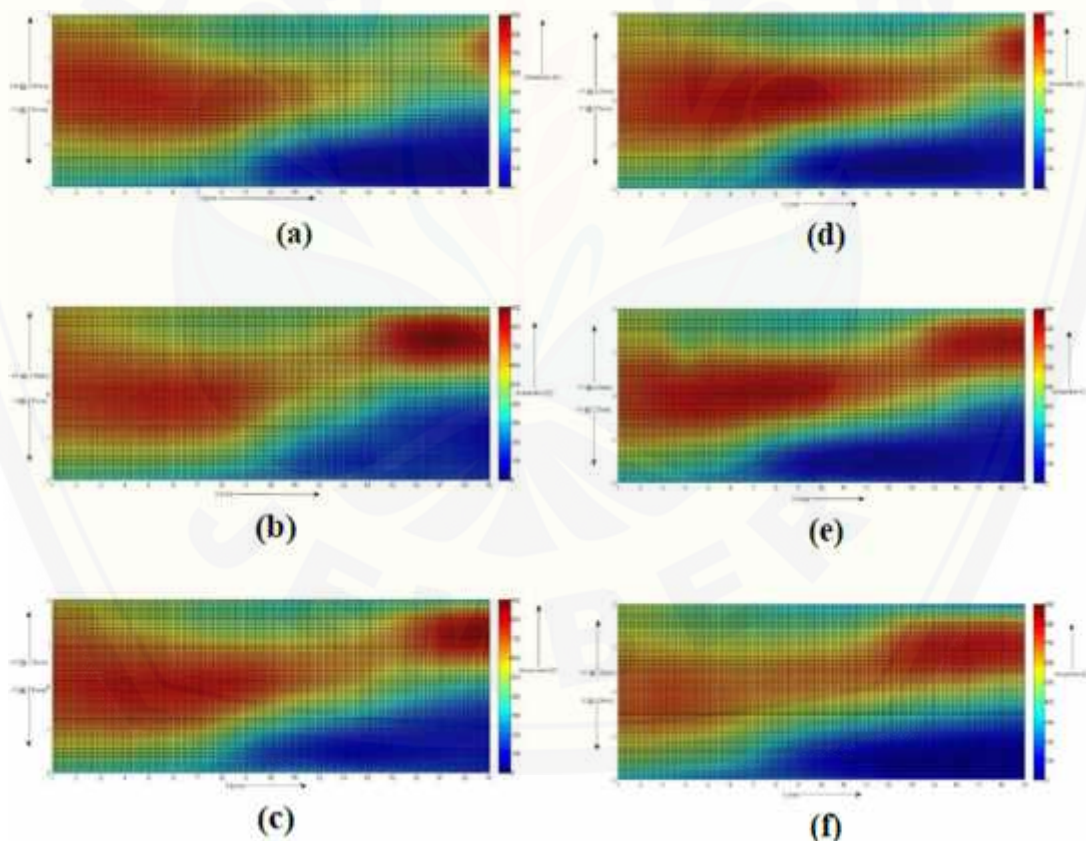
Pada Gambar 2.11 menunjukkan perubahan warna api disertai perubahan lebarnya. Prosentase CO_2 yang ditampilkan dalam foto tersebut adalah 0%, 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% .

Pola api yang terbentuk terlihat bahwa dengan semakin meningkatnya Prosentase CO_2 dari bahan bakar menyebabkan api semakin gelap. Sesuai dengan sifatnya gas CO_2

yaitu sebagai inhibitor, dimana kalor hasil proses pembakaran sebagian terserap oleh gas CO₂. Oleh karena itu tingkat kecerahan api pada bahan bakar yang lebih banyak mengandung gas CO₂ lebih rendah kecerahannya secara keseluruhan. yang diakibatkan adanya variasi penambahan CO₂ pada bahan bakar.

2.7.6 Temperatur Pembakaran

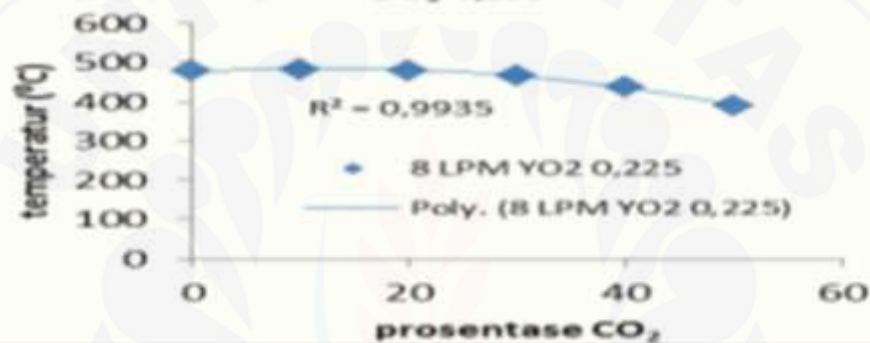
Penelitian Toko dkk, (2014) mengatakan bahwa semakin besar prosentase CO₂ dalam bahan bakar maka kalor hasil proses pembakaran sebagian terserap oleh gas CO₂ dikarenakan asupan bahan bakar yang kurang disaat jumlah oksidator masih banyak seperti Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Distribusi temperatur api difusi *counterflow flame* (Toko dkk, 2014)

Dari semua gambar *plotting* pada Gambar 2.12 dapat dilihat bahwa distribusi temperatur bagian atas api lebih besar atau dengan kata lain temperatur pada bagian atas api lebih tinggi dibandingkan dengan distribusi temperatur bagian bawah api. Rata-rata besarnya temperatur pada bagian atas api sekitar 305-522 °C, sedangkan rata-rata besarnya temperatur pada bagian bawah api hanya sekitar 186-488 °C.

Untuk lebih jelasnya mengenai pengaruh besar prosentase CO₂ terhadap distribusi nyala api pada penelitian ini dapat dilihat pada grafik di berikut.



Gambar. 2.13 Grafik hubungan prosentase CO₂ pada bahan bakar terhadap temperatur
(Toko dkk, 2014)

Pada setiap penambahan prosentase CO₂ menunjukkan tren naik yang kemudian turun. Penambahan prosentase CO₂ pada penelitian ini menurunkan derajat temperatur yang dapat digenerasi oleh nyala api. Gas CO₂ bersifat inhibitor menyerap sebagian kalor hasil pembakaran sehingga hasil dari pembakaran yang terjadi tidak sempurna.

2.7.7 Kalor Pembakaran

Irawan, (2014) mengatakan bahwa kalor adalah suatu bentuk energi yang diterima oleh suatu benda yang menyebabkan benda tersebut berubah suhu atau wujud bentuknya. Kalor berbeda dengan suhu, karena suhu adalah ukuran dalam satuan derajat panas. Kalor merupakan suatu kuantitas atau jumlah panas baik yang

diserap maupun dilepaskan oleh suatu benda. Jika benda menerima kalor, maka kalor itu digunakan untuk menaikkan suhu benda, atau berubah wujud. Benda yang berubah wujud dapat berupa mencair, atau menguap. Pada penelitian ini kalor hasil pembakaran sempurna disebut sebagai kalor bakar. Perubahan kalor pada suatu reaksi dapat diukur melalui pengukuran perubahan suhu yang terjadi pada reaksi tersebut (Brady, James E.1999 di dalam Tazi, dkk. Tanpa tahun). Persamaan sebagai berikut :

$$q = m \times c \times \Delta T \dots\dots\dots(2-1)$$

$$q(kcal) = C \times \Delta T$$

- Dimana :
- q = jumlah kalor (J)
 - m = massa zat (g)
 - T = perubahan suhu (°C/K)
 - c = kalor jenis (J/g. °C)
 - C = kapasitas kalor (J/°C)

Salah satu fitur yang paling penting dari proses pembakaran adalah suhu tertinggi produk pembakaran yang bisa dicapai. Suhu produk akan besar bila tidak ada kerugian panas ke lingkungan sekitarnya dan semua energi yang dilepaskan dari pembakaran digunakan untuk memanaskan produk. Nilai pemanasan macam – macam bahan bakar seperti pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Nilai pemanasan berbagai bahan bakar

Fuel	Heating value		
	MJ/kg	BTU/lb	KJ/mol
Hydrogen	141,8	61,1	286
Methane	55,5	23,9	890
Ethane	51,9	22,4	1,56
Propane	50,35	21,7	2,22
Butane	49,5	20,9	2,877

Gasoline	47,3	20,4	-5,4
Paraffin	46	19,9	16,3
Diesel	44,8	19,3	-4,48
Coal	15 - 27	8,000 - 14,000	200 - 350
Wood	15	6,5	300
Methanol	22,7	9,8	726
Ethanol	29,7	12,8	1,368
Propanol	33,6	14,5	2,02
Ammonia	22,5	9,69	382
Carbon	32,8	14,1	39,5

Sumber : Mcallister dkk, (2011)

2.8 Hipotesa

Dari permasalahan di atas dapat diambil hipotesa sebagai berikut:

Dengan purifikasi biogas menggunakan larutan KOH yang bersifat *higroskopis* yaitu dapat mengikat CO₂ akan menurunkan kadar konsentrasi CO₂. Dengan turunnya kadar CO₂ akan meningkatkan kadar CH₄ yang dapat meningkatkan kualitas biogas melalui uji karakteristik api yang akan menghasilkan perubahan warna api. Distribusi temperatur biogas baik ditandai yang semakin dengan semakin baik pula kalor pembakaran yang menunjukkan nilai yang cenderung meningkat dibandingkan dengan biogas tanpa purifikasi dan sesudah purifikasi.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, yaitu suatu metode yang digunakan untuk menguji pengaruh larutan KOH 1M terhadap kualitas pemurnian biogas. Dalam penelitian ini, biogas disirkulasikan ke alat purifikasi sistem kontinu untuk menyerap gas CO₂ menggunakan larutan KOH 1M. Biogas sebelum dan sesudah pemurnian digunakan sebagai bahan bakar pada alat uji karakteristik termal api biogas. Pengujian tahap ini adalah untuk mengetahui pengaruh pemurnian biogas terhadap kalor Pembakaran, warna api, dan temperatur pembakaran.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

3.2.1 Tempat penelitian

- a. Pembuatan Reaktor Biogas, Pembuatan Alat Purifikasi Biogas, Pemurnian Biogas, Uji Warna Api dan Temperatur Pembakaran Api Biogas

Penelitian dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

- b. Penelitian Pemurnian Biogas, uji kalor pembakaran, uji warna api, dan uji temperatur pembakaran

Penelitian dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

3.2.2 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama kurang lebih 5 bulan pada bulan februari 2016 – Juni 2016

3.3 Alat dan bahan penelitian

a. Pembuatan Reaktor Biogas

Alat yang digunakan yaitu:

- Mesin bor
- Kikir
- Alat Pemanas
- Penggaris
- Pisau

Bahan yang digunakan yaitu:

- Drum plastik ukuran 200 liter
- Pipa ukuran 2" dengan panjang 15 cm dan 30 cm
- Sambungan pipa L 3 buah
- Corong Pipa 1 buah
- Lem

b. Bahan yang digunakan sebagai biogas yaitu sampah organik yang diambil dari pasar Tanjung di kota Jember

c. Pembuatan Alat Purifikasi Biogas

Alat yang digunakan yaitu:

- Mesin bor
- Gergaji besi
- Penggaris
- Pisau

Bahan yang digunakan yaitu:

- Pipa plastik ½"
- Tabung kaca kaapasitas 4 liter.
- Larutan KOH

d. Penelitian kalor pembakaran api biogas

Alat yang digunakan yaitu:

- *Bunsen burner*
- Selang
- Pemantik api

e. Penelitian uji warna api dan temperatur pembakaran

- Stopwatch
- Pemantik api
- Alat pertukangan
- Kamera Canon *high speed* 60 *frame/s* 1.280x720 , 120 *frame/s* 640x480, 240 *frame/s* 224x168, 480 *frame/s* 224x168, dan 1000 *frame/s* 224x64
- Data logger
- Selang ¼"
- *Bunsen burner*
- *Thermocoupe*

3.4 Variabel Penelitian

3.4.1. Variabel Bebas

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

1. Biogas tanpa purifikasi
2. Biogas yang telah dipurifikasi dengan KOH 1M.

3.4.2. Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang besarnya tidak dapat ditentukan sepenuhnya oleh peneliti, tetapi besarnya tergantung pada variabel bebasnya. Penelitian ini mempunyai variabel terikat yang meliputi data-data yang diperoleh pada pengujian pemurnian biogas menggunakan KOH 1M dan pengujian warna api dengan menganalisa data-datanya yang meliputi:

1. Kalor pembakaran api.

2. Gambar warna api
3. Temperatur api.

3.4.3 Variabel Kontrol

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

1. Perbandingan air : sampah pasar : kotoran sapi : jerami padi adalah 3 : 4,5 : 2 : 0,5 dalam satuan volume.
2. Larutan purifikasi menggunakan KOH dengan kandungan 1 M

3.5 Metode Pengumpulan dan Pengolahan Data

Data yang dipergunakan dalam pengujian ini meliputi:

- a. Data primer, merupakan data yang diperoleh langsung dari pengukuran pengujian kalor pembakaran, warna dan distribusi temperatur api.
- b. Data sekunder, merupakan data yang diperoleh dari literatur perhitungan maupun hasil pengujian dari kalor pembakaran, warna dan temperatur pembakaran api.

3.6 Pengamatan yang Dilakukan

Pada penelitian ini yang akan diamati adalah:

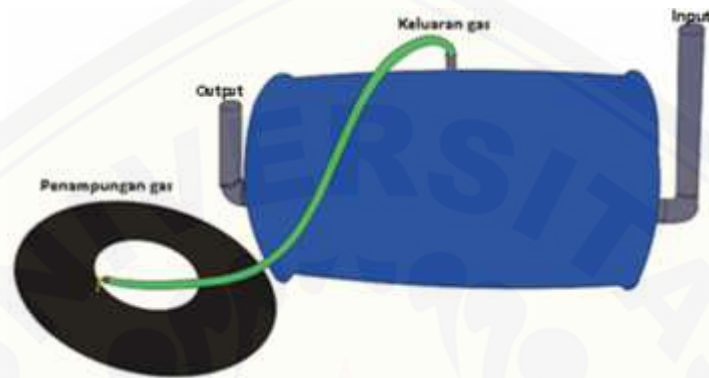
- 1 Kalor Pembakaran
- 2 Gambar warna api
- 3 Temperatur api.

3.7 Tahap Penelitian

Prosedur pengujian yang dilakukan adalah untuk mengetahui pengaruh konsentrasi dan waktu kontak terhadap pemurnian biogas dengan KOH 1M. Tahap prosedur yang dilakukan dalam pengujian adalah sebagai berikut.

3.7.1 Tahap Pembuatan Reaktor Biogas

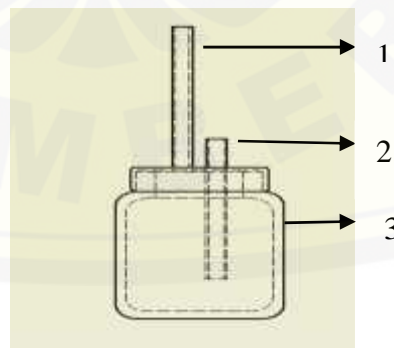
Tahap pembuatan reaktor biogas dilakukan dengan menggunakan bahan utama yaitu drum yang dirancang kedap udara.



Gambar 3.1 Reaktor Biogas

3.7.2 Tahap Pembuatan Alat Purifikasi Biogas

Tahap pembuatan alat purifikasi biogas dilakukan dengan memodifikasi tabung yang terbuat dari kaca kemudian dipasang 2 selang $\frac{1}{4}$ " pada penutupnya sebagai saluran masuk tabung purifikasi dan selang keluaran seperti pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Alat Purifikasi

Keterangan Gambar :

1. Saluran masuk biogas
2. Saluran Keluar Biogas
3. Tabung Purifikasi

3.7.3 Tahap Penyiapan KOH

Tahap penyiapan KOH dilakukan dengan membeli di toko kimia dan membuat larutan KOH 1M. Perbandingan larutan KOH (Mr K=39, O=16, H=1) dan air (3 liter) dapat dicari dengan rumus :

1. Melarutkan KOH dengan konsentrasi sebesar 1 molaritas dan pada air jernih.

Sesuai dengan rumus untuk menentukan molaritas yaitu:

$$M = \frac{n}{V}; \quad n = \frac{m}{M}$$

Dimana: M = Molaritas; V = Volume larutan (liter); n = Mol;

m = Massa (gram); Mr = Molekul relatif.

Dimana diketahui Mr untuk KOH adalah 56.

$$M \times V = \frac{m}{M} \Leftrightarrow m = M \times V \times M$$

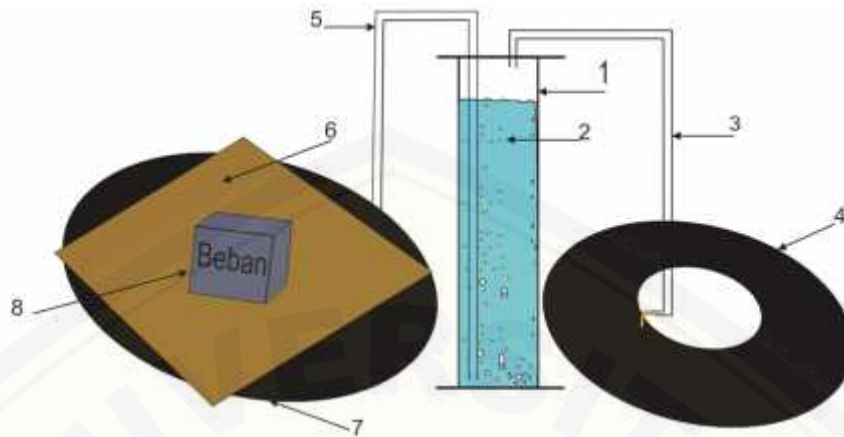
Maka, jika diasumsikan volume larutan adalah 1 liter maka dapat diketahui massa KOH dengan konsentrasi 1 molaritas adalah 56 gram dan untuk 1 molaritas 3 liter adalah 168 gram.

Jadi, larutan perbandingan KOH dan air yang dipakai adalah 168 gram : 3 liter

3.7.4 Tahap Pemurnian Biogas

Tahap pemurnian biogas ini yang perlu diperhatikan adalah reaktor biogas, saluran pipa, dan alat purifikasi terjadi kebocoran atau tidak, agar hasil penelitian tidak mengalami masalah. Berikut langkah pembuatannya:

2. Mengecek kebocoran pada reaktor dan alat purifikasi,
3. Mendesain sirkulasi alat purifikasi biogas (Gambar 3.3).
4. Memasukkan KOH dengan molaritas 1M ke dalam alat purifikasi
5. Memasang alat purifikasi.



Gambar 3.3 Skema pemurnian biogas

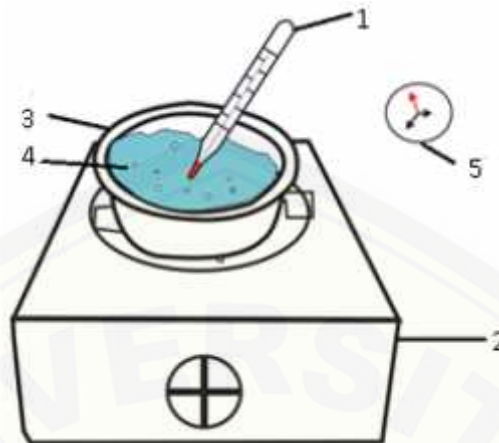
Keterangan gambar:

- | | |
|----------------------------|---------------------------------------|
| 1. Alat Purifikasi | 5. Selang <i>input</i> ¼" |
| 2. Larutan KOH Selang | 6. papan |
| 3. Selang <i>output</i> ¼" | 7. Penampungan gas sebelum purifikasi |
| 4. Penampungan gas | 8. Beban |

3.8 Tahap Pengujian

3.8.1 Pengujian Kalor Pembakaran Api Biogas

Tahap pengujian kalor pembakaran api biogas ini dilakukan dengan menghitung kalor yang diserap oleh air sebanyak 1 kg, untuk menaikkan suhu selama 150 detik. Pengujian menggunakan kompor biogas "*Butterfly*". Skema pengujian kalor pembakaran ditunjukkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Skema pengujian kalor pembakaran

Dari pengujian yang dilakukan akan didapatkan hasil seperti pada Tabel 3.4.

Keterangan gambar:

- | | |
|-------------------------------|--------------|
| 1. Termometer | 4. Bahan uji |
| 2. Kompor biogas standart SNV | 5. Stopwatch |
| 3. Wajan aluminium | |

Setelah hasil dari kenaikan temperatur terhadap waktu didapat, langkah selanjutnya adalah menghitung kalor yang diserap oleh air, dapat dihitung dengan rumus:

$$Q = m.C. T$$

Keterangan :

Q = kalor yang diserap oleh air (Joule)

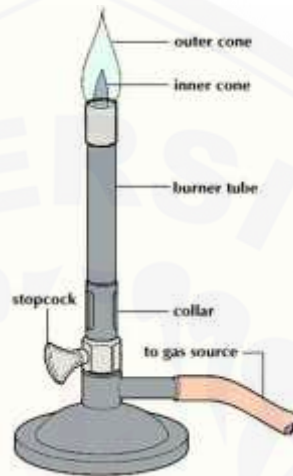
m = massa air (kg)

C = kalor jenis air (J/kg^oC)

T = Perubahan suhu (°C)

3.8.2 Pengujian Warna Api

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



Gambar 3.5 Bunsen Burner

Biogas yang telah dimasukkan ke dalam penampung disalurkan ke saluran masuk *bunsen burner*, nyalakan *bunsen* dengan bantuan korek api, foto api yang menyala pada *bunsen burner* menggunakan kamera. Foto yang telah didapat, di hitung nilai RGB dengan menggunakan software Corel Draw. Kemudian mencatat data hasil nilai RGB setiap luasan warna. kemudian setiap nilai RGB dibagi 255.

$$p = 2^d$$

dimana,

p = jumlah warna (derajat keabuan)

d = pixel depth / kapasitas yang diperlukan untuk menyimpan sebuah informasi warna (dalam bit).

Setelah diketahui nilai bagi dari 255 kemudian dihitung persentase warna api merah dengan menggunakan rumus berikut.

$$P_m = \frac{n_m}{N} \times 100\%$$

Keterangan:

N = jumlah nilai RGB : 255

n_m = jumlah nilai RGB merah

P_m = persentase warna merah (%)

Dan untuk menghitung persentase warna api biru digunakan rumus berikut.

$$P_b = \frac{n_b}{N} \times 100\%$$

Keterangan:

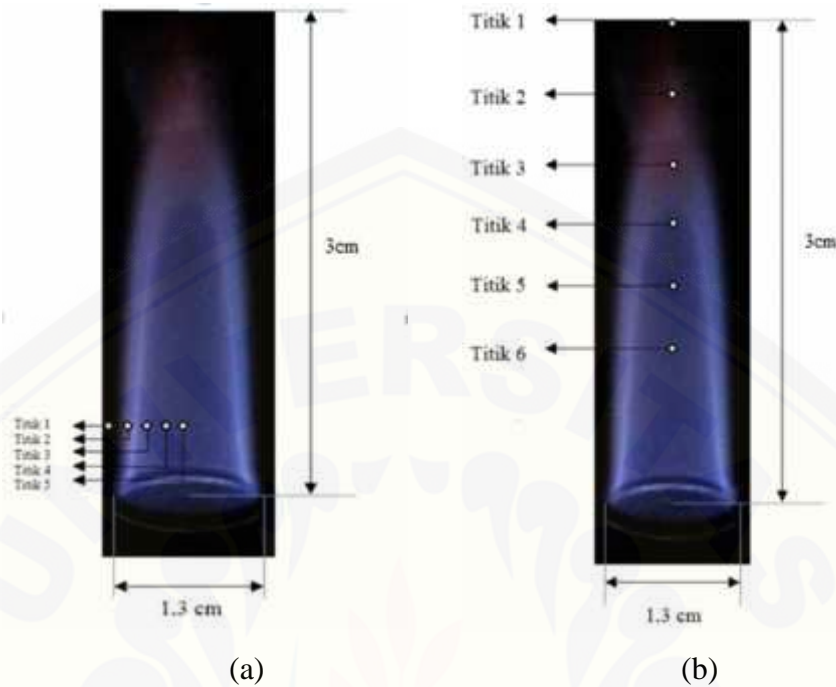
N = jumlah nilai RGB : 255

n_b = jumlah nilai RGB merah

P_b = persentase warna merah (%)

3.8.3 Distribusi temperatur

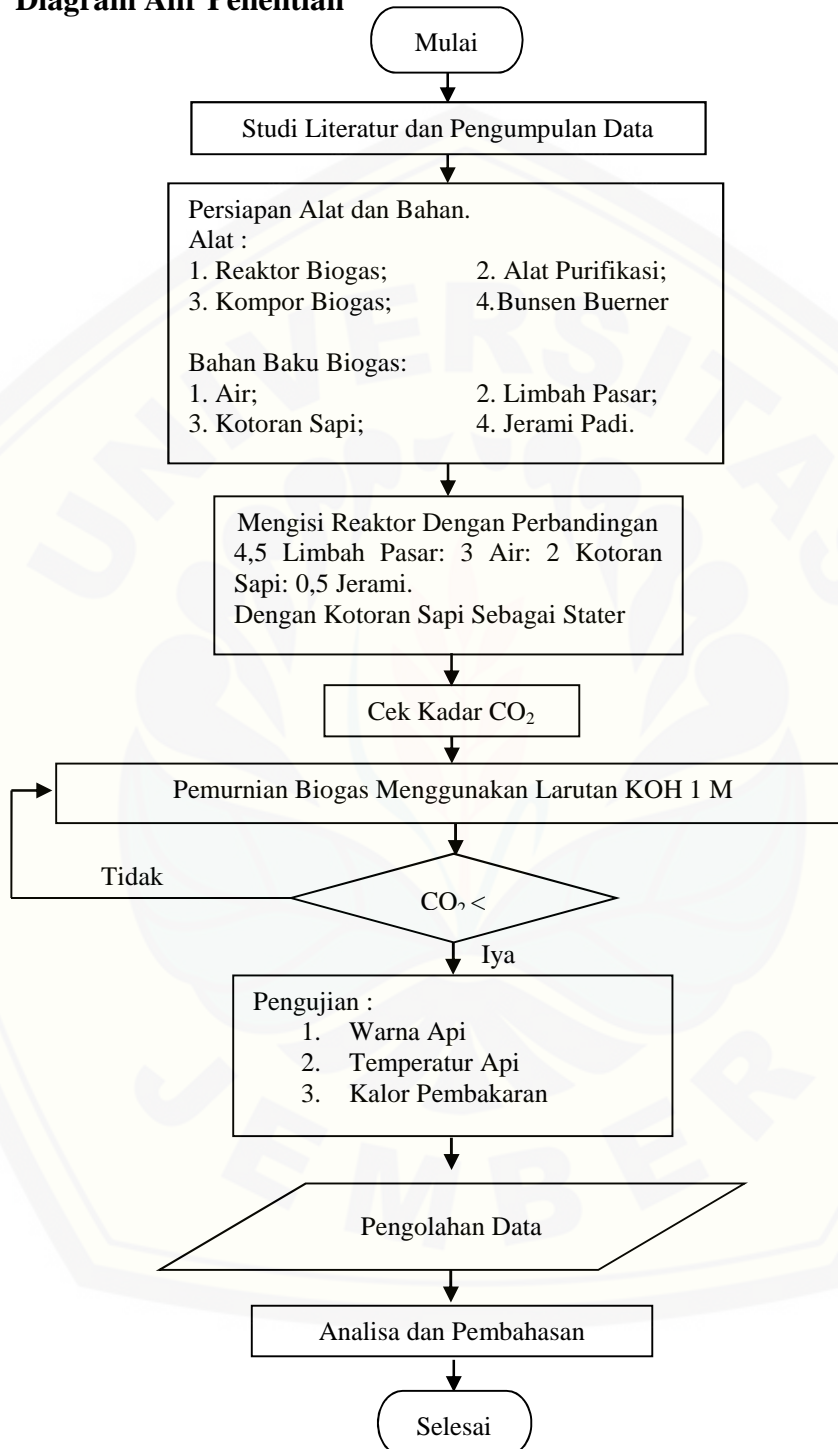
Tahap pengamatan distribusi temperatur pada biogas menggunakan *bunsen burner* (gambar 3.4) dan dilakukan pengukuran temperatur pada beberapa titik api pada sumbu horizontal dan vertikal menggunakan termokopel.



Gambar 3.6 Contoh pengambilan data temperatur secara
(a) horizontal dan (b) vertikal

Untuk mengetahui distribusi temperatur menggunakan KOH 1M dengan variasi pengukuran 2 mm di titik horizontal dan 4 mm di titik vertikal, dengan lama pengukuran temperatur 1 menit pada tiap titik dengan menggunakan alat ukur termokopel. Setelah dilakukan pengukuran dan pengambilan data pada distribusi temperatur. Kemudian dilakukan analisa terhadap penurunan dan kenaikan temperatur pada nyala api biogas yang dipurifikasi dengan biogas tanpa purifikasi.

3.9 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.7 Diagram alir pada pemurnian biogas

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perbandingan biogas limbah pasar sebelum dan setelah purifikasi dengan larutan KOH 1M dengan karakteristik api biogas yang meliputi warna api, temperatur pembakaran dan kalor pembakaran dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Dari proses pembakaran biogas menggunakan *bunsen burner* pada biogas sebelum purifikasi persentase warna api biru sebesar 58,24% dan persentase warna merah 41,75%, sedangkan biogas setelah purifikasi persentase warna biru sebesar 68,51% dan persentase warna merah sebesar 31,48%. Peningkatan persentase warna biru sebesar 10,27% dan penurunan persentase warna merah sebesar 10,27% dikarenakan pengaruh komposisi CH_4 pada biogas yang membuat api semakin biru dan CO_2 membuat api semakin merah dan semakin tinggi prosentase warna biru menunjukkan kualitas biogas yang semakin baik.
2. Hasil pengujian distribusi temperatur nyala api menghasilkan perbandingan temperatur biogas tanpa purifikasi dengan biogas yang telah dipurifikasi menggunakan KOH 1M. Pada bidang horizontal yang terdapat 5 titik pengukuran dan masing-masing titik mempunyai jarak 2mm, pada bidang vertikal 6 titik pengukuran dan masing-masing titik mempunyai jarak 4mm. Nilai temperatur tertinggi biogas pada bidang horizontal terjadi pada titik 4 dengan kenaikan suhu $62,8^\circ\text{C}$ sesudah purifikasi dan terjadi suhu tertinggi pada bidang vertikal pada titik 3 dengan kenaikan suhu $134,27^\circ\text{C}$ sesudah purifikasi.
3. Dari proses pemanasan air dengan biogas tanpa purifikasi dengan biogas yang telah dipurifikasi menggunakan KOH 1M, dengan lama waktu pemanasan air 150 detik dan pengambilan data perubahan temperatur air setiap 30 detik, didapatkan hasil menunjukkan temperatur semakin

meningkat setiap 30 detik dan pada detik ke 150 sebelum purifikasi air bertemperatur $49,8^{\circ}\text{C}$ lebih kecil dibandingkan sesudah purifikasi pada detik ke 150 air bertemperatur $71,8^{\circ}\text{C}$, begitu juga dengan kalor yang diserap air pada detik ke 150 sebelum purifikasi yaitu 24,494 KJ dan mengalami peningkatan setelah purifikasi yaitu 46,67 KJ.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan penulis dari hasil penelitian yaitu antara lain:

1. Pada pengujian distribusi temperatur bisa dilakukan variasi titik api, AFR (campuran udara dengan bahan bakar) pada saat pembakaran biogas, dan tinggi api.
2. Pengujian pada saat purifikasi dapat dikembangkan pada variasi tekanan biogas, variasi gelembung, variasi larutan absorber saat proses purifikasi biogas.

DAFTAR PUSTAKA

- Andardini, P., 2010. *Pemurnian Biogas dengan Proses Adsorpsi CO₂*. Thesis. Yogyakarta : Magister Sistem Teknik Universitas Gadjah Mada.
- Anggiriawan dan Rendy. 2010. *Kinetika Absorpsi*. http://rendy.student.umm.ac.id/download-aspdf/umm_blog_article_35.pdf [12 Maret 2015].
- Azwar, Asrul. (1990). *Pengantar Ilmu Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: Mutiara Sumber Widya.
- Bangkeju. 2012. *Macam – macam warna api*. <http://bangkeju.blogspot.co.id/2012/07/macam-macam-warna-api/> diakses pada [29 juni 2016].
- Bavutti Matteo, Guidetti Luca dan Allesina Giulio. 2013. *Thermal Stabilization of Digester of Biogas Plants by Means of Optimization of The Surface Radiative Properties of The Gasometer Domes*. Energy Procedia 45, hal 1344-1353.
- Hamidi, N., Wardana, I., dan Widhiyanuriyawan, D. 2011. *Peningkatan Kualitas Bahan Bakar Biogas Melalui Proses Pemurnian Dengan Zeolit Alam*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Haryati, T., 2006, *Biogas : Limbah Peternakan Yang Menjadi Sumber Energi Alternatif*, Balai Penelitian Ternak, Bogor.
- Ichsan., Hady H., Roy H. 2014. *Integrated Biogas-Microalgae from Waste Waters as the Potential Biofinery Sources in Indonesia*. Energy Procedia [journal] 47, hal. 143-148.
- Kurniawan, O. dan Marsono, 2008, *Superkarbon Bahan Bakar Alternatif Pengganti Minyak Tanah dan Gas*, Penebar Swadaya, Jakarta.
- Maryana, roni., Satriyo K.W., Kismurtono, M. 2008. *Proses Pemurnian Metana dari Biogas Menggunakan Larutan NaOH Dan KOH*. Surabaya : Institut Teknologi 10 November.
- Mcallister, Sara, Chen, Jyh-Yuan dan Pello, A. 2011. *Handbook Fundamentals Of Combustion processes. USA. University Of Calivornia, Berkeley*
- Monnet, F. 2003. *An Introduction to Anaerobic Digestion of Organic Waste. Scotland. [Final Report]*.
- Oleszek, M. 2014. *Comparison of Biogas Production from Wild and Cultivated Varieties of Reed Cane Grass*. Bioresource Technology [journal] 156, hal. 303-306.
- Oparaku, N. F. dan Oformata, A. C. 2013. *Bioderadation of Agricultural Waste and Pig Dung in Anaerobic Digester*. International Journal of Physical Sciences. Vol. 1 (4), hal. 062-068.
- Padang, Y.A., Nurchayati., Suhandi. 2011. *Meningkatkan Kualitas Biogas Dengan Penambahan Gula*. Jurnal Teknik Rekayasa. Vol.12, no. 1.

- Prasetya, A., Widhiyanuriyawan, D., dan Sugiarto. *Pengaruh Konsentrasi NaOH Terhadap Kandungan Gas CO₂ Dalam Proses Purifikasi Biogas Sistem Continue*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Putri, G. A. 2009. *Pengaruh Variasi Temperatur Gasifying Agent Ii Media Gasifikasi Terhadap Warna Dan Temperatur Api Pada Gasifikasi Reaktor Downdraft Dengan Bahan Baku Tongkol Jagung*. Surabaya : Institut Teknologi 10 November.
- Sikanna, Rismawaty, Mappiratu, Mujahidah 2013, *Kajian Teknologi Produksi Biogas Dari Sampah Basah Rumah Tangga* Jurusan Kimia Fakultas, MIPA, Universita Tadulko.
- Soemirat, juli. 1994. *Ekologi, Lingkungan Hidup dan Pembangunan*. Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada.
- Surono, B. 2014. *Peningkatan Kualitas Biogas Dengan Metode Absorsi Dan Pemakaiannya Sebagai Bahan Bakar Mesin Generator Set (Genset)*. Jogjakarta : Universitas Janabadra.
- Toko, H., Sasongko, M. N., dan Wijayanti, W. 2013. *Pengaruh Prosentase CO₂ Terhadap Distribusi Temperatur Pembakaran Difusi CH₄-CO₂ Pada Counterflow Burner*. Malang: Universitas Brawijawa.
- Turns, S. R. 1996. *An Introduction To Combution Concepts and Aplication*. Mc Graw Hill.
- Umesh, S. dan Kansingh, B. 2013. *Activated Sludge Treatment Process to Increase Bio Gas Production-A Need of Present Energy Crisis Scenario*. Dausa: S J College Of Engg. and Technology.
- Waskito, Didit. 2011. *Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Biogas dengan Pemanfaatan Kotoran Sapi di Kawasan Usaha Peternakan Sapi*. [Tesis]. FT UI.
- Widodo, Djoko adi, Suryono dan Tatyantoro A. 2010. *Pemberdayaan Energi Matahari Sebagai Energi Listrik Lampu Pengatur Lalu Lintas*. Semarang: Universitas Semarang
- Wittmaier, M. 2005. *Handbook Decision Support System (Dss) for The Application of Renewable Energy (RE) from Biogas and Biomass Combustion Under Particular Consideration of Framework Condition in Vietnam and Thailand*. Version 1.0. co-funded by European Commission Within The Framework Of The Asean-Eu University Network Progamme (AEUNP).

LAMPIRAN A. TABEL DAN PERHITUNGAN

A.1 Uji Warna Api

1. Sebelum Purifikasi

a. Pengulangan 2



Gambar A1.1 Warna Api dan Titik Api

Tabel A1.1 Nilai RGB pengulangan 2

titik	Merah	Hijau	Biru	Merah / 255	Biru /255
1	10	5	2	0,039216	0,007843
2	13	7	7	0,05098	0,027451
3	21	7	6	0,082353	0,023529
4	15	6	9	0,058824	0,035294
5	24	8	8	0,094118	0,031373
6	11	10	15	0,043137	0,058824
7	26	17	20	0,101961	0,078431
8	33	12	9	0,129412	0,035294
9	14	15	50	0,054902	0,196078
10	23	16	23	0,090196	0,090196
11	27	19	19	0,105882	0,07451
12	21	23	36	0,082353	0,141176
13	29	23	33	0,113725	0,129412

14	40	18	20	0,156863	0,078431
15	21	23	36	0,082353	0,141176
16	49	52	83	0,192157	0,32549
17	36	26	27	0,141176	0,105882
18	20	29	44	0,078431	0,172549
19	58	76	124	0,227451	0,486275
20	35	26	31	0,137255	0,121569
21	29	34	56	0,113725	0,219608
22	65	87	136	0,254902	0,533333
23	72	86	131	0,282353	0,513725
24	22	21	29	0,086275	0,113725
25	27	33	55	0,105882	0,215686
26	71	94	146	0,278431	0,572549
27	45	64	106	0,176471	0,415686
28	32	40	61	0,12549	0,239216
29	44	55	57	0,172549	0,223529
30	49	64	105	0,192157	0,411765
31	48	64	98	0,188235	0,384314
32	38	44	76	0,14902	0,298039
33	41	51	87	0,160784	0,341176
34	56	84	123	0,219608	0,482353
35	67	85	135	0,262745	0,529412
Jumlah				4,831373	7,854902

Dari Tabel A1.1 didapatkan bahwa jumlah nilai RGB api merah 4,83 dan nilai RGB api biru 7,85. Kedua jumlah nilai RGB api merah dan nilai RGB api biru dijumlahkan didapatkan nilai 12,68. Untuk menghitung persentase warna api digunakan rumus sebagai berikut :

Persentase warna merah :

$$\frac{4,83}{12,68} \times 100\% = 38,08\%$$

Persentase warna biru

$$\frac{7,85}{12,68} \times 100\% = 61,91\%$$

b. Pengulangan 3



Gambar A1.2 Warna Api dan Titik Api

Tabel A1.2 Nilai RGB Pengulangan 3

titik	Merah	Hijau	Biru	Merah / 255	Biru /255
1	10	4	4	0,039216	0,015686
2	37	17	16	0,145098	0,062745
3	20	14	16	0,078431	0,062745
4	24	19	25	0,094118	0,098039
5	42	31	37	0,164706	0,145098
6	59	35	35	0,231373	0,137255
7	79	44	48	0,309804	0,188235
8	50	42	57	0,196078	0,223529
9	22	25	34	0,086275	0,133333
10	20	23	32	0,078431	0,12549
11	45	51	73	0,176471	0,286275
12	82	64	78	0,321569	0,305882
13	96	57	60	0,376471	0,235294
14	106	61	64	0,415686	0,25098
15	73	57	70	0,286275	0,27451
16	41	47	73	0,160784	0,286275
17	24	30	44	0,094118	0,172549
18	41	48	76	0,160784	0,298039
19	102	69	78	0,4	0,305882
20	112	62	63	0,439216	0,247059

21	134	79	76	0,52549	0,298039
22	77	53	66	0,301961	0,258824
23	45	52	78	0,176471	0,305882
24	25	33	46	0,098039	0,180392
25	41	50	81	0,160784	0,317647
26	140	85	90	0,54902	0,352941
27	169	104	102	0,662745	0,4
28	47	56	85	0,184314	0,333333
29	41	46	84	0,160784	0,329412
30	172	108	106	0,67451	0,415686
31	159	90	95	0,623529	0,372549
32	43	50	79	0,168627	0,309804
33	22	28	54	0,086275	0,211765
34	48	63	106	0,188235	0,415686
35	35	49	88	0,137255	0,345098
Jumlah				8,952941	8,701961

Dari Tabel A1.2 didapatkan bahwa jumlah nilai RGB api merah 8,95 dan nilai RGB api biru 8,7. Kedua jumlah nilai RGB api merah dan nilai RGB api biru dijumlahkan didapatkan nilai 17,65. Untuk menghitung persentase warna api digunakan rumus sebagai berikut :

Persentase warna merah :

$$\frac{8,95}{17,65} \times 100\% = 50,71\%$$

Persentase warna biru

$$\frac{8,7}{17,65} \times 100\% = 49,28\%$$

2. Setelah Purifikasi
 a. Pengulangan 2



Gambar A1.3 Warna Api dan Titik Api

Tabel A1.3 Nilai RGB Pengulangan 2

titik	Merah	Hijau	Biru	Merah / 255	Biru /255
1	21	16	20	0,082353	0,078431
2	33	30	47	0,129412	0,184314
3	37	38	58	0,145098	0,227451
4	50	49	78	0,196078	0,305882
5	61	62	106	0,239216	0,415686
6	52	55	70	0,203922	0,27451
7	74	82	129	0,290196	0,505882
8	83	86	129	0,32549	0,505882
9	62	79	149	0,243137	0,584314
10	78	87	152	0,305882	0,596078
11	81	88	132	0,317647	0,517647
12	90	104	177	0,352941	0,694118
13	94	108	181	0,368627	0,709804
14	93	102	195	0,364706	0,764706
15	93	113	182	0,364706	0,713725
16	87	105	155	0,341176	0,607843
17	97	110	197	0,380392	0,772549
18	78	97	163	0,305882	0,639216
19	99	123	193	0,388235	0,756863

20	97	115	198	0,380392	0,776471
21	96	116	202	0,376471	0,792157
22	76	93	165	0,298039	0,647059
23	97	115	201	0,380392	0,788235
24	96	116	201	0,376471	0,788235
25	72	92	163	0,282353	0,639216
26	93	100	202	0,364706	0,792157
27	98	126	209	0,384314	0,819608
28	75	99	173	0,294118	0,678431
29	85	108	196	0,333333	0,768627
30	82	110	217	0,321569	0,85098
31	65	96	178	0,254902	0,698039
32	88	212	200	0,345098	0,784314
33	97	123	216	0,380392	0,847059
34	59	81	167	0,231373	0,654902
35	93	123	214	0,364706	0,839216
Jumlah				10,71373	22,01961

Dari Tabel A1.3 didapatkan bahwa jumlah nilai RGB api merah 10,73 dan nilai RGB api biru 22,01. Kedua jumlah nilai RGB api merah dan nilai RGB api biru dijumlahkan didapatkan nilai 32,74. Untuk menghitung persentase warna api digunakan rumus sebagai berikut :

Persentase warna merah :

$$\frac{10,73}{32,74} \times 100\% = 32,73\%$$

Persentase warna biru

$$\frac{22,01}{32,74} \times 100\% = 67,26\%$$

b. Pengulangan 3



Gambar A1.4 Warna Api dan Titik Api

Tabel A1.4 Nilai RGB Pengulangan 3

titik	Merah	Hijau	Biru	Merah / 255	Biru /255
1	7	5	6	0,027451	0,023529
2	5	5	5	0,019608	0,019608
3	14	13	18	0,054902	0,070588
4	15	16	21	0,058824	0,082353
5	18	24	36	0,070588	0,141176
6	24	30	42	0,094118	0,164706
7	23	29	45	0,090196	0,176471
8	28	44	60	0,109804	0,235294
9	31	38	56	0,121569	0,219608
10	33	46	65	0,129412	0,254902
11	42	56	83	0,164706	0,32549
12	39	47	70	0,152941	0,27451
13	38	58	83	0,14902	0,32549
14	47	67	92	0,184314	0,360784
15	51	66	97	0,2	0,380392
16	57	75	111	0,223529	0,435294
17	62	83	126	0,243137	0,494118
18	67	94	141	0,262745	0,552941
19	63	89	135	0,247059	0,529412
20	66	88	137	0,258824	0,537255

21	70	93	134	0,27451	0,52549
22	65	89	125	0,254902	0,490196
23	62	81	114	0,243137	0,447059
24	57	73	106	0,223529	0,415686
25	44	63	93	0,172549	0,364706
26	52	68	93	0,203922	0,364706
27	51	65	94	0,2	0,368627
28	51	74	105	0,2	0,411765
29	59	75	108	0,231373	0,423529
30	60	80	115	0,235294	0,45098
31	28	73	66	0,109804	0,258824
32	33	45	71	0,129412	0,278431
33	28	42	69	0,109804	0,270588
34	68	92	138	0,266667	0,541176
35	24	41	71	0,094118	0,278431
Jumlah				5,811765	11,49412

Dari Tabel A1.4 didapatkan bahwa jumlah nilai RGB api merah 5,81 dan nilai RGB api biru 11,49. Kedua jumlah nilai RGB api merah dan nilai RGB api biru dijumlahkan didapatkan nilai 17,3. Untuk menghitung persentase warna api digunakan rumus sebagai berikut :

Persentase warna merah :

$$\frac{5,81}{17,3} \times 100\% = 33,58\%$$

Persentase warna biru

$$\frac{11,49}{17,3} \times 100\% = 66,41\%$$

A.2 Distribusi Temperatur

1. Data Distribusi temperatur (*Horizontal*)

Tabel A2.1 Nilai temperatur sebelum purifikasi

Jarak	percobaan 1	percobaan 2	percobaan 3	Rata - rata
Titik 1 (13)	151	75,4	54,5	93,63
Titik 2 (11)	118	92,2	203,6	137,93
Titik 3 (9)	178	185,9	184,3	182,73
Titik 4 (7)	241	288,9	305,4	278,43
Titik 5 (5)	322	209,6	156	159,33

Tabel A2.2 Nilai temperatur sesudah purifikasi

Jarak	percobaan 1	percobaan 2	percobaan 3	Rata - rata
Titik 1 (13)	99,6	139,7	113	117,43
Titik 2 (11)	200,2	133	141,2	158,13
Titik 3 (9)	360,3	263,9	323,6	315,93
Titik 4 (7)	322,9	356,5	344,3	341,23
Titik 5 (5)	247,5	280,5	201,1	243,03

2. Data Distribusi temperatur (*Vertikal*)

Tabel A2.3 Nilai temperatur sebelum purifikasi

Jarak	percobaan 1	percobaan 2	percobaan 3	rata - rata
Titik 1	247,5	214,2	280,4	247,3666667
Titik 2	344,3	313,3	310,5	322,7
Titik 3	495,9	417,9	477,9	463,9
Titik 4	394,6	438,7	458,6	430,6333333
Titik 5	370,2	414,2	447,5	410,6333333
Titik 6	233,9	217,1	221,6	224,2

Tabel A2.3 Nilai temperatur sebelum purifikasi

jarak	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	rata - rata
Titik 1	412,2	447,5	474,2	444,6333
Titik 2	492	513,4	522,6	509,3333
Titik 3	605,2	577,3	612	598,1667
Titik 4	532,8	541,7	575,1	549,8667
Titik 5	493,1	507,6	521	507,2333
Titik 6	315,7	340,7	368,8	341,7333

A.3 Kalor pembakaran

Kalor Pembakaran dalam pengambilan data dengan cara merebus air 240 ml dengan waktu 150 detik, pengambilan data setiap 30 detik dengan menggunakan alat ukur suhu termometer air raksa.

Sebelum Purifikasi dan sesudah purifikasi, Persamaan yang digunakan sebagai berikut :

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

Dimana :

- q = jumlah kalor (J)
- m = massa zat (g)
- T = perubahan suhu (°C/K)
- c = kalor jenis (J/g. °C)
- C = kapasitas kalor (J/°C)

Diketahui :

m air = 240 mililiter atau 0,24 kg

c air = 4200 j / kg

temperatur awal air = 25,5°C

1. $Q = m \cdot c \cdot T$

$$= 0,24 \cdot 4200 \cdot (29,16-25,5)$$

$$= 1008 \cdot 3,66$$

$$= 3.689,28 \text{ J}$$

$$= 3,68 \text{ kJ}$$

$$\begin{aligned} 2. \quad Q &= m \cdot c \cdot T \\ &= 0,24 \cdot 4200 \cdot (35-25,5) \\ &= 1008 \cdot 9,5 \\ &= 9.576 \text{ J} \end{aligned}$$

$$= 9,576 \text{ kJ}$$

$$\begin{aligned} 3. \quad Q &= m \cdot c \cdot T \\ &= 0,24 \cdot 4200 \cdot (42,5-25,5) \\ &= 1008 \cdot 17 \\ &= 17.136 \text{ J} \end{aligned}$$

$$= 17,136 \text{ kJ}$$

$$\begin{aligned} 4. \quad &= m \cdot c \cdot T \\ &= 0,24 \cdot 4200 \cdot (47,1-25,5) \\ &= 1008 \cdot 21,6 \\ &= 21.772,8 \text{ J} \end{aligned}$$

$$= 21,772 \text{ kJ}$$

$$\begin{aligned} 5. \quad &= m \cdot c \cdot T \\ &= 0,24 \cdot 4200 \cdot (49,8-25,5) \\ &= 1008 \cdot 24,3 \\ &= 24.494,4 \text{ J} \end{aligned}$$

$$= 24,494 \text{ kJ}$$

Sesudah Purifikasi

$$\begin{aligned} 1. \quad Q &= m \cdot c \cdot T \\ &= 0,24 \cdot 4200 \cdot (31,3-25,5) \\ &= 1008 \cdot 5,8 \\ &= 5.846,4 \text{ J} \\ &= 5,846 \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. & \quad = m \cdot c \cdot T \\ & = 0,24 \cdot 4200 \cdot (46,7-25,5) \\ & = 1008 \cdot 21,2 \\ & = 21.369,4 \text{ J} \\ & = 21,369 \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3. & \quad = m \cdot c \cdot T \\ & = 0,24 \cdot 4200 \cdot (56,8-25,5) \\ & = 1008 \cdot 31,3 \\ & = 31.550,4 \text{ J} \\ & = 31,55 \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4. & \quad = m \cdot c \cdot T \\ & = 0,24 \cdot 4200 \cdot (66,3-25,5) \\ & = 1008 \cdot 40,8 \\ & = 41.126,4 \text{ J} \\ & = 41,126 \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 5. & \quad = m \cdot c \cdot T \\ & = 0,24 \cdot 4200 \cdot (71,8 - 25,5) \\ & = 1008 \cdot 46,3 \\ & = 4.6670,4 \text{ J} \\ & = 46,67 \text{ kJ} \end{aligned}$$

LAMPIRAN B. GAMBAR DAN ALAT PENELITIAN



Gambar B.1 Reaktor Biogas



Gambar B.2 Alat Purifikasi



Gambar B.3 *bunsen burner*



Gambar B.4 Sistem Keluaran Gas Pada Pengujian Kalor Pembakaran



Gambar B.5 Pengujian Kalor Pembakaran



Gambar B.6 pengambilan foto api



Gambar B.7 kompor biogas

JEMBER