

**PERFORMANSI PURIFIKASI BIOGAS DENGAN  
KOH *BASED ABSORBENT***

**TESIS**

**PROGRAM MAGISTER TEKNIK MESIN**

**MINAT KONVERSI ENERGI**

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan**

**Memperoleh Gelar Magister Teknik**



Oleh :

**DADANG HERMAWAN**

NIM.126060200111034

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG**

**2016**

**PERFORMANSI PURIFIKASI BIOGAS DENGAN  
KOH BASED ABSORBENT**

**TESIS**



Oleh :

**NAMA MAHASISWA : DADANG HERMAWAN**  
**NIM : 126060200111034**  
**PROGRAM STUDI : TEKNIK MESIN**  
**MINAT : KONVERSI ENERGI**

Menyetujui,

Komisi Pembimbing

Ketua,

Anggota,

**Dr Eng.Nurkholis Hamidi ST.,M Eng.**  
NIP. 19740121 199903 1 001

**Dr.Eng. Mega Nur Sasongko,ST,MT.**  
NIP. 19740930 200012 1 001

Mengetahui,  
Ketua Program Magister Teknik Mesin

**Dr.Eng.YUDY SURYA IRAWAN,ST. M.Eng**  
NIP. 19750710 199903 1 004

**PROGRAM MAGISTER TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG 2016**

## **IDENTITAS TIM PENGUJI TESIS**

JUDUL TESIS :

### **PERFORMANSI PURIFIKASI BIOGAS DENGAN KOH *BASED ABSORBENT***

Nama Mahasiswa : Dadang Hermawan  
NIM : 126060200111034  
Program Studi : Teknik Mesin  
Minat : Konversi Energi

### **KOMISI PEMBIMBING**

Ketua : Dr Eng.Nurkholis Hamidi ST.,M Eng.  
Anggota : Dr.Eng. Mega Nur Sasongko,ST,MT.

### **TIM DOSEN PENGUJI**

Dosen Penguji 1 : Dr. Eng. Denny Widhiyanuriyawan, ST., MT..  
Dosen Penguji 2 : Dr. Eng. Eko Siswanto, ST., MT

## **PERNYATAAN ORISINALITAS TESIS**

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah Tesis ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Tesis ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Tesis (MAGISTER) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 20 Juli 2016

Mahasiswa

Dadang Hermawan

NIM. 126060200111034

## **RIWAYAT HIDUP**

Dadang Hermawan lahir pada tanggal 31 Januari 1979 di Tulungagung, Jawa Timur, putra dari Bapak Soemarlani dan Ibu Katmini. Pendidikan putra ketiga dari tiga bersaudara ini diawali dari Sekolah Dasar Negeri 03 Bago Tulungagung, tahun 1986 sampai dengan tahun 1991, dilanjutkan dengan Sekolah Lanjutan Tingkat Pertama Negeri 6 Tulungagung dan lulus pada tahun 1994, kemudian penulis melanjutkan pendidikan di SMT Penerbangan Sedati Juanda Sidoarjo dan diselesaikan pada tahun 1997. Setelah lulus Sekolah Menengah Kejuruan, penulis sempat bekerja di PO Sutra Agung selama 3 Bulan. Pada tahun 1998 penulis diterima sebagai mahasiswa program studi S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Widyagama Malang. Setelah mendapatkan gelar sarjana pada tahun 2003, penulis melakukan pengabdian di kampus Universitas Widyagama dan pada tahun 2006 diangkat menjadi dosen D-3 Mesin Otomotif. Pada Tahun 2012 penulis mendapatkan Kesempatan Beasiswa BPPS untuk melanjutkan pendidikan ke jenjang S2 di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Malang yang diselesaikan pada Juli 2016.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

- Bapak Dr. Eng. Nurkholis Hamidi, ST., M. Eng. selaku ketua Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya dan selaku pembimbing utama dan Bapak Dr. Eng. Mega Nur Sasongko, ST., MT.. selaku pembimbing anggota yang telah dengan sabar dalam membimbing dan memberikan arahan demi terselesaikannya tulisan ini.
- Kepala Program Studi Magister Teknik Mesin Bapak Dr. Eng Yudy Surya Irawan, S.T., M.Eng.
- Bapak Dr. Eng. Denny Widhiyanuriyawan, ST., MT., selaku dosen penguji I yang telah banyak memberikan masukan dan arahan.
- Bapak Dr. Eng. Eko Siswanto, ST., MT, selaku dosen penguji II yang telah banyak memberikan masukan dan arahan.
- Rekan-rekan S2 angkatan 2012 (Andy, Feby, Purbo, Eko, dll) , angkatan 2013, Angkatan 2014 (Arief, Dapong, Joko, Eko, dll) dan angkatan 2015(Andi, Hangga) dan rekan-rekan SI mesin Mas Anas dan Mas Yasid yang telah banyak memberikan saran dan masukan.
- Seluruh Dosen Pengajar dan Staf Administrasi Jurusan Mesin dan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Seluruh Asisten dan Laboran Laboratorium Motor Bakar yang telah banyak memberikan bantuan dalam menyusun tesis ini.
- Sujud dan terimakasih yang dalam penulis persembahkan kepada Ibunda Katmin dan Ayahanda Soemarlani, Mertua (Kaiman Rusik dan Suwanti) dan keluarga bago dan kedungwarutercinta, atas seluruh dukungan dan doa.
- Ucapan terima kasih secara khusus penulis sampaikan kepada istri tercinta Pudji Astuti yang setia dan sabar menanti lulus S2.

Semoga segala bantuan dan kebaikan Bapak/Ibu serta rekan-rekan menjadi ladang amal dan mendapatkan balasan dari Allah SWT. Aamiin.

Malang, 20 Juli 2016

Penulis

*Kupersembahkan **TESIS** ini, untuk cahaya hidup, yang senantiasa ada saat suka maupun duka, selalu setia mendampingi, saat kulemah tak berdaya (Ayah dan Ibu tercinta) yang selalu memanjatkan doa kepada putra Mu tercinta dalam setiap sujudnya.*

*Terima kasih untuk semuanya.*

*Untuk ribuan tujuan yang harus dicapai, untuk jutaan impian yang akan dikejar, untuk sebuah pengharapan, agar hidup jauh lebih bermakna, karena tragedi terbesar dalam hidup bukanlah kematian tapi hidup tanpa tujuan. Teruslah bermimpi untuk sebuah tujuan, pastinya juga harus diimbangi dengan tindakan nyata, agar mimpi dan juga angan, tidak hanya menjadi sebuah bayangan semu.*

*Dan seandainya semua pohon yang ada di bumi dijadikan pena, dan lautan dijadikan tinta, ditambah lagi tujuh lautan sesudah itu, maka belum akan habislah kalimat-kalimat Allah yang akan dituliskan, sesungguhnya Allah maha Perkasa lagi Maha Bijaksana". (QS. Lukman: 27)*

## RINGKASAN

**Dadang Hermawan.** Program Pascasarjana Universitas Brawijaya, Juni 2016. Performansi Purifikasi Biogas Dengan KOH *Based Absorbent*. Ketua; **Dr. Eng. Nurkholis Hamidi, ST., M.Eng.** Anggota; **Dr. Eng. Mega Nur Sasongko, ST., MT.**

Biogas yang ada saat ini umumnya memiliki kualitas yang kurang baik. Hal ini disebabkan berbagai macam faktor, salah satunya yaitu kualitas makanan dari ternak yang akan mempengaruhi kualitas kotoran yang dihasilkan serta kandungan dari biogasnya. Beberapa zat atau gas yang terkandung dalam biogas merupakan zat pengotor (*impurity*) yang dapat merugikan dan menurunkan kualitas dari biogas. Zat Pengotor Air menimbulkan Korosi dalam kompresor, tangki penyimpanan gas dan mesin karena reaksi dengan  $H_2S$ ,  $NH_3$  dan  $CO_2$  untuk membentuk asam,  $H_2S$  menimbulkan Korosi dalam kompresor, tangki penyimpanan gas dan mesin dan  $CO_2$  menimbulkan Nilai kalor rendah. Untuk meningkatkan kualitas dari biogas yang dihasilkan dapat melakukan proses pemurnian biogas. Salah satu proses pemurnian biogas yang dilakukan adalah dari zat pengotor yaitu gas karbon dioksida. Penyerapan gas  $CO_2$  bertujuan untuk meningkatkan kandungan gas metana yang terkandung dalam biogas. Sehingga bila kandungan gas metananya meningkat energi yang dihasilkan dari biogas tersebut juga akan meningkat. Absorpsi adalah pemisahan suatu gas tertentu dari campuran gas-gas dengan cara pemindahan massa ke dalam suatu *liquid*. Hal ini dilakukan dengan cara mengantarkan aliran gas dengan *liquid* yang mempunyai selektivitas pelarut yang berbeda dari gas yang akan dipisahkannya. Reaksi kimia pada proses ini yang terjadi adalah *ineversible*, dimana  $CO_2$  pada fase gas akan diabsorpsi oleh larutan KOH pada fase cair. Pada saat gas mendekati interfase cair, gas  $CO_2$  akan larut dan langsung bereaksi dengan larutan KOH.

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental bertujuan untuk mengetahui performansi purifikasi biogas dengan KOH Based Absorbent. Pada penelitian ini variasi lubang pada *bubble generator* yang digunakan dengan diameter 1 mm; 0,8mm; 0,5mm, sedangkan media larutan yang digunakan adalah variasi konsentrasi KOH yaitu KOH 0,99%, 1,47%, dan 1,96%. Gas yang digunakan pada penelitian ini berupa Gas  $CO_2$  Murni, Gas  $CH_4$  Murni dan Biogas hasil kotoran ternak sapi. Adapun variabel terikatnya adalah debit masuk dan keluar ( $Q_{in}$  &  $Q_{out}$ ), Lama tinggal *bubble (second)*, prosentase kandungan metana ( $CH_4$ ) dan karbon dioksida ( $CO_2$ ).

Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan dapat diketahui bahwa tinggi konsentrasi KOH, lubang bubble generator, debit masuk dan lama tinggal *Bubble* maka mempengaruhi prosentase  $CO_2$  terikat yang dihasilkan pada proses penyerapan  $CO_2$  dan untuk Biogas komposisi kandungan  $CO_2$  mengalami pengurangan sedangkan  $CH_4$  mengalami peningkatan. Hasil pengujian yang dilakukan didapatkan rata-rata prosentase kandungan  $CO_2$  pada biogas semakin berkurang sebesar 27% dari 35.5%, sedangkan rata-rata prosentase kandungan  $CH_4$  pada biogas mengalami peningkatan sebesar 18% dari 48.5%.

**Kata Kunci :** Biogas, Debit, Lama Tinggal Bubble, Komposisi Larutan KOH, dan Diameter Bubble

## SUMMARY

**Dadang Hermawan.** *Brawijaya University Graduate Program, June 2016. Performance of Purification Biogas With KOH Based Absorbent, Chairman; Dr. Eng. Nurkholis Hamidi, ST., M.Eng, Member; Dr. Eng. Mega Nur Sasongko, ST, MT.*

*Biogas available today generally have a less good quality. This is due to various factors, one of which is the quality of food of animal that will affect the quality and the amount of manure produced from biogas. Some substances or gases contained in biogas is an impurity which can harm and degrade the quality of biogas. Air pollutant substances cause corrosion in compressors, gas storage tanks and the engine due to reaction with  $H_2S$ ,  $NH_3$  and  $CO_2$  to form acids,  $H_2S$  cause corrosion in compressors, gas storage tanks and machinery and  $CO_2$  cause low heating value. To improve the quality of the biogas produced there is need a research that can make the process of biogas purification. One of the biogas purification process is carried out is of impurities, namely carbon dioxide gas.  $CO_2$  sequestration aims to increase the content of methane contained in biogas. So that when the content of methane gas rising energy generated from biogas will also be increased. Absorption is the separation of a specific gas from the mixture of gases in a way transfer of mass into a liquid. This is done by delivering the gas stream with a liquid having a different solvent selectivity of gas which would remove. The chemical reactions that occur in this process is ineversible, where the  $CO_2$  in the gas phase will be absorbed by the KOH solution in liquid phase. At the time of approaching the interphase liquefied gas,  $CO_2$  will dissolve and react immediately with a solution of KOH.*

*This study was an experimental study aimed to determine the KOH biogas purification performance based absorbent. In this study the variation of the hole in the bubble generator used with diameters of 1 mm; 0.8 mm; 0.5 mm, while the media used solution is a variation of the concentration of KOH ie 0.99%, 1.47% and 1.96%. The gas used in this study of pure  $CO_2$  gas,  $CH_4$  gas and Pure Biogas results of cattle dung. The variable binding is debit entry and exit ( $Q_{in}$  and  $Q_{out}$ ), length of stay bubble (second), percent content of methane ( $CH_4$ ) and carbon dioxide ( $CO_2$ ).*

*From the research that has been done can be seen that the high concentration of KOH, bubble hole generator, debit entry and delayed bubble time then affect the percentage of debit tied generated in the process of absorption of  $CO_2$  and for biogas composition of the  $CO_2$  content experience reduced while  $CH_4$  has increased. Results of tests performed obtained an average percentage of the  $CO_2$  content in the biogas decreases by 27% from 35.5%, while the average percentage content of  $CH_4$  in biogas increased by 18% from 48.5%.*

**Keywords :** *Biogas , Debit , Long Live Bubble , Composition KOH solution , and Diameter Bubble*

## **KATA PENGANTAR**

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis ini sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Magister Teknik.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu hingga terselesaikannya tesis ini, terutama kepada :

1. Bapak Dr. Eng. Nurkholis Hamidi, ST., M. Eng. selaku ketua Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya dan selaku dosen pembimbing I dalam tesis ini, atas bimbingan dan motivasi.
2. Bapak Dr. Eng. Yudy Surya Irawan, ST., M. Eng. selaku Ketua Program Magister Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, atas dorongan dan semangat.
3. Bapak Dr. Eng. Mega Nur Sasongko, ST., MT., selaku dosen pembimbing II yang telah banyak memberikan bimbingan dan motivasi dalam menyusun tesis ini.
4. Bapak Dr. Eng. Denny Widhiyanuriyawan, ST., MT., selaku dosen penguji I yang telah banyak memberikan masukan dan arahan.
5. Bapak Dr. Eng. Eko Siswanto, ST., MT, selaku dosen penguji II yang telah banyak memberikan masukan dan arahan.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tesis ini jauh dari sempurna, baik dari segi penyusunan, bahasan, ataupun penulisannya. Oleh karena itu kami mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun, khususnya dari pembaca guna menjadi acuan dalam bekal pengalaman bagi kami untuk lebih baik di masa yang akan datang.

**Malang, 20 Juli 2016**

**Penyusun**

## DAFTAR ISI

Halaman Judul .....	i
Lembar Pengesahan .....	ii
Identitas Tim Penguji.....	iii
Pernyataan Orisinalitas Tesis.....	iv
Riwayat Hidup .....	v
Ucapan Terima Kasih .....	vi
Persembahan .....	vii
Ringkasan.....	viii
Summary .....	ix
Kata Pengantar .....	x
Daftar Isi .....	xi
Daftar Gambar .....	xiv
Daftar Tabel .....	xv

### **BAB I PENDAHULUAN**

1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian .....	4
1.5. Manfaat Penelitian .....	4

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

2.1. Penelitian sebelumnya .....	5
2.2. Biogas .....	8
2.2.1. Proses Pembentukan Biogas .....	12
2.2.2. Instalasi Biogas .....	16
2.2.3. Karakteristik Zat yang Terkandung Dalam Biogas .....	17
2.3. Adsorpsi Larutan KOH.....	19
2.3.1. Kalium Hidroksida (KOH) .....	19
2.3.2. Aquades (H <sub>2</sub> O) dan Karbondioksida (CO <sub>2</sub> ) .....	22

2.3.3. Reaksi Larutan KOH dan CO <sub>2</sub> .....	23
2.4. Droplet .....	23
2.4.1. Dimensi Droplet.....	23

### **BAB III KERANGKA KONSEP PENELITIAN**

3.1. Diskripsi Penelitian.....	25
3.2. Kerangka Konsep.....	27
3.3. Hipotesis .....	27
3.4. Kerangka Penelitian.....	28

### **BAB IV METODE PENELITIAN**

4.1. Waktu dan Tempat Penelitian.....	29
4.2. Variabel Penelitian.....	29
4.3. Instalasi Penelitian .....	30
4.3.1. Perencanaan Instalasi Penelitian untuk Purifikasi Biogas .....	30
4.4. Prosedur Penelitian .....	31
4.5. Pelaksanaan Penelitian.....	33
4.6. Rancangan Tabel Pengambilan Data Penelitian .....	34
4.7. Pengolahan Data .....	34
4.8. Diagram Alir Penelitian .....	36

### **BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN**

5.1. Data Hasil Penelitian dengan Gas CO <sub>2</sub> Murni dan CH <sub>4</sub> Murni .....	37
5.1.1. Hasil Analisa Data Penelitian CO <sub>2</sub> Murni dan CH <sub>4</sub> Murni dengan Variasi Konsentrasi Larutan KOH .....	37
5.1.2. Hasil Analisa Data Penelitian CO <sub>2</sub> Murni dan CH <sub>4</sub> Murni dengan Variasi Lubang <i>Bubble Generator</i> .....	38
5.1.3. Hasil Analisa Data Penelitian CO <sub>2</sub> Murni dan CH <sub>4</sub> Murni dengan Variasi Debit Masuk terhadap Konsentrasi Larutan KOH. ....	39
5.1.4. Hasil Analisa Data Penelitian CO <sub>2</sub> Murni dan CH <sub>4</sub> Murni dengan Variasi Debit Masuk terhadap lubang bubble generator.....	40

5.2. Data Hasil Penelitian dengan Biogas.....	41
5.2.1. Hasil Analisa Data Penelitian Biogas dengan Variasi Konsentrasi Larutan KOH .....	41
5.2.2. Hasil Analisa Data Penelitian Biogas dengan Variasi Lubang Bubble Generator .....	42
5.2.3. Hasil Analisa Data Penelitian Biogas dengan Variasi Konsentrasi Larutan KOH terhadap debit masuk .....	43
5.2.4. Hasil Analisa Data Penelitian Biogas dengan Variasi Lubang Bubble Generator terhadap debit masuk .....	44
5.3. Analisa Grafik.....	46
5.3.1. Hubungan Lama Tinggal Bubble Terhadap Prosentase CO <sub>2</sub> Murni Terikat Pada Variasi Konsentrasi KOH.....	46
5.3.2. Hubungan Lama Tinggal Bubble Terhadap Prosentase CO <sub>2</sub> Murni Terikat Pada Variasi Lubang <i>Bubble Generator</i> .....	48
5.3.3. Hubungan Debit Masuk Terhadap Prosentase CO <sub>2</sub> Murni Terikat Pada Variasi Konsentrasi KOH .....	50
5.3.4. Hubungan Debit Masuk Terhadap Prosentase CO <sub>2</sub> Murni Terikat pada Variasi Lubang <i>Bubble Generator</i> .....	51
5.3.5. Hubungan Lama Tinggal Bubble Terhadap Prosentase CO <sub>2</sub> dan CH <sub>4</sub> pada Biogas dengan Variasi Konsentrasi KOH .....	53
5.3.6. Hubungan Lama Tinggal Bubble Terhadap Prosentase CO <sub>2</sub> dan CH <sub>4</sub> pada Biogas dengan Variasi Lubang <i>Bubble Generator</i> .....	55
5.3.7. Hubungan Debit Masuk Terhadap Prosentase CO <sub>2</sub> dan CH <sub>4</sub> pada Biogas dengan Variasi Konsentrasi KOH .....	57
5.3.8. Hubungan Debit Masuk Terhadap Prosentase CO <sub>2</sub> dan CH <sub>4</sub> pada Biogas dengan Variasi Lubang <i>Bubble Generator</i> .....	59
5.4. Pembahasan .....	61
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
6.1. Kesimpulan .....	65
6.2. Saran .....	65
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar. 2.1. Proses pembentukan biogas (Sufyandi, 2001).....	13
Gambar 2.2 Instalasi pembuatan biogas .....	17
Gambar 2.3. Struktur Kalium Hidroksida.....	19
Gambar 2.4. Skema gelembung bola .....	23
Gambar 3.1. Kerangka Penelitian .....	28
Gambar 4.1 Instalasi penelitian Penelitian untuk Purifikasi Biogas.....	30
Gambar 4.2. Diagram Alir Penelitian .....	36
Gambar 5.1. Hubungan Lama Tinggal Bubble Terhadap Prosentase Terikat CO <sub>2</sub> pada Variasi Konsentrasi KOH.....	46
Gambar 5.2. Hubungan Lama Tinggal Bubble Terhadap Prosentase CO <sub>2</sub> murni terikat pada Variasi Lubang <i>Bubble Generator</i> .....	48
Gambar 5.3. Hubungan Debit Masuk Terhadap Prosentase CO <sub>2</sub> Murni Terikat pada Variasi Konsentrasi KOH .....	50
Gambar 5.4. Hubungan Debit Masuk Terhadap Prosentase CO <sub>2</sub> Murni Terikat pada Variasi Lubang <i>Bubble Generator</i> .....	51
Gambar 5.5. Hubungan Lama Tinggal Bubble Terhadap Prosentase CO <sub>2</sub> dan CH <sub>4</sub> pada Biogas dengan Variasi Konsentrasi KOH .....	53
Gambar 5.6. Hubungan Lama Tinggal Bubble Terhadap Prosentase CO <sub>2</sub> dan CH <sub>4</sub> pada Biogas dengan Variasi Lubang <i>Bubble Generator</i> .....	55
Gambar 5.7. Hubungan Debit Masuk Terhadap Prosentase CO <sub>2</sub> dan CH <sub>4</sub> pada Biogas dengan Variasi Konsentrasi KOH.....	57
Gambar 5.8. Hubungan Debit Masuk Terhadap Prosentase CO <sub>2</sub> dan CH <sub>4</sub> pada Biogas dengan Variasi Lubang <i>Bubble Generator</i> .....	59
Gambar 5.9. Lama Bubble Tertahan Pada Larutan KOH.....	62

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Komposisi Jenis Gas dan Jumlahnya Pada suatu Unit Biogas .....	9
Tabel 2.2. Nilai kalori biogas.....	15
Tabel 2.3. Kesetaraan biogas dengan sumber energi lain.....	16
Tabel 4.1 Data hasil penelitian dengan menggunakan CO <sub>2</sub> murni dan CH <sub>4</sub> murni dan biogas dengan Variasi Konsentrasi KOH 0,99% , 1,47%, 1,96%, Variasi lubang pada <i>bubble generator</i> yang digunakan dengan diameter 1 mm; 0,8 mm; 0,5 mm, Debit Masuk dan Lama Tinggal Bubble .....	34
Tabel 5.1. Analisa Data Pengujian CO <sub>2</sub> Murni dan CH <sub>4</sub> Murni dengan Variasi Konsentrasi KOH.....	38
Tabel 5.2. Analisa Data Pengujian CO <sub>2</sub> Murni dan CH <sub>4</sub> Murni dengan Variasi Lubang <i>Bubble Generator</i> .....	39
Tabel 5.3. Analisa Data Pengujian CO <sub>2</sub> Murni dan CH <sub>4</sub> Murni terhadap Variasi Debit Masuk terhadap Konsentrasi Larutan KOH .....	40
Tabel 5.4. Analisa Data Pengujian CO <sub>2</sub> Murni dan CH <sub>4</sub> Murni Variasi Debit Masuk terhadap lubang <i>bubble generator</i> .....	41
Tabel 5.5. Analisa Data Pengujian Biogas dengan Variasi Konsentrasi KOH.....	42
Tabel 5.6. Analisa Data Pengujian Biogas dengan Variasi Lubang Bubble Generator .....	43
Tabel 5.7. Analisa Data Pengujian Biogas dengan Variasi Konsentrasi KOH terhadap debit masuk.....	44
Tabel 5.8. Analisa Data Pengujian Biogas dengan Variasi Lubang <i>Bubble Generator</i> terhadap debit masuk.....	45
Tabel 5.9. Rekapitulasi Data Pengujian.....	61
Tabel 5.10. Lama Bubble Tertahan Pada Larutan KOH.....	62

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Pertumbuhan populasi penduduk dan peningkatan jumlah Industri menyebabkan kebutuhan terhadap energi juga semakin meningkat. Pemakaian bahan bakar fosil yang mempunyai dampak pada emisi gas buang terhadap lingkungan merupakan salah satu energi yang didapatkan dari sumber cadangan minyak dunia yang semakin menipis. Penggunaan energi terbarukan (*renewable energy*) dapat menyelesaikan persoalan krisis energi yang akan terjadi serta mengurangi dampak penggunaan bahan bakar yang tidak baik terhadap lingkungan. Penggunaan energi terbarukan yang banyak dikembangkan saat ini berasal dari limbah organik seperti kotoran hewan, sampah biomassa, kotoran manusia, dan limbah tahu yang dapat dimanfaatkan melalui proses *anaerobic digestion* sehingga dihasilkan sebuah bahan bakar terbaru yaitu Biogas.

Pembuatan Biogas mempunyai prinsip kerja yaitu memanfaatkan proses pencernaan yang dilakukan oleh bakteri *methanogen* sehingga menghasilkan kandungan metana ( $\text{CH}_4$ ) yang terdapat dalam Biogas. Pada limbah yang mengandung bahan organik seperti kotoran ternak, sampah organik rumah tangga, dan sisa-sisa panen banyak terdapat bakteri *methanogen*. Bakteri *Methanogen* ini bekerja dalam lingkungan yang tidak ada udara (*anaerob*), sehingga proses ini disebut juga sebagai pencernaan anaerob (*anaerob digestion*). Biogas yang dihasilkan oleh bakteri ini mempunyai unsur utama yang terkandung sebagian besar berupa metana ( $\text{CH}_4$ ) dan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ). Kandungan metana ( $\text{CH}_4$ ) lebih dari 45% pada biogas bersifat mudah terbakar. Biogas mempunyai komposisi kandungan gas yang terdiri dari metana ( $\text{CH}_4$ ) sekitar 50-70%, untuk Karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) sekitar 30-40%, untuk Hidrogen ( $\text{H}_2$ ), Nitrogen ( $\text{N}_2$ ), Uap air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) dan Belerang ( $\text{H}_2\text{S}$ ) cenderung lebih kecil persentasinya, Subowo (2010). Biogas merupakan gas yang tidak berwarna/pucat dan memiliki bau yang kurang sedap, Dublein *et. al*, (2008: 50). Karakteristik dari biogas yaitu memiliki massa 20% lebih ringan daripada udara dan titik nyala berkisar antara  $650^\circ - 700^\circ\text{C}$ .

Kualitas Biogas yang dihasilkan dari beberapa macam limbah kotoran ternak maupun sampah masih kurang baik dikarenakan masih banyaknya zat pengotor atau (*impurity*) yang terdapat dalam biogas. Hal ini disebabkan salah satu faktor yaitu konsumsi makanan ternak tidak berkualitas sehingga akan mempengaruhi kualitas kotoran yang dihasilkan. Gas yang terkandung dalam biogas tidak semua menguntungkan. Karena beberapa kandungan gas dalam biogas merupakan zat pengotor dan dapat merugikan serta menurunkan kualitas dari biogas itu sendiri. Kandungan zat pengotor pada air yang berasal dari biogas karena adanya reaksi dengan  $H_2S$ ,  $NH_3$  dan  $CO_2$  dapat menimbulkan Korosi dalam kompresor, tangki penyimpanan gas dan mesin. Hal ini dikarenakan  $CO_2$  akan membentuk asam jika berinteraksi dengan  $H_2O$  dan nilai kalor dari biogas akan rendah, sedangkan kandungan  $H_2S$  akan menimbulkan korosi dalam kompresor, tangki penyimpanan gas dan mesin, Ryckebosch, E *et. al* (2011).

Upaya untuk meningkatkan kualitas biogas dari zat pengotor perlu dilakukan proses purifikasi atau pemurnian pada biogas dengan menyerap atau mengurangi kandungan zat pengotor pada biogas tersebut. Proses pemurnian biogas yang sudah beberapa dilakukan adalah mengurangi zat pengotor yang merupakan salah satu kandungan yang terdapat pada biogas yaitu gas karbon dioksida ( $CO_2$ ). Proses penyerapan  $CO_2$  yang terkandung dalam biogas bertujuan untuk meningkatkan kandungan gas metana ( $CH_4$ ) sehingga bila kandungan gas metananya meningkat energi yang dihasilkan dari biogas tersebut juga akan meningkat. Beberapa cara yang dilakukan dalam pemurnian biogas dengan penyerapan  $CO_2$  yang terkandung didalam biogas diantaranya penyerapan air, polyethylen Glycol, saringan karbon molecular, membran pemisah. Proses pemisahan dengan mengontakkan campuran gas dengan cairan sebagai penyerapnya dinamakan absorpsi, dalam proses absorpsi ini larutan (fluida cair) akan menyerap satu atau lebih pada komposisi gas yang terkandung dalam biogas. Absorpsi kimia yaitu absorpsi dimana gas terlarut dalam larutan penyerap disertai reaksi kimia. Contoh absorpsi ini dapat dilihat pada absorpsi gas  $CO_2$  dengan larutan  $Na_2CO_3$ ,  $NaOH$ ,  $K_2CO_3$ ,  $KOH$  dan lain sebagainya. Untuk penggunaan fluida air dalam proses penyerapan dapat menurunkan kadar  $CO_2$  dalam biogas. Menurut Arai (Anonim, 2010), Konsentrasi dari larutan penyerap merupakan

salah satu faktor yang dapat mempengaruhi absorpsi, semakin tinggi konsentrasi larutan penyerap yang digunakan pada penyerapan  $\text{CO}_2$ , maka penyerapan  $\text{CO}_2$  akan semakin maksimal. Sedangkan menurut Wahono dkk (2010), proses pemurnian biogas dengan menggunakan *zeolite* yang telah diaktivasi dengan larutan NaOH dan *zeolite* tersebut dimodifikasi dengan mencampurkan beberapa material seperti bentonit, kaolin lokal Semin – Gunung Kidul, gamping, tapioka/kanji, dan kitosan cair didapatkan proses reaksi antara Biogas dan Larutan sehingga terjadi proses penyerapan pada zat pengotor dalam biogas seperti  $\text{CO}_2$ . Dalam penelitian peningkatan kualitas bahan bakar biogas melalui proses pemurnian dengan zeolit alam, Nurkholis dkk (2011) didapatkan Lama waktu pengujian dan kadar senyawa KOH pada *zeolite* berpengaruh terhadap nilai kalor biogas. Penggunaan kadar senyawa KOH semakin tinggi maka kemampuan adsorpsi *zeolite* semakin meningkat sehingga mengakibatkan nilai kalor biogas semakin tinggi juga. Jika digunakan terus menerus maka kemampuan adsorpsi *zeolite* akan menurun dan mengakibatkan terbentuknya lapisan film pada permukaan *zeolite*.

Selain beberapa hasil penelitian di atas, upaya pemurnian biogas dapat dilakukan dengan berbagai macam metode dalam pengurangan kandungan zat pengotor yang terdapat dalam biogas seperti  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{S}$  yang mempunyai prosentasi paling besar. Dalam metode ini larutan yang digunakan untuk melakukan proses penyerapan adalah Larutan KOH. Larutan KOH terdiri dari campuran antara KOH dan  $\text{H}_2\text{O}$  (Aquades). Larutan KOH yang mempunyai sifat Basa Kuat akan bereaksi dengan asam yang didapatkan dari campuran  $\text{H}_2\text{O}$  dengan  $\text{CO}_2$ . Dari beberapa metode diatas dalam pemurnian biogas yaitu penyerapan zat pengotor pada biogas, maka perlu dilakukan penelitian yang mendalam dari kajian diatas dengan mengetahui Performansi Purifikasi Biogas dengan KOH Based Absorbent.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut, maka dapat diambil suatu rumusan masalah yang akan diteliti, yaitu : Performansi Purifikasi Biogas dengan KOH Based Absorbent terhadap penyerapan  $\text{CO}_2$  dan prosentase peningkatan kadar  $\text{CH}_4$  dalam proses pemurnian biogas.

### 1.3. Batasan Masalah

Untuk membatasi lingkup penelitian “Performansi Purifikasi Biogas dengan KOH Based Absorbent “ ini agar tidak meluas maka batasan-batasan yang diteliti yaitu :

1. Sampel penelitian meliputi CO<sub>2</sub> Murni, CH<sub>4</sub> Murni dan Biogas di Desa Tegalwaru Kecamatan DAU Kabupaten Malang.
2. Penelitian ini menganalisa beberapa variabel diantaranya pengaruh Variasi Konsentrasi KOH, Variasi Diameter Lubang *Bubble* Generator dan Variasi Debit Masuk terhadap Lama Tinggal *Bubble*.
3. Penelitian ini menggunakan media larutan KOH (Aquadess + KOH) sebagai absorbent dengan berbagai konsentrasi.
4. Pada penelitian ini tidak membahas tentang Gas H<sub>2</sub>S yang juga terkandung dalam Biogas.

### 1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai untuk penelitian ini adalah mengetahui Purifikasi Biogas dengan KOH Based Absorbent sehingga dalam proses penyerapan CO<sub>2</sub> dengan media larutan KOH terjadi peningkatan CH<sub>4</sub> dalam proses pemurnian Biogas.

### 1.5. Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian ini, diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat yang berkaitan dengan sumber bahan bakar alternatif khususnya penggunaan dari Biogas dari Kotoran Ternak Sapi, yaitu :

1. Bahan Bakar yang ramah lingkungan dan dapat digunakan diseluruh lapisan masyarakat .
2. Menghasilkan sumber energi terbarukan yang berasal dari bahan-bahan organik khususnya biogas dari kotoran ternak sapi sebagai pengganti energi fosil.
3. Sebagai literatur pembuatan peralatan teknologi tepat guna yang murah dengan menggunakan biogas.
4. Memberikan kontribusi terhadap perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi energi terbarukan dalam pembuatan Jurnal Ilmiah.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Penelitian Sebelumnya

Penelitian tentang Absorpsi Gas Karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dalam Biogas dengan Larutan NaOH secara Kontinyu, yaitu Pemanfaatan biogas sebagai bahan bakar masih dalam skala rumah tangga dan belum terpakai secara optimal. Hal ini disebabkan biogas masih mengandung CO<sub>2</sub> dalam kadar yang tinggi sehingga efisiensi panas yang dihasilkan rendah. Untuk mengurangi kadar CO<sub>2</sub> yang terkandung dalam biogas adalah dengan mengabsorpsi CO<sub>2</sub> menggunakan larutan NaOH secara kontinyu dalam suatu reactor (absorber). Pada penelitian ini, Fuad Maarif dkk, 2009, variabel yang diteliti adalah pengaruh laju alir NaOH terhadap CO<sub>2</sub> yang terserap dan CH<sub>4</sub> yang dihasilkan. Absorpsi CO<sub>2</sub> dilakukan dengan mengumpukan larutan NaOH secara kontinyu pada bagian atas menara pada konsentrasi dan laju alir tertentu, sementara biogas dialirkan pada bagian bawah menara. Gas dan cairan akan saling kontak dan terjadi reaksi kimia. Tiap interval waktu 3 menit, larutan NaOH setelah diabsorpsi diambil untuk dianalisa jumlah CO<sub>2</sub> terserap dengan metode acidi alkalimetri. Dari hasil analisa dan perhitungan didapatkan jumlah CO<sub>2</sub> yang terserap dan CH<sub>4</sub> yang dihasilkan semakin besar seiring berkurangnya laju alir NaOH serta %CO<sub>2</sub> yang terserap maksimum 58,11% dan kadar CH<sub>4</sub> yang dihasilkan sebesar 74,13%.

Dalam penelitian peningkatan kualitas bahan bakar biogas melalui proses pemurnian dengan zeolit alam, Nurkholis dkk (2011) didapatkan lama waktu pengujian dan kadar senyawa KOH pada *zeolite* berpengaruh terhadap nilai kalor biogas, dimana semakin tinggi kadar senyawa KOH yang digunakan, kemampuan adsorpsi *zeolite* semakin meningkat sehingga mengakibatkan nilai kalor biogas semakin tinggi. Selain itu kemampuan adsorpsi *zeolite* akan menurun jika digunakan terus menerus yang diakibatkan oleh terbentuknya lapisan film pada permukaan *zeolite*. Pada *zeolite* yang diaktivasi dengan senyawa KOH 15%, kandungan gas CO<sub>2</sub> yang semula sebesar 20% setelah 120 menit berkurang menjadi 2,75%. Penurunan ini merupakan yang paling besar bila dibandingkan

dengan menggunakan *zeolite* lain yang diaktivasi dengan kadar senyawa KOH yang lebih rendah.

Seno D. Panjaitan, dkk, 2012. Dengan judul penelitian Teknologi pembangkit listrik tenaga biogas terpurifikasi yang berasal dari sampah perkotaan, Beberapa jenis adsorben yang berbahan dasar kaolin-zeolit dan cangkang sawit yang digunakan untuk menyerap gas-gas lain selain CH<sub>4</sub> telah disintesis dan diujikan terhadap biogas yang dihasilkan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa adsorben berbahan dasar cangkang sawit dan diimpregnasi dengan senyawa KI dan ZnO memiliki kemampuan terbaik dalam mengadsorpsi gas lain yakni CO, CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>S dalam biogas. Selain pengukuran gas CH<sub>4</sub>, dilakukan juga pengukuran gas CO (carbon monoksida), CO<sub>2</sub> (karbon dioksida) dan Hidrogen Sulfida (H<sub>2</sub>S). Dari penelitian ini terlihat bahwa rata-rata kandungan gas secara berurutan tanpa adsorben pada landfill skala pilot secara berurutan untuk CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, CO dan H<sub>2</sub>S adalah 58,5%; 13,1%; 7,42% dan 1,76 ppm. Adsorben yang menaikkan gas CH<sub>4</sub> paling tinggi adalah adsorben karbon aktif komersial menjadi 70,5% tetapi menurunkan CO dan CO<sub>2</sub> serta menaikkan H<sub>2</sub>S. Semakin tinggi CH<sub>4</sub> dan semakin rendah CO<sub>2</sub>, CO dan H<sub>2</sub>S, semakin baik biogas dan absorbennya. Adsorben yang terbaik dalam menurunkan paling rendah gas CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>S adalah karbon aktif dari cangkang dengan aktivasi kimia menjadi 11,4 ppm dan 0,83 ppm tetapi menaikkan gas CO. Adsorben yang menurunkan paling rendah CO adalah adsorben kaolin-zeolit dengan rasio 1:1 menjadi 6,75 ppm tetapi menaikkan konsentrasi gas H<sub>2</sub>S. Pengujian generator yang dimodifikasi berbahan bakar biogas dilakukan dengan beban listrik resistif lampu pijar 100 W, 200 W dan resistif-induktif pompa air 125 W.

Dari hasil penelitian tentang Penyerapan Gas Karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dengan Larutan NaOH pada biogas, I Made Mara, (2012), Salah satu usaha yang dilakukan untuk menurunkan kadar CO<sub>2</sub> dalam biogas adalah dengan cara menyerap CO<sub>2</sub> dengan larutan NaOH. Adsorpsi bertujuan untuk meningkatkan kualitas biogas dengan cara mengontakan gas dengan larutan NaOH, normalitas larutan yang digunakan adalah 1.25 N dan 2.5 N. larutan ini dibuat dengan mencampurkan NaOH masing-masing 50 gr dan 100 gr kedalam 10 liter air, kemudian dengan persamaan normalitas didapat 1.25 N untuk 50 gr dan 2.5 N

untuk 100 gr NaOH. Absorpsi biogas dengan larutan NaOH dapat meningkatkan kualitas biogas, semakin tinggi konsentrasi larutan, maka kualitas gas yang dihasilkan akan semakin baik. Kualitas terbaik didapatkan pada komposisi A dengan perlakuan larutan NaOH 2,5 N sebesar 108,5 Watt, dan kualitas terendah dihasilkan pada komposisi C dengan perlakuan larutan NaOH 1,25 N sebesar 25,67 Watt.

Hasil Penelitian dengan judul Adsorpsi CO<sub>2</sub> menggunakan zeolit : aplikasi pada pemurnian biogas, Eny Apriyanti, 2012, didapatkan konsentrasi, laju alir dan berat zeolit berpengaruh pada proses adsorpsi CO<sub>2</sub> . Proses adsorpsi CO<sub>2</sub> dilakukan pada temperatur 31°C , tekanan 1 atm dengan proses kontinyu selama 60 menit dan menghasilkan konsentrasi CO<sub>2</sub> 19,71 %mol dan laju alir CO<sub>2</sub> 2 (l/menit), zeolit mengadsorpsi CO<sub>2</sub> sebanyak 0,00156 % mol dan diperoleh konstanta kecepatan adsorpsi (k) 0,008. Lebih lanjut dilakukan aplikasi untuk pemurnian biogas, proses ini menghasilkan bahwa zeolit zeochem dapat digunakan untuk menurunkan kadar CO<sub>2</sub> sebanyak 18,70 % sehingga kemurnian CH<sub>4</sub> meningkat sebanyak 30,4 %.

Pada penelitian, Sugiarto dkk, 2013, dengan judul Purifikasi Biogas Sistem Kontinyu Menggunakan Zeolit didapatkan bahwa waktu purifikasi yang semakin lama dari 15 menit sampai 60 menit dan jumlah lapis absorber zeolit yang semakin banyak yaitu 1 sampai 5 lapis menyebabkan prosentase CO<sub>2</sub> dalam biogas semakin menurun dan prosentase CH<sub>4</sub> dalam biogas semakin meningkat. Rata-rata kandungan CO<sub>2</sub> terendah adalah 21,3%, sedangkan rata-rata kandungan CH<sub>4</sub> tertinggi sebesar 74,70% yang didapatkan pada purifikasi dengan jumlah absorber zeolit 5 lapis dan waktu purifikasi 60 menit.

Pandu Suryo Pranowo dkk, 2014. Efektivitas absorben dengan variasi tinggi tubing dalam Penyerapan gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) pada sistem purifikasi Gas. Biogas sangatlah berpotensi untuk digunakan sebagai bahan bakar karena memiliki kandungan gas metan (CH<sub>4</sub>) yang tinggi. Akan tetapi kandungan gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) yang terdapat dalam biogas sangat merugikan, karena dapat menurunkan nilai kalor dari gas metan. Oleh karena itu, perlu dilakukan pemurnian biogas terlebih dahulu sebelum digunakan, salah satunya dengan metode teknologi absorpsi, menggunakan menara paking. Keuntungan yang

diperoleh dengan penggunaan menara paking adalah jumlah CO<sub>2</sub> yang diserap cukup besar, karena pengaruh dari pemberian isian didalam menara, sehingga menyebabkan luas kontak antar fasenya semakin besar. Dalam penelitian ini akan digunakan tube – tube sebagai bahan isian menara paking, dengan variasi tinggi tube 0 cm, 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm, dan 50 cm, dengan harapan semakin tinggi tubing maka akan dapat melakukan penyerapan gas CO<sub>2</sub> yang semakin baik, dengan luas kontak yang semakin besar. Selain itu, larutan yang digunakan sebagai absorben adalah air, kalsium hidroksida (CaOH), dan trietilamina (TEA). Dari penelitian ini didapatkan bahwa semakin tinggi tubing, maka jumlah CO<sub>2</sub> yang berhasil diserap oleh masing – masing absorben semakin banyak, dimana ketika tidak ada pemberian tubing dalam menara (0 cm), didapatkan kandungan CO<sub>2</sub> masing – masing larutan sebesar, air 10,02 %, CaOH 11,52%, dan TEA 11,19%. Sedangkan ketika pemberian tubing (50 cm) didalam menara, didapatkan kandungan CO<sub>2</sub> sebesar, air 5,5%, CaOH 6,6%, dan TEA 6,3%.

## 2.2. Biogas

Penerapan teknologi biogas di Indonesia mulai diperkenalkan pada tahun 1970-an, pada tahun 1981 melalui Proyek Pengembangan Biogas dengan dukungan dana dari FAO dibangun contoh instalasi biogas di beberapa provinsi. Namun penggunaan biogas belum cukup berkembang luas antara lain disebabkan oleh karena masih relatif murahnya harga BBM yang disubsidi kala itu, sementara teknologi yang diperkenalkan selama ini masih memerlukan biaya yang cukup tinggi karena berupa konstruksi beton dengan ukuran yang cukup besar. Mulai tahun 2000-an hingga saat ini (red. 2007) telah dikembangkan reaktor biogas skala kecil (rumah tangga) dengan konstruksi sederhana, terbuat dari plastik secara siap pasang (*knockdown*) dan dengan harga yang relatif murah. (Deptan 2007).

Biogas yang didominasi oleh gas metana, merupakan gas yang dapat dibakar. Metana secara luas diproduksi di permukaan bumi oleh bakteri pembusuk dengan cara menguraikan bahan organik. Sekurangnya 10 tipe bakteri pembusuk yang berbeda dari bakteri methanogenesis yang berperan dalam pembusukan (Tiratsoo, 1979).

Bakteri ini terdapat di rawa-rawa, lumpur sungai, sumber air panas (hot spring), dan perut hewan herbivora seperti sapi dan domba. Hewan – hewan ini tidak dapat memproses rumput yang mereka makan, bila tidak ada bakteri anaerobik yang memecah selulosa didalam rumput menjadi molekul yang dapat diserap oleh perut mereka. Gas yang diproduksi oleh bakteri ini adalah gas metana yang dikeluarkan oleh sapi melalui mulut (Meynell, 1976).

Tabel. 2.1. Komposisi Jenis Gas dan Jumlahnya Pada suatu Unit Biogas

Jenis Gas	Kandungan (%)
Metana	60 –70
Karbondioksida	30 – 40
Nitrogen	3
Hidrogen	1-10
Oksigen	3
Hidrogen Sulfida	5

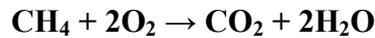
(Sumber : Meynell, 1976)

Seperti terlihat pada Tabel 1 komposisi biogas berkisar antara 60 – 70% metana dan 30 – 40% karbon dioksida. Biogas mengandung gas lain seperti karbon monoksida, hidrogen, nitrogen, oksigen hidrogen sulfida, kandungan gas tergantung dari bahan yang masuk ke dalam biodigester. Nitrogen dan oksigen bukan merupakan hasil dari digester, ini mengindikasikan adanya kelemahan dari sistem sehingga udara dapat masuk ke dalam digester. Hidrogen merupakan hasil dari tahap pembentukan asam, pembentukan hidrogen sulfida oleh bakteri sulfat disebabkan oleh konsentrasi ikatan sulfur. Walaupun hanya sedikit tetapi dapat mencapai 5 % untuk beberapa kotoran (Meynell, 1976).

Kandungan biogas terdiri dari unsur – unsur berikut ini dengan prosentase seperti yang telah dijelaskan diatas:

1. Metana adalah hidrokarbon paling sederhana yang berbentuk gas dengan rumus kimia  $CH_4$ . Metana murni tidak berbau, tapi jika digunakan untuk keperluan komersial, biasanya ditambahkan sedikit bau belerang untuk

mendeteksi kebocoran yang mungkin terjadi. Sebagai komponen utama biogas, metana adalah sumber bahan bakar utama. Pembakaran satu molekul metana dengan oksigen akan melepaskan satu molekul CO<sub>2</sub> (karbondioksida) dan dua molekul H<sub>2</sub>O (air):



Nilai kalori gas methan 17% lebih tinggi dari bensin. Nilai kalori gas methan murni 8.900 kkl/m<sup>3</sup>. Sedangkan nilai kalori biogas yang masih berupa campuran gas-gas berkisar 5.000-6.513 kkal/m<sup>3</sup>. Secara keseluruhan gas yang dihasilkan tak begitu berbau, tak berwarna dan dalam pengapian berwarna biru.

2. Karbon dioksida adalah gas atmosphaera yang terdiri daripada satu atom karbon dan dua atom oksigen. Karbon dioksida merupakan sebatian kimia yang dikenali ramai, ia biasanya dikenali dengan formulanya CO<sub>2</sub>. Karbon dioksida terhasil daripada pembakaran bahan organik sekiranya cukup oksigen hadir. Ia juga dihasilkan oleh pelbagai mikroorganisma hasil penapaian dan pernafasan selular. Tumbuhan menggunakan karbon dioksida semasa fotosintesis, menggunakan kedua-dua karbon karbon dioksida dan oksigen untuk membina karbohidrat. Tambahan lagi, tumbuhan membebaskan oksigen ke atmosphaera di mana ia akhirnya digunakan untuk pernafasan oleh organisma heterotrophik, membentuk kitaran. Kehadirannya di atmosphaera Bumi pada kepekatan rendah dan bertindak sebagai gas rumah hijau. Ia merupakan komponen utama kitaran karbon. Karbon dioksida merupakan gas tanpa warna yang, apabila dihirup pada dosis yang tinggi (aktivititas berbahaya disebabkan risiko sesak nafas), menghasilkan rasa masam dalam mulut and rasa menyengat di hidung dan tekak. Kesan ini disebabkan oleh gas melarut dalam selaput mukus dan air liur, membentuk larutan cair asid karbonik. Kepadatannya pada 25 °C adalah 1.98 kg m<sup>3</sup>, sekitar 1.5 kali ganda udara. Molekul karbon dioksida (O=C=O) terdiri daripada dua ikatan yang sama dan mempunyai bentuk linear (lurus). Ia tidak mempunyai bipolar eletrik. Apabila teroksida sepenuhnya, ia tidak aktif dan tidak mudah terbakar. Karbon dioksida cair hanya terbentuk pada tekanan melebihi 5.1 atm; pada tekanan biasa, ia

bertukar antara bentuk gas dan pepejal secara langsung melalui proses yang dikenali sebagai sublimation. Air akan meresap karbon dioksida sama banyak dengan isi padanya, dan lebih banyak lagi bawah tekanan. Sekitar 1% daripada karbon dioksida terlarut bertukar menjadi asid karbonik. Asid karbonik seterusnya berpisah sebagiannya untuk membentuk bikarbonat dan ion karbonat.

3. Oksigen merupakan unsur terbanyak dalam kerak bumi, dianggarkan sebanyak 46.7% daripada mengikut berat. Oksigen merangkumi 87% daripada lautan (sebagai  $\text{H}_2\text{O}$ , dan 1% daripada udara Bumi (sebagai  $\text{O}_2$ , molekul oksigen, atau  $\text{O}_3$ , ozon). Sebatian oksigen, terutama dalam logam, silika ( $\text{SiO}_4^{4-}$ ) and karbonat ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), mudah didapati dalam batu dan tanah. Air beku merupakan pepejal biasa di planet lain dan komet. Ais di Marikh terdiri daripada karbon dioksida beku. Sebatian oksigen didapati di merata Alam dan spektrum oksigen diperhatikan dalam cahaya bintang. Malah bintang tidak mampu menghasilkan cahaya tanpa oksigen.

Oksigen biasanya digunakan sebagai pengoksida, hanya fluorine mempunyai negatif elektron yang lebih tinggi. Oksigen juga digunakan sebagai bahan pengoksida dalam bahan api roket. Oksigen juga penting untuk pernafasan dan digunakan dengan meluas dalam bidang perubatan. Oksigen juga digunakan dengan meluas dikawasan yang kurang oksigen seperti pendaki gunung, juruterbang yang membawa bekalan oksigen tambahan. Oksigen juga digunakan untuk pengimpalan dan dalam proses pembuatan besi dan metanol.

4. Nitrogen ialah unsur kimia di dalam jadual berkala yang mempunyai simbol N dan nombor atom 7. Biasanya ia merupakan gas yang tak berwarna, tak berbau, tanpa rasa dan kebanyakannya lengai, dwiatom, bukan logam, nitrogen merangkumi 78 % atmosfer Bumi dan merupakan juzuk dalam semua tisu hidupan. Nitrogen membentuk banyak jenis sebatian penting seperti asid amino, ammonia, asid nitrik dan sianida. Nitrogen ialah bukan logam, dengan keelektronegatifan 3.0. Ia mempunyai 5 elektron pada peta terluarnya, maka adalah trivalen pada kebanyakan sebatian. Nitrogen tulen adalah gas dwi atom tak berwarna dan tak reaktif pada suhu bilik, dan

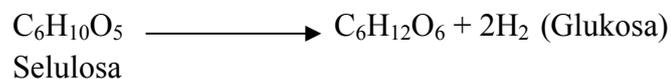
merangkum 78.08% kandungan atmosfer Bumi. Ia meluap pada 77 K pada tekanan atmosfer dan membeku pada 63 K. Ce cair nitrogen merupakan kriogen biasa.

5. Karbon monoksida adalah rumus kimia CO, adalah gas yang tak berwarna, tak berbau, mudah terbakar dan sangat beracun. Ia merupakan hasil utama pembakaran karbon dan senyawa yang mengandungi karbon lainnya yang tak lengkap.

### 2.2.1. Proses Pembentukan Biogas

Secara garis besar proses pembentukan biogas dapat dilihat pada Gambar 2.1 dan dibagi dalam tiga tahap yaitu: hidrolisis, asidifikasi (pengasaman) dan pembentukan gas metana:

- a. **Tahap Hidrolisis**, pada tahap hidrolisis, bahan organik dienzimatik secara ekxternal oleh enzim ekstraselular ( amylase, protease, dan lipase) mikro organisme. Bakteri memutuskan rantai panjang karbohidrat kompleks, protein dan lipida menjadi senyawa rantai pendek. Sebagai contoh polisakarida diubah menjadi monosakarida sedangkan protein diubah menjadi peptide dan asam amino. Proses kimia pada pembentukan metana, melalui **tahap hidrolisis** :



- b. **Tahap Asidifikasi (pengasaman)**, pada tahap ini bakteri menghasilkan asam, mengubah senyawa rantai pendek hasil proses pada tahap hidrolisis menjadi asam asetat, hydrogen ( $\text{H}_2$ ) dan karbon dioksida. Bakteri tersebut merupakan bakteri anaerob yang dapat tumbuh dan berkembang pada keadaan asam. Untuk menghasilkan asam asetat, bakteri tersebut memerlukan oksigen dan karbon yang diperoleh dari oksigen yang terlarut dalam larutan. Pembentukan asam pada kondisi anaerob tersebut penting untuk pembentuk gas metana oleh mikro organisme pada proses selanjutnya. Selain itu bakteri tersebut juga mengubah senyawa yang bermolekul rendah menjadi alcohol, asam organic,

asam amino, karbon dioksida,  $H_2S$ , dan sedikit gas metana. Proses kimia pada pembentukan metana, melalui **tahap asidifikasi** :



Asam Propionat

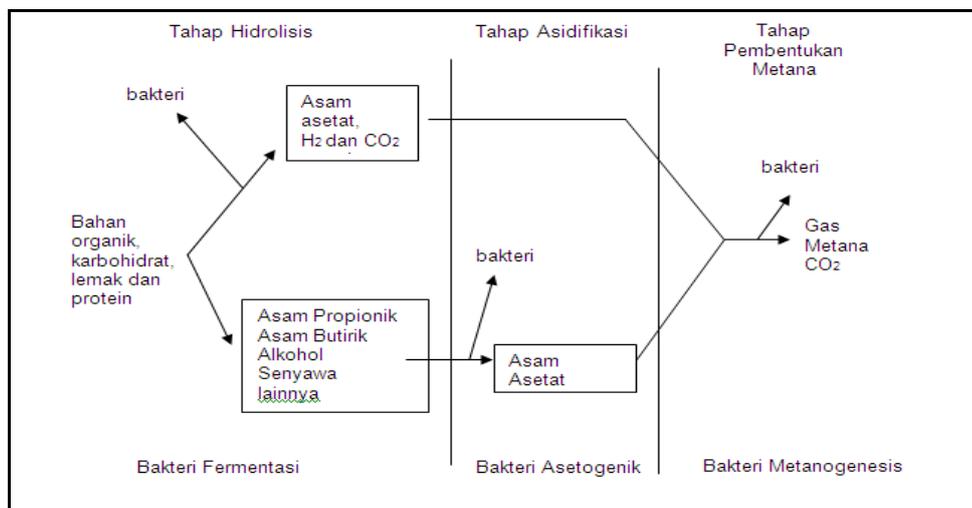
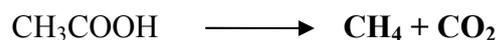


Asam Butirat

### c. Tahap Pembentukan Gas Metana.

Pada tahap ini bakteri metanogenik mendekomposisikan senyawa dengan berat molekul rendah menjadi senyawa dengan berat molekul tinggi. Sebagai contoh bakteri ini menggunakan hydrogen,  $CO_2$ , dan asam asetat untuk membentuk metana dan  $CO_2$ . Bakteri penghasil asam dan gas metana bekerja sama secara simbolis, bakteri penghasil asam membentuk keadaan atmosfer yang ideal untuk bakteri penghasil metana. Sedangkan bakteri pembentuk gas metana menggunakan asam yang dihasilkan bakteri penghasil asam, tanpa adanya proses simbiotik tersebut, akan menciptakan kondisi toksik bagi mikro organism penghasil asam.

Proses kimia pada pembentukan metana, melalui **tahap Metanogenesis** :



Gambar. 2.1. Proses pembentukan biogas (Sufyandi, 2001).

Adapun sifat dari biogas (dengan kandungan CH<sub>4</sub> atau methana sebanyak 70% dan 30% merupakan (CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub>S), dapat ditunjukkan pada uraian berikut :

1. Berat jenis biogas lebih besar dari udara
2. Tidak mempunyai sifat pelumasan terhadap metal.
3. Merupakan Solvent yang baik terhadap karet, sehingga perlu diperhatikan terhadap kemasan atau tabung yang di pakai.
4. Tidak berwarna.
5. Tidak berbau.
6. Bila menguap di udara bebas akan membentuk lapisan karena kondensasi sehingga adanya aliran gas.

Dari uraian tersebut dapat disimpulkan bahwa biogas adalah gas yang mudah terbakar (flammable) yang dihasilkan dari proses fermentasi bahan-bahan organik oleh bakteri-bakteri anaerob (bakteri yang hidup dalam kondisi kedap udara). Pada umumnya semua jenis bahan organik bisa diproses untuk menghasilkan biogas, namun demikian hanya bahan organik (padat, cair) homogen seperti kotoran dan urine (air kencing) hewan ternak yang cocok untuk sistem biogas sederhana. Disamping itu juga sangat mungkin menyatukan saluran pembuangan di kamar mandi atau WC ke dalam sistem Biogas. Di daerah yang banyak industri pemrosesan makanan antara lain tahu, tempe, ikan pindang atau brem bisa menyatukan saluran limbahnya ke dalam sistem Biogas, sehingga limbah industri tersebut tidak mencemari lingkungan disekitarnya. Hal ini memungkinkan karena limbah industri tersebut diatas berasal dari bahan organik yang homogen. Jenis bahan organik yang diproses sangat mempengaruhi produktifitas sistem biogas disamping parameter-parameter lain seperti temperatur digester, pH, tekanan dan kelembaban udara.

Manfaat energi biogas adalah sebagai pengganti bahan bakar khususnya minyak tanah dan dipergunakan untuk memasak. Dalam skala besar, biogas dapat digunakan sebagai pembangkit energi listrik. Di samping itu, dari proses produksi biogas akan dihasilkan sisa kotoran ternak yang dapat langsung dipergunakan sebagai pupuk organik pada tanaman/budidaya pertanian. Sehingga potensi

pengembangan Biogas di Indonesia masih cukup besar. Hal tersebut mengingat cukup banyaknya populasi sapi, kerbau dan kuda, yaitu 11 juta ekor sapi, 3 juta ekor kerbau dan 500 ribu ekor kuda.. (Deptan, 2007)

Apabila diasumsikan 1 Kg kotoran sapi bisa menghasilkan 0,03 m<sup>3</sup> gas methane dan setiap sapi dewasa (berat 500 Kg) menghasilkan kotoran 10 Kg per hari, maka jumlah sapi dewasa yang dibutuhkan untuk menghasilkan sejumlah gas tertentu dapat diperkirakan berdasarkan tabel berikut ini :

Tabel 2.2. Nilai kalori biogas

No	Ukuran Biogas (m <sup>3</sup> )	Jumlah Sapi (ekor)	Kotoran (Kg)	Energi (Kcal)
1	2	2-3	20-30	10400-18000
2	3	3-4	30-40	15600-17700
3	4	4-6	40-60	20800-23600
4	6	6-10	60-100	31200-35400
5	8	12-15	120-150	41600-47200

(Sumber : Deptan, 2007)

Nilai kalori biogas tergantung pada komposisi metana dan karbondioksida, dan kandungan air di dalam gas. Gas mengandung banyak kandungan air akibat dari temperatur pada saat proses, kandungan air pada bahan dapat menguap dan bercampur dengan metana. Pada biogas dengan kisaran normal yaitu 60-70% metana dan 30-40% karbondioksida, nilai kalori antara 20 – 26 J/cm<sup>3</sup>. Nilai kalori bersih dapat dihitung dari persentase metana seperti berikut (Meynel, 1976) :

$$Q = k \times m \dots\dots\dots ( 2.1 )$$

Keterangan : Q = Nilai kalor bersih ( joule/cm<sup>3</sup> )

k = Konstanta ( 0,33 )

m = Persentase metana ( % )

Apabila gas ini dibakar akan berwarna biru dan menghasil banyak energi panas. Satu meter kubik biogas setara dengan 5.200-5.900 Kcal atau apabila dipakai untuk memanaskan air dapat meningkatkan 130 Kg air dari 20 derajat sampai mendidih atau menyalakan lampu 50-100 watt selama 6 jam.

Untuk kesetaraan biogas dengan sumber energi lain dapat dilihat pada table dibawah ini

Tabel 2.3. Kesetaraan biogas dengan sumber energi lain

**1 m<sup>3</sup> Biogas setara dengan:**

Elpiji	0,46 kg
Minyak tanah	0,62 liter
Minyak solar	0,52 liter
Bensin	0,80 liter
Gas kota	1,50 m <sup>3</sup>
Kayu bakar	3,50 kg

(Sumber : Deptan, 2007)

### 2.2.2. Instalasi Biogas

Instalasi biogas yang digunakan terdiri dari beberapa bagian untuk proses pembusukan kotoran ternak sampai menghasilkan gas berupa biogas. Adapun bagian-bagian tersebut yaitu :

1. *Inlet*

Bagian yang digunakan untuk tempat masuknya kotoran ternak yang akan diproses.

2. *Degister*

Tempat terjadinya dekomposisi kotoran ternak menjadi biogas yang dilakukan oleh beberapa bakteri.

3. *Outlet sludge*

Adalah bagian yang berfungsi untuk menampung sisa kotoran hasil dekomposisi biogas.

4. *Outlet gas*

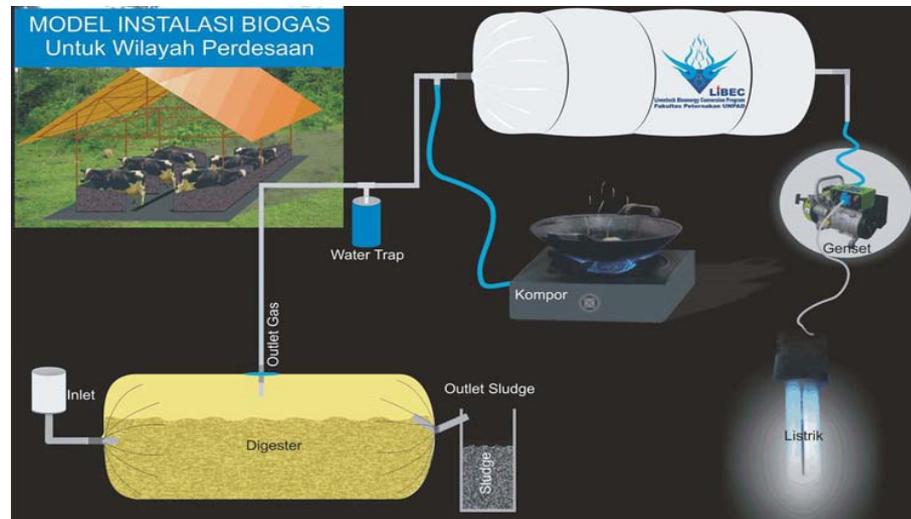
Yaitu saluran yang digunakan untuk mengalirkan biogas kedalam penampungan.

5. *Water trap*

*Water trap* berfungsi sebagai alat untuk menampung uap air yang telah mencair menjadi air.

## 6. Tempat penampung gas

Penampung gas adalah tempat yang digunakan untuk menampung biogas yang akan digunakan.



Gambar 2.2 Instalasi pembuatan biogas  
Sumber : <http://andiaris.wordpress.com/info-biogas/>

### 2.2.3. Karakteristik Zat yang Terkandung Dalam Biogas

#### a. Gas Metana ( $\text{CH}_4$ )

Sifat fisika metana sebagai berikut :

Berat molekul	: 16,04 gram/mol
Densitas	: $7,2 \times 10^{-4}$ gram/ml (pada 1 atm dan $0^\circ\text{C}$ )
Titik didih	: $-161,4^\circ\text{C}$
Titik leleh	: $-182,6^\circ\text{C}$
Nilai kalor $\text{CH}_4$	: 13.279,302 Kkal/kg
Nilai kalor biogas	: 6.720–9660 Kkal/kg

#### b. Karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ )

Sifat fisika karbon dioksida sebagai berikut :

Berat molekul	: 44,01 gram/mol
Densitas	: $1,98 \times 10^{-3}$ gram/ml (pada 1 atm dan $0^\circ\text{C}$ )
Titik didih	: $-8,5^\circ\text{C}$
Titik leleh	: $-55,6^\circ\text{C}$ (pada tekanan 5,2 atm)

c. Nitrogen ( $N_2$ )

Sifat fisika nitrogen sebagai berikut :

Berat molekul	: 28,02 gram/mol
Densitas	: $1,25 \times 10^{-3}$ gram/ml (pada 1 atm dan $0^\circ C$ )
Titik didih	: $-195,8^\circ C$
Titik leleh	: $-209,86^\circ C$

d. Hidrogen ( $H_2$ )

Sifat fisik Hidrogen sebagai berikut :

Berat molekul	: 2,016 gr/mol
Densitas	: $8,97 \times 10^{-5}$ gram/ml (pada 1 atm dan $0^\circ C$ )
Titik didih	: $-259,1^\circ C$
Titik leleh	: $-252,7^\circ C$

e. Karbon monoksida ( $CO$ )

Sifat fisika karbon monoksida sebagai berikut :

Berat molekul	: 28,01 gr/mol
Titik didih	: $-108,6^\circ C$
Titik leleh	: $46,3^\circ C$

f. Oksigen ( $O_2$ )

Sifat fisika oksigen sebagai berikut :

Berat molekul	: 16 gr/mol
Temperatur Kritis	: $-118^\circ C$
Titik kritis	: 49,7 atm
Titik didih	: $-183^\circ C$
Titik Beku	: $-218,4^\circ C$
Densitas	: $1,43 \times 10^{-3}$ gr/ml

g. Hidrogen sulfida ( $H_2S$ )

Sifat fisika hidrogen sulfida sebagai berikut :

Berat molekul	: 34,08 gram/mol
Titik didih	: $-59,6^\circ C$
Titik leleh	: $-82,9^\circ C$

### 2.3. Absorpsi Larutan KOH

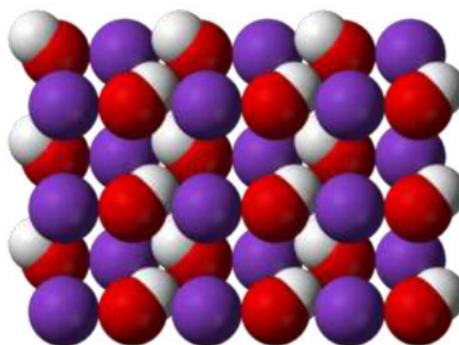
Proses pemurnian biogas dilakukan karena didalam biogas masih terkandung unsur-unsur yang tidak bermanfaat untuk pembakaran khususnya H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>S dan senyawa lainnya. Pemurnian gas CO<sub>2</sub> didalam biogas dilakukan dengan teknik absorpsi menggunakan absorben berupa Ca(OH)<sub>2</sub> dan NaOH.

Absorpsi adalah pemisahan suatu gas tertentu dari campuran gas-gas dengan cara pemindahan massa ke dalam suatu *liquid*. Hal ini dilakukan dengan cara mengantarkan aliran gas dengan *liquid* yang mempunyai selektivitas pelarut yang berbeda dari gas yang akan dipisahkannya (Purnomo, J. 2009).

Untuk absorpsi kimia, transfer massanya dilakukan dengan bantuan reaksi kimia. Suatu pelarut kimia yang berfungsi sebagai absorben akan bereaksi dengan gas asam (CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>S) menjadi senyawa lain, sehingga gas asam yang dihasilkan sudah tidak lagi mengandung gas asam yang biasanya akan mencemari lingkungan apabila ikut terbakar.

#### 2.3.1. Kalium Hidroksida (KOH)

Kalium hidroksida adalah basa kuat yang terbuat dari logam alkali kalium yang bernomor atom 19 pada tabel periodik. Bentuk Kalium hidroksida kristal, butir, serpih, padat, batang yang berwarna putih sampai kuning dan tidak berbau. Kalium hidroksida memiliki rumus molekul KOH; 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 @ 714°C; Mudah larut dalam air dingin, air panas, tidak larut dalam dietil eter.



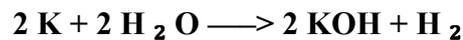
Gambar 2.3. Struktur Kalium hidroksida

Sumber : <http://bisakimia.com/2013/02/14/cara-membuat-kalium-hidroksida-koh/>

Penggunaan Kalium hidroksida digunakan sebagai fotografi dan litografi, membuat sabun cair, mengabsorpsi karbon dioksida, menghilangkan cat pernis, pewarna kain, dan tinta cetak.

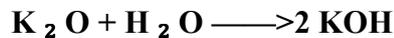
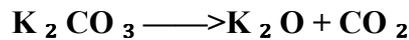
Berikut adalah terkait tentang proses kalium hidroksida :

1. Membuat kalium hidroksida dari logam. Meskipun bukan cara yang baik secara komersial dalam mempersiapkan kalium hidroksida, logam kalium dapat dikombinasikan dengan air (ini berbahaya) untuk bereaksi hingga menghasilkan kalium hidroksida dan hidrogen.



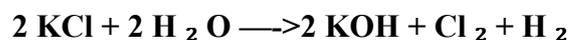
Ketika logam kalium kontak dengan air, begitu banyak panas yang dihasilkan dan menyemburkan api hidrogen . Bahkan sepotong kalium ukuran kacang polong bereaksi dengan cara ini. Sangat berbahaya dan akan terjadi ledakan.

2. Membuat kalium hidroksida dari abu kayu. . Kalium karbonat, jika dipanaskan kuat, mengeluarkan gas karbon dioksida, memproduksi oksida kalium. Mereaksikan oksida dengan air menghasilkan kalium hidroksida.



Ikuti prosedur ini dengan menggunakan tungku saat memanaskan kalium karbonat.

3. Elektrolisis larutan kalium klorida dalam sistem elektrolisis. Elektrolisis larutan kalium klorida sehingga menghasilkan gas klor pada satu elektroda dan kalium hidroksida pada yang lain. Gas dibiarkan hingga lepas ke atmosfer. Reaksi adalah:



Terbentuk gas hidrogen pada katoda, seperti halnya kalium hidroksida, sedangkan terbentuk gas klor pada anoda.

4. Siapkan kalium hidroksida dari senyawa lain-lain. Kalium hidroksida dapat dibuat (meskipun tidak praktis) dari hidrida, acetylide, azida, dan sejumlah senyawa lainnya. Misalnya, azida ,  $\text{ K}_3\text{ N}$  bereaksi dengan air untuk membentuk hidroksida kalium, gas amoniak, dan panas :  $2 \text{ K}_3\text{ N} + 6 \text{ H}_2\text{ O} \longrightarrow 6 \text{ KOH} + 2 \text{ NH}_3 + \text{ panas}$

KOH adalah molekul ion  $K^+ + OH^-$ , dimana unsur  $K^+$  termasuk dalam logam alkali (IA) yang terdiri dari Li (Litium), Na (natrium), K (kalium), Rb (rubidium), Cs (cesium), Fr (fransium). Unsur ini mempunyai energi ionisasi paling kecil karena mempunyai konfigurasi elektron  $ns^1$ , oleh karena itu unsur logam alkali mudah melepaskan elektron, semakin kebawah maka energi ionisasi elektron valensi semakin kecil, yang berarti larutan semakin reaktif. Energi ionisasi dari berbagai unsur :

Li (Litium)	: 520.2 kJ/mol
Na (natrium)	: 495.8 kJ/mol
K (kalium)	: 418.8 kJ/mol
Rb (rubidium)	: 403 kJ/mol
Cs (cesium)	: 375.7 kJ/mol

Sumber : [engineermv.weebly.com](http://engineermv.weebly.com)

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa semakin kecil energi ionisasi/elektron valensi maka semakin besar kereaktifannya.

Energi ionisasi logam alkali relatif sangat rendah dibandingkan unsur logam yang lain termasuk logam yang sangat reaktif, maka unsur ini cenderung lebih mudah melepas elektronnya. Hubungan jari-jari atom dengan kereaktifan logam alkali dalam satu golongan dari atas dan bawah adalah semakin besar, dengan demikian besarnya energi untuk melepas elektron valensinya (energi ionisasi) semakin kecil.

Logam alkali dapat bereaksi dengan air membentuk basa kuat, semakin kebawah sifat basa logam alkali semakin kuat. Hal ini dikarenakan dari atas ke bawah dalam sistem periodik semakin mudah untuk direduksi dan sifat logamnya semakin kebawah juga semakin kuat. Basa senyawa alkali ini bersifat ionik dan semuanya mudah larut dalam air. Kelarutannya dalam air semakin kebawah semakin besar. Apabila kita bandingkan KOH dengan  $Ca(OH)_2$  adalah KOH memiliki elektron valensi 1, yang berarti energi ionisasi KOH lebih kecil sehingga KOH semakin reaktif. Untuk elektron valensi dari  $Ca(OH)_2$  adalah 2.

### 2.3.2. Karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dan Aquades (H<sub>2</sub>O)

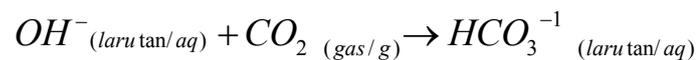
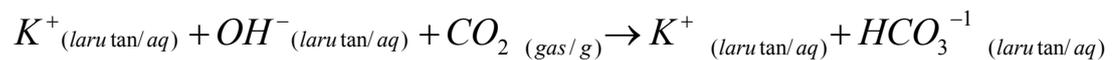
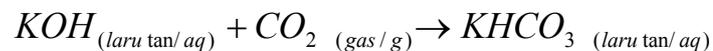
Karbon dioksida (rumus kimia: CO<sub>2</sub>) atau zat asam arang adalah sejenis senyawa kimia yang terdiri dari dua atom oksigen yang terikat secara kovalen dengan sebuah atom karbon. CO<sub>2</sub> berbentuk gas pada keadaan temperatur dan tekanan standar dan terdapat di atmosfer bumi. Rata-rata konsentrasi karbon dioksida di atmosfer bumi kira-kira 387 ppm berdasarkan volume walaupun jumlah ini bisabervariasi tergantung pada lokasi dan waktu.

Karbon dioksida adalah gas rumah kaca yang penting karena CO<sub>2</sub> menyerap gelombang inframerah dengan kuat. Karbon dioksida larut dalam air dan secara spontan membentuk H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (asam karbonat) dalam kesetimbangan dengan CO<sub>2</sub>. Konsentrasi relatif antara CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, dan HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (bikarbonat) dan CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> (karbonat) bergantung pada kondisi pH larutan. Dalam air yang bersifat netral atau sedikit basa (pH > 6,5), bentuk bikarbonat mendominasi (>50%). Dalam air yang bersifat basa kuat (pH > 10,4), bentuk karbonat mendominasi. Bentuk karbonat dan bikarbonat memiliki kelarutan yang sangat baik. dalam air laut (dengan pH = 8,2 - 8,5), terdapat 120 mg bikarbonat per liter Karbon dioksida dihasilkan oleh semua hewan, tumbuh-tumbuhan, fungi, dan mikroorganisme pada proses respirasi dan digunakan oleh tumbuhan pada proses fotosintesis. Oleh karena itu, karbon dioksida merupakan komponen penting dalam siklus karbon. Karbon dioksida juga dihasilkan dari hasil samping pembakaran bahan bakar fosil. Pembakaran dari semua bahan bakar yang mengandung karbon, seperti metana (gas alam), distilat minyak bumi (bensin, diesel, minyak tanah, propana), arang dan kayu akan menghasilkan karbon dioksida.

Prinsip penyulingan air untuk setiap elemen di tiga bagian yaitu : cairan, solid, dan uap yang tergantung pada suhu. Misalnya untuk air yang didinginkan di bawah 0 derajat Celcius (32 Fahrenheit) akan menjadi es sedangkan jika dipanaskan di atas 100 derajat Celsius (212 Fahrenheit) akan menjadi uap. Dimana perubahan substansi dari cair ke uap disebut titik didih, perbedaan ini dapat digunakan untuk zat terpisah dan dapat digunakan untuk pemurnian air. Jenis-Jenis Aquades (H<sub>2</sub>O) didapatkan dari Air suling dari sumur, Air suling dari mata air pegunungan, Air suling dari air tadah hujan.

### 2.3.3. Reaksi Larutan KOH dan CO<sub>2</sub>

Fungsi dari Kristal KOH pada penelitian ini yaitu sebagai pengikat CO<sub>2</sub>. Kristal KOH dapat mengikat CO<sub>2</sub> karena bersifat higroskopis. KOH memiliki sifat higroskopis yang mampu menyerap uap air (H<sub>2</sub>O) di udara. Selain itu KOH juga merupakan basa kuat sementara CO<sub>2</sub> adalah oksida asam sehingga KOH juga dapat menyerap CO<sub>2</sub> dari udara, atau bisa disimpulkan bahwa KOH di sini berfungsi untuk mengikat CO<sub>2</sub>. Reaksi antara KOH dengan CO<sub>2</sub>, sebagai berikut:



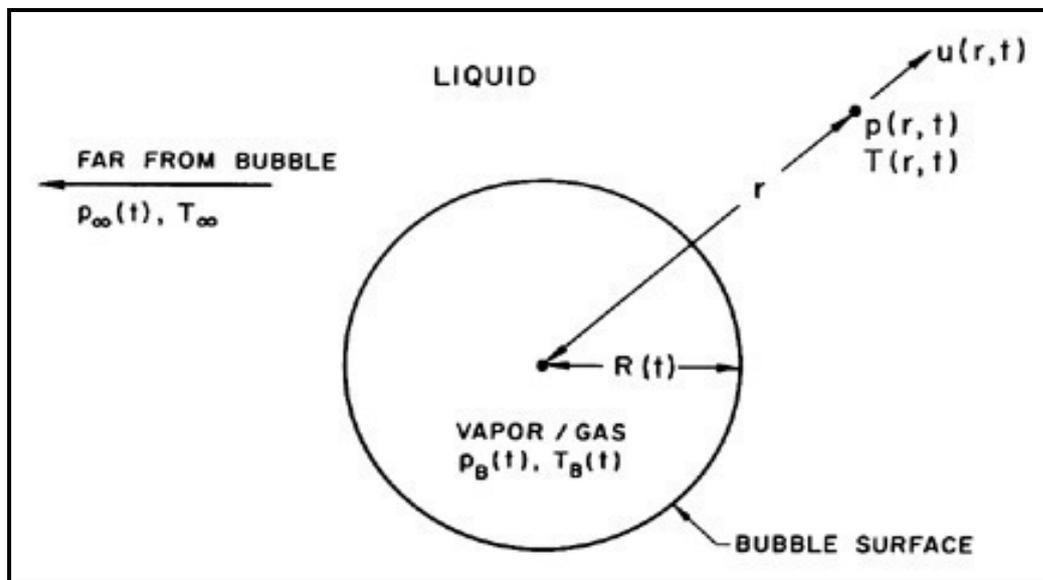
Absorpsi di atas merupakan reaksi yang terjadi secara kimia, dikarenakan terjadinya reaksi kimia secara langsung antara CO<sub>2</sub> dengan larutan KOH. Pada proses ini, kondisi pada fase gas serupa dengan absorpsi fisik. Tetapi pada fase cair, selain terdapat lapisan tipis cairan juga terdapat zona reaksi. Reaksi kimia yang terjadi adalah *ineversible*, dimana CO<sub>2</sub> pada fase gas akan diabsorpsi oleh larutan KOH pada fase cair. Pada saat gas mendekati interfase cair, gas CO<sub>2</sub> akan larut dan langsung bereaksi dengan larutan KOH.

## 2.4. Droplet

### 2.4.1. Dimensi Droplet

Pertimbangkan gelembung bola dari jari-jari,  $R(t)$  (di mana  $t$  adalah waktu), dalam domain tak terbatas cair yang suhu dan tekanan jauh dari bubble adalah  $T_{\infty}$  dan  $p_{\infty}(t)$  masing-masing. Suhu,  $T_{\infty}$ , diasumsikan konstan sederhana karena gradien suhu dihilangkan pemanasan apriori dan seragam dari cairan karena sumber panas internal atau radiasi tidak akan dipertimbangkan. Di sisi lain,

tekanan,  $p_\infty(t)$ , diasumsikan menjadi masukan (dan mungkin dikontrol) dikenal yang mengatur pertumbuhan atau runtuhnya gelembung.



Gambar 2.4. Skema gelembung bola dalam cairan yang tak terbatas

Meskipun kompresibilitas cairan dapat menjadi penting dalam konteks runtuhnya gelembung, untuk saat ini diasumsikan bahwa kepadatan cairan  $\rho_L$  adalah sebuah konstanta. Selain itu, viskositas dinamis  $\mu_L$  diasumsikan konstan dan seragam. Hal ini juga akan diasumsikan bahwa isi dari gelembung yang homogen dan suhu  $T_B(t)$  dan tekanan  $p_B(t)$  dalam gelembung selalu seragam. Asumsi ini tidak dapat dibenarkan dalam keadaan yang akan diidentifikasi sebagai hasil analisis. Jari-jari gelembung  $R(t)$  akan menjadi salah satu hasil utama dari analisis. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4, posisi radial di dalam cairan akan dilambangkan dengan jarak  $r$  dari pusat gelembung tekanan  $p(r,t)$  kecepatan radial luar  $u(r,t)$ , dan suhu  $T(r,t)$ , dalam cairan akan sangat ditunjuk. Konservasi massa membutuhkan itu.

$$u(r,t) = \frac{F(t)}{r^2}$$

## BAB III

### KERANGKA KONSEP PENELITIAN

#### 3.1. Diskripsi Penelitian

Penggunaan energi terbarukan (*renewable energy*) dapat menyelesaikan persoalan krisis energi yang akan terjadi serta mengurangi dampak penggunaan bahan bakar yang tidak baik terhadap lingkungan. Penggunaan energi terbarukan yang banyak dikembangkan saat ini berasal dari limbah organik seperti kotoran hewan, sampah biomassa, kotoran manusia, dan limbah tahu yang dapat dimanfaatkan melalui proses *anaerobic digestion* sehingga dihasilkan sebuah bahan bakar terbaru yaitu Biogas.

Biogas yang dihasilkan oleh bakteri ini mempunyai unsur utama yang terkandung sebagian besar berupa metana ( $\text{CH}_4$ ) dan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ). Kandungan metana ( $\text{CH}_4$ ) lebih dari 45% pada biogas bersifat mudah terbakar. Biogas mempunyai komposisi kandungan gas yang terdiri dari metana ( $\text{CH}_4$ ) sekitar 50-70%, untuk Karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) sekitar 30-40%, untuk Hidrogen ( $\text{H}_2$ ), Nitrogen ( $\text{N}_2$ ), Uap air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) dan Belerang ( $\text{H}_2\text{S}$ ) cenderung lebih kecil prosentasinya, Subowo (2010). Kualitas Biogas yang dihasilkan dari beberapa macam limbah kotoran ternak maupun sampah masih kurang baik dikarenakan masih banyaknya zat pengotor atau (*impurity*) yang terdapat dalam biogas.

Upaya untuk meningkatkan kualitas biogas dari zat pengotor perlu dilakukan proses purifikasi atau pemurnian pada biogas dengan menyerap atau mengurangi kandungan zat pengotor pada biogas tersebut. Proses pemurnian biogas yang sudah beberapa dilakukan adalah mengurangi zat pengotor yang merupakan salah satu kandungan yang terdapat pada biogas yaitu gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ). Penelitian tentang Absorpsi Gas Karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) dalam Biogas dengan Larutan NaOH secara Kontinyu didapatkan jumlah  $\text{CO}_2$  yang terserap dan  $\text{CH}_4$  yang dihasilkan semakin besar seiring berkurangnya laju alir NaOH serta % $\text{CO}_2$  yang terserap maksimum 58,11% dan kadar  $\text{CH}_4$  yang dihasilkan sebesar 74,13%. Dalam penelitian peningkatan kualitas bahan bakar biogas melalui proses pemurnian dengan zeolit alam pada *zeolite* yang diaktivasi dengan senyawa KOH 15%, kandungan gas  $\text{CO}_2$  yang semula sebesar 20%

setelah 120 menit berkurang menjadi 2,75%. Penurunan ini merupakan yang paling besar bila dibandingkan dengan menggunakan *zeolite* lain yang diaktivasi dengan kadar senyawa KOH yang lebih rendah. Proses pemurnian biogas dengan proses absorpsi dapat diketahui reaksi yang terjadi secara kimia, dikarenakan terjadinya reaksi kimia secara langsung antara CO<sub>2</sub> dengan larutan KOH. Pada proses ini, kondisi pada fase gas serupa dengan absorpsi fisik. Tetapi pada fase cair, selain terdapat lapisan tipis cairan juga terdapat zona reaksi. Reaksi kimia yang terjadi adalah *ineversible*, dimana CO<sub>2</sub> pada fase gas akan diabsorpsi oleh larutan KOH pada fase cair. Pada saat gas mendekati interfase cair, gas CO<sub>2</sub> akan larut dan langsung bereaksi dengan larutan KOH. Karbon dioksida atau zat asam arang adalah sejenis senyawa kimia yang terdiri dari dua atom oksigen yang terikat secara kovalen dengan sebuah atom karbon. Karbon dioksida larut dalam air dan secara spontan membentuk H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (asam karbonat) dalam kesetimbangan dengan CO<sub>2</sub>. Konsentrasi relatif antara CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, dan HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (bikarbonat) dan CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> (karbonat). Dalam air yang bersifat basa kuat, bentuk karbonat mendominasi. Bentuk karbonat dan bikarbonat memiliki kelarutan yang sangat baik. Untuk mengikat CO<sub>2</sub> yang bersifat asam perlu diberikan sebuah larutan basa yaitu Larutan KOH. KOH adalah molekul ion K<sup>+</sup> + OH<sup>-</sup>, dimana unsur K<sup>+</sup> termasuk dalam logam alkali (IA). Unsur ini mempunyai energi ionisasi paling kecil karena mempunyai konfigurasi elektron ns<sup>1</sup>, oleh karena itu unsur logam alkali mudah melepaskan elektron, semakin kebawah maka energi ionisasi elektron valensi semakin kecil, yang berarti larutan semakin reaktif. Sehingga agar didapatkan proses absorpsi yang lebih banyak maka perlu menambahkan konsentrasi KOH yang bersifat basa untuk menyerap CO<sub>2</sub> yang mempunyai sifat asam jika bereaksi dengan air.

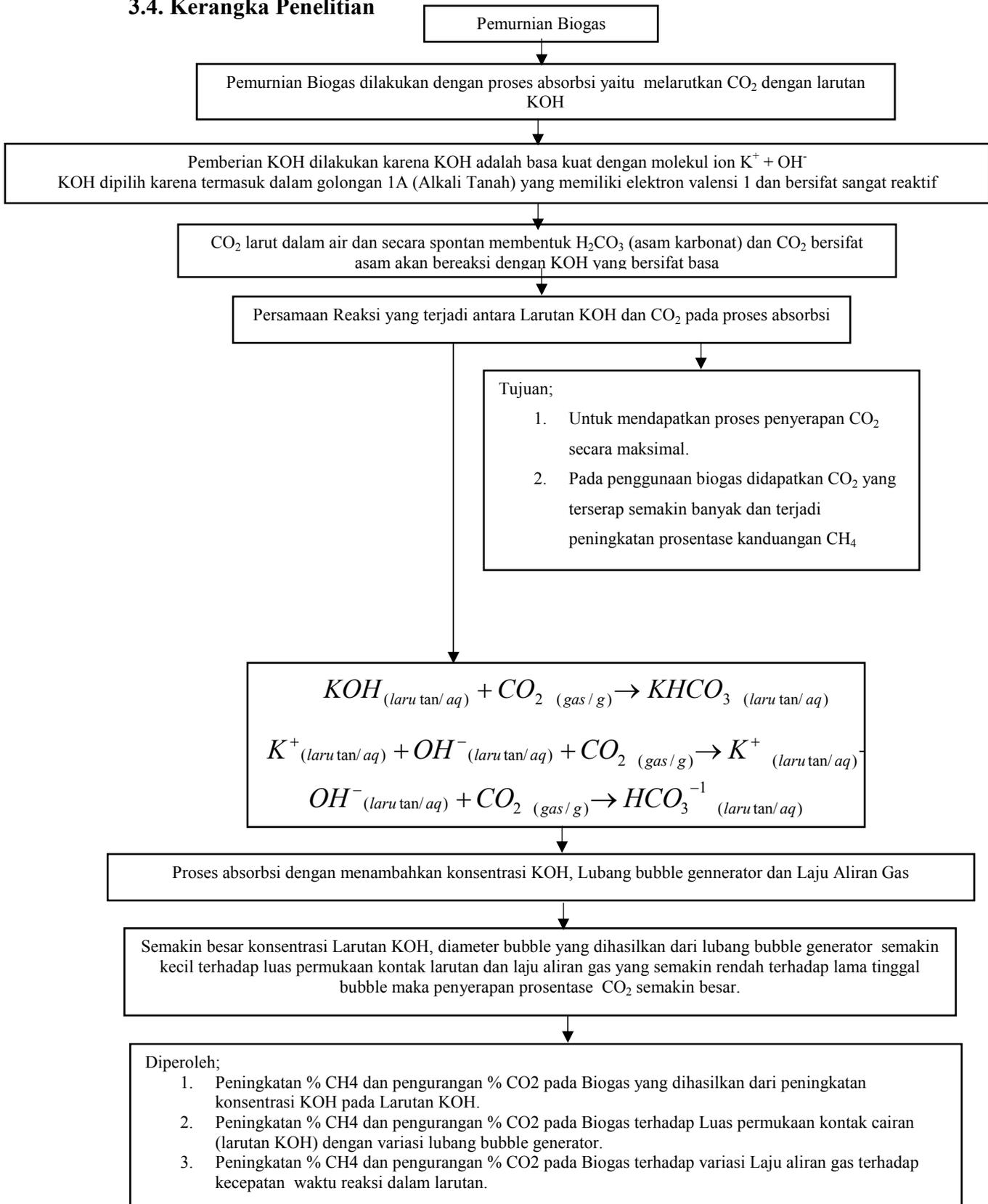
### 3.2. Kerangka Konsep Penelitian

Kandungan gas yang ada dalam biogas salah satunya adalah karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) yang merupakan gas pengotor yang dapat mengakibatkan pemakaian biogas dalam pembakaran tidak maksimal. Untuk itu perlu dilakukan proses penyerapan (absorpsi) pada gas karbondioksida tersebut. Media larutan untuk absorpsi adalah Larutan KOH. Proses absorpsi yang digunakan adalah dengan larutan KOH. KOH merupakan larutan dengan memiliki sifat basa kuat karena memiliki elektron valensi 1 yang lebih reaktif. Energi untuk melepas ion K lebih rendah sehingga larutan yang reaktif dan mampu secara cepat mengikat  $\text{CO}_2$ . Karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) merupakan oksida asam yaitu oksida non logam yang dapat menghasilkan asam bila bereaksi dengan air. Menurut persamaan reaksinya adalah  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3$  (asam karbonat). Larutan KOH yang mempunyai sifat basa kuat direaksikan dengan karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) yang bersifat asam akan mendapatkan reaksi  $\text{KOH} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{KHCO}_3$ . Dari persamaan diatas apabila konsentrasi KOH ditambahkan maka larutan akan semakin basa dan  $\text{CO}_2$  akan semakin bereaksi sehingga  $\text{CO}_2$  yang terikat akan semakin banyak. Absorpsi  $\text{CO}_2$  pada larutan KOH merupakan proses perpindahan massa gas ke liquid dimana luas kontak permukaan larutan akan berpengaruh terhadap diameter bubble gas  $\text{CO}_2$  dari lubang bubble generator. Besar kecilnya diameter bubble hasil dari lubang bubble generator sangat berpengaruh terhadap reaksi yang terjadi. Begitu juga laju aliran gas akan berpengaruh terhadap proses perpindahan massa gas  $\text{CO}_2$  ke larutan KOH dikarenakan kecepatan reaksi yang terjadi. Semakin cepat laju aliran gas maka proses penyerapan  $\text{CO}_2$  pada larutan tidak maksimal.

### 3.3. Hipotesa

Dari kerangka konsep diatas untuk penambahan KOH yang semakin banyak menyebabkan larutan menjadi semakin basa, yang artinya  $\text{CO}_2$  yang memiliki sifat asam akan semakin bereaksi, sehingga prosentase  $\text{CO}_2$  akan semakin berkurang. Sehingga pada performansi purifikasi biogas dengan KOH Based Absorbent dengan mengetahui reaksi antara KOH dan  $\text{CO}_2$  akan menghasilkan besarnya %  $\text{CO}_2$  yang terserap serta kandungan %  $\text{CH}_4$  semakin meningkat pada Biogas.

### 3.4. Kerangka Penelitian



**Gambar 3.1. Kerangka Penelitian**

## **BAB IV**

### **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental skala laboratorium yang bertujuan untuk mengetahui Performansi Purifikasi Biogas dengan KOH Based Absorbent. Pada penelitian ini Variasi lubang pada *bubble generator* yang digunakan dengan diameter 1 mm; 0,8mm; 0,5mm, sedangkan media larutan yang digunakan adalah Variasi konsentrasi KOH yaitu KOH 0,99%, 1,47%, dan 1,96%. Gas yang digunakan pada penelitian ini berupa Gas CO<sub>2</sub> Murni, Gas CH<sub>4</sub> Murni dan Biogas hasil kotoran ternak sapi yang ada di Desa Tegalweru, Kecamatan Dau Kabupaten Malang. Kajian literatur dari berbagai sumber untuk menambah informasi yang diperlukan dan membantu dalam melakukan analisis data hasil penelitian.

#### **4.1. Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di dua tempat yaitu Laboratorium Motor Bakar Universitas Brawijaya pada saat menggunakan gas CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> murni, kemudian dilanjutkan menggunakan biogas langsung di Desa Tegalweru Kecamatan Dau – Batu. sedangkan waktu pelaksanaan penelitian dilakukan pada Bulan Oktober 2013 sampai dengan November 2015

#### **4.2. Variabel Penelitian**

##### 1. Variabel bebas

Dalam penelitian ini variabel bebas yang digunakan :

- a. Variasi konsentrasi KOH yaitu KOH 0,99%, 1,47%, dan 1,96%.
- b. Variasi lubang pada *bubble generator* yang digunakan dengan diameter 1 mm; 0,8 mm; 0,5 mm.

## 2. Variabel terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini :

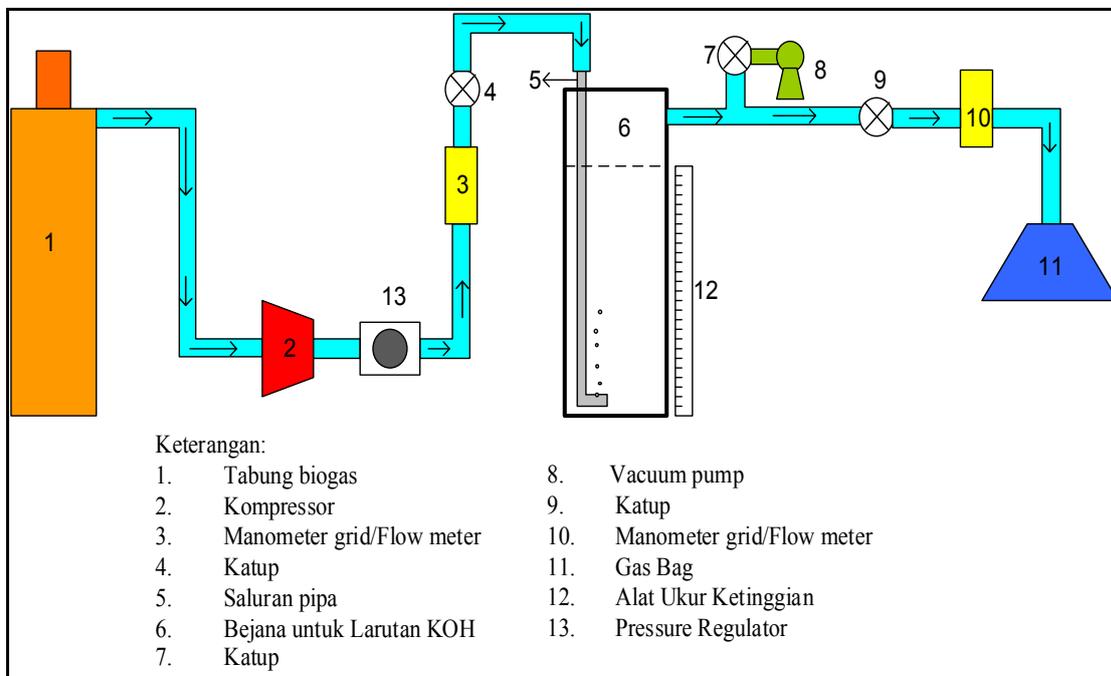
- Debit Masuk dan Keluar ( $Q_{in}$  &  $Q_{out}$ )
- Lama tinggal *bubble* ( $s$ )
- Prosentase kandungan metana ( $CH_4$ ) dan karbon dioksida ( $CO_2$ )

## 3. Variabel terkontrol

Variabel terkontrol dalam penelitian ini adalah Tinggi larutan KOH Based Absorbent

### 4.3. Instalasi Penelitian

#### 4.3.1. Perencanaan Instalasi Penelitian untuk Purifikasi Biogas



Gambar 4.1 Instalasi penelitian untuk Purifikasi Biogas

Pada gambar 4.1. Instalasi penelitian untuk Purifikasi Biogas diatas dapat digunakan untuk mengikat kotoran yang terdapat pada Biogas yaitu salah satunya berupa  $CO_2$  yang merupakan zak pengotor dan meningkatkan prosentase  $CH_4$  yang terdapat pada Biogas. Adapun instalasi penelitian untuk purifikasi biogas ini terdiri dari beberapa peralatan pendukung diantaranya terdapat tabung gas yang digunakan untuk menampung gas seperti  $CO_2$ ,  $CH_4$  murni dan Biogas sebagai obyek yang diteliti. Alat pendukung lainnya adalah kompresor yang digunakan

untuk membantu aliran gas sesuai dengan tekanan yang ditentukan dikarenakan untuk biogas tekanan yang dihasilkan kecil sehingga dapat membantu biogas mengalir melewati Larutan KOH dan untuk menjaga agar tekanan yang dihasilkan stabil (steady) maka dipasangkan alat kontrol tekanan yaitu *pressure regulator*. Dalam instalasi penelitian ini dipasangkan *manometer grid/flow meter* pada saluran pipa yang dialiri gas untuk mengetahui perbedaan ketinggian aliran gas yang melewati *manometer grid/flow meter* ini guna didapatkan laju aliran gas. *Manometer grid/flow meter* ini dipasang sebelum bejana (berisi larutan KOH) dan sesudah melewati bejana (Larutan KOH). Sebelum gas melewati bejana tersebut pada saluran pipa juga dipasang katup (valve) untuk membuka dan menutup aliran gas yang akan masuk dalam bejana dan gas yang keluar dari bejana sebelum ditampung dalam gas bag. Pada saluran pipa ini juga dipasang pipa yang diberikan lubang-lubang sesuai diameter yang direncanakan untuk menghasilkan gas bubble generator yang ditempatkan didalam Bejana (larutan KOH). Peralatan penunjang lainnya pada instalasi ini adalah Bejana sebagai tempat campuran antara KOH dan H<sub>2</sub>O (*Aquades*) sesuai dengan konsentrasi yang ditentukan dalam pengujian. Untuk mengukur ketinggian Larutan KOH maka dipasangkan alat ukur ketinggian pada bejana sesuai dengan tinggi larutan yang direncanakan. Pada bejana yang telah diisi dengan larutan KOH sesuai dengan tinggi larutan masih tersisa ruang kosong yang masih terdapat udara dan kondisinya harus vakum. Untuk itu perlu divakumkan dengan menggunakan *vacumm pump* (pompa vakum). Hasil dari pengujian gas yang telah melewati saluran keluar ditampung dalam gas bag. Gas dalam gas bag ini dilakukan pengujian kandungan yang terdapat dalam gas tersebut dengan menggunakan *Gas chromatography*.

#### **4.4. Prosedur Penelitian**

Prosedur pelaksanaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mempelajari hal-hal yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan, sehingga dapat menguatkan dalam pengambilan hipotesa serta memperjelas hasil penelitian.

## 2. Observasi Lapangan

Observasi lapangan dilakukan untuk studi terhadap peralatan-peralatan yang diperlukan dalam penelitian.

## 3. Pembuatan Alat

Pembuatan alat dimulai dengan pembuatan bejana untuk wadah dari larutan KOH, pembuatan saluran untuk masuknya gas, pemasangan kompresor dan pembuatan lubang-lubang pada pipa untuk *bubble generator*, pemasangan *manometer grid*, dan pemasangan *valve serta vacuum pump*. Kemudian mempersiapkan bahan-bahan yang digunakan untuk pengujian.

## 4. Perancangan Instalasi

Penelitian ini direncanakan untuk pembuatan perancangan instalasi untuk pemurnian biogas dengan melakukan pemasangan selang pada sumber gas kemudian disambungkan ke kompresor untuk penambahan tekanan pada gas kemudian pemasangan *manometer grid* pada saluran pipa, kemudian pemasangan *manometer grid* pada sumber keluarnya gas pada bejana (larutan KOH) dan pemasangan alat uji kandungan gas. Dan pemasangan *vacuum pump* yang nantinya digunakan untuk memvacuum kan ruang kosong dalam bejana tersebut sebelum pengambilan data.

## 5. Pengambilan Data

Pengambilan data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah kadar kandungan CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub> pada biogas yang digunakan, variasi campuran KOH dengan H<sub>2</sub>O, debit yang masuk dan keluar, lama tinggal bubble, tinggi larutan dan kandungan CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub> pada saat biogas sudah dilakukan pengujian dengan variabel Variasi konsentrasi KOH yaitu KOH 0,99%, 1,47%, dan 1,96% dan Variasi lubang pada *bubble generator* yang digunakan dengan diameter 1 mm; 0,8 mm; 0,5 mm.

## 6. Pengolahan dan Pembahasan

Setelah data-data yang diperlukan telah diambil langkah selanjutnya adalah pengolahan data. Dan membandingkan data yang satu dengan data yang lain dengan menggunakan grafik

#### 4.5. Pelaksanaan Penelitian

Untuk mendapatkan data penelitian menggunakan gas  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  murni dan Biogas maka langkah-langkah yang dilakukan adalah dengan mempersiapkan semua peralatan yang diperlukan. Selanjutnya mencampur larutan kimia antara  $\text{KOH} + \text{H}_2\text{O}$  (Aquadess) sesuai dengan kadar yang diinginkan dan sesuai dengan tinggi larutan yang ditentukan dengan melihat alat ukur ketinggian yang dipasang dalam bejana tersebut. Larutan yang sudah tercampur dimasukkan di wadah penampung larutan (Bejana). Masukkan pipa yang sudah dibuatkan lubang-lubang pada pipa dengan diameter yang sudah ditentukan untuk mendapatkan bubble generator dari aliran gas yang ditentukan pada bejana yang berisi larutan  $\text{KOH}$ . Pasangkan penutup bejana dengan memberikan seal agar tidak terjadi kebocoran saat pengujian dan pasang *vacuum pump* pada saluran keluar, kemudian aktifkan *vacuum pump* tersebut untuk membuat kondisi di atas larutan  $\text{KOH}$  yang tersisa pada kondisi vacuum sebelum dilakukan pemasukan gas yang direncanakan. Pastikan kondisi gas dalam tabung gas dan kompresor sudah terisi dan pastikan tekanan yang dikeluarkan stabil dengan melihat kontrol tekanan pada *pressure regulator*. Langkah selanjutnya membuka *katup (valve)* untuk gas yang sudah direncanakan pada kecepatan aliran tertentu. Gas yang mengalir dapat dilihat perbedaan ketinggian pada alat ukur *manometer grid/flow meter* yang dipasang sebelum masuk dalam Bejana (Larutan  $\text{KOH}$ ) dan sesudah melewati Bejana (larutan  $\text{KOH}$ ). Kemudian gas yang sudah keluar ditampung dalam *gas bag*. Gas yang berada dalam gas bag dilakukan pengujian dengan alat *gas chromatography* untuk mengetahui prosentasi kandungan gas sebelum melewati Larutan  $\text{KOH}$  dan setelah melewati Larutan  $\text{KOH}$ . Lakukan langkah-langkah di atas menggunakan beberapa gas ( $\text{CO}_2$  Murni dan Biogas) dengan variabel yang ditentukan diantaranya penggunaan Variasi konsentrasi  $\text{KOH}$  yaitu  $\text{KOH}$  0,99%, 1,47%, dan 1,96% dan Variasi lubang pada *bubble generator* yang digunakan dengan diameter 1 mm; 0,8 mm; 0,5 mm. Dalam pengambilan data yang dilakukan setiap variabel penelitian pada saat seting alat sudah siap dan dilakukan pencampuran konsentrasi  $\text{KOH}$  dan aquades dalam bejana waktu pengambilan data untuk siap dimulai adalah selama 60 detik (1 menit). Data yang sudah dihasilkan setelah itu menghubungkan semua data dengan rumus dan membuat grafik.

#### 4.6. Rancangan Tabel Pengambilan Data Penelitian

Tabel 4.1 Data hasil penelitian dengan menggunakan CO<sub>2</sub> murni dan CH<sub>4</sub> murni dan biogas dengan Variasi Konsentrasi KOH 0,99% , 1,47%, 1,96%, Variasi lubang pada *bubble generator* yang digunakan dengan diameter 1 mm; 0,8 mm; 0,5 mm, Debit Masuk dan Lama Tinggal Bubble

Tinggi larutan (m)	$h_{in}$ (m)	$h_{out}$ (m)	$V_{in}$ (m/s)	$V_{out}$ (m/s)	$Q_{in}$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{out}$ (m <sup>3</sup> /s)	$\Delta Q$ (m <sup>3</sup> /s)	%
1.2								
1								
0.8								
0.6								
1.2								

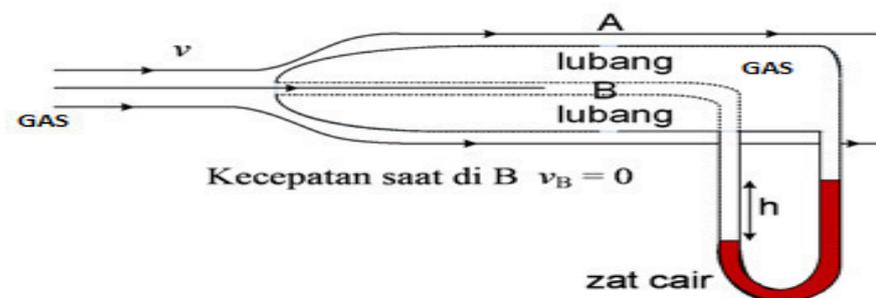
#### 4.7. Pengolahan Data

Dalam pengolahan data pada penelitian ini melakukan perhitungan dan melakukan analisa grafik. Adapun untuk perhitungan data yang didapat dari manometer grid untuk mencari laju aliran gas dengan melihat perbedaan ketinggian pada manometer grid dengan menggunakan rumus-rumus yang digunakan adalah :

Kelajuan Gas di A adalah  $v_A$  dan kelajuan Gas di B adalah  $v_B$ . Gas masuk melalui lubang depan dan saat di B aliran gas tertahan hingga kecepatannya nol.

Dari hukum Bernoulli:

$$P_a + \frac{1}{2} \rho v_a^2 + \rho g h_a = P_b + \frac{1}{2} \rho v_b^2 + \rho g h_b$$



Dengan kondisi:

Kecepatan di B  $v_B = 0$ , dan perbedaan tinggi antara A dan B dianggap tidak signifikan, diambil  $h_a = h_b$  sehingga  $\rho gh_a - \rho gh_b = 0$

$$P_b - P_a = \frac{1}{2} \rho v_a^2 - \frac{1}{2} \rho v_b^2 + \rho gh_b - \rho gh_b$$

$$P_b - P_a = \frac{1}{2} \rho v_a^2 - 0 + 0$$

$$P_b - P_a = \frac{1}{2} \rho v_a^2$$

dengan  $\rho$  adalah massa jenis gas yang diukur, selanjutnya dinamakan  $\rho_u$ .

$$P_b - P_a = \frac{1}{2} \rho_u v_a^2 \quad (\text{i})$$

Dari pipa U, perbedaan tinggi yang terjadi pada cairan di pipa U diakibatkan perbedaan tekanan.

$$P_b - P_a = \rho_{zc} gh \quad (\text{ii})$$

gabungkan i dan ii

$$\frac{1}{2} \rho_u v_a^2 = \rho_{zc} gh$$

$$v_a^2 = \frac{2 \rho_{zc} gh}{\rho_u}$$

$$v_a = \sqrt{\frac{2 \rho_{zc} gh}{\rho_u}}$$

dengan  $v_a$  adalah kelajuan aliran gas yang diukur, selanjutnya dinamakan  $v$ ,

$$v = \sqrt{\frac{2 \rho_{zc} gh}{\rho_u}}$$

Keterangan

$v$  = kecepatan alir (m/s)

Kemudian hitung dengan rumus

$$Q = v \cdot A \quad (\text{iii})$$

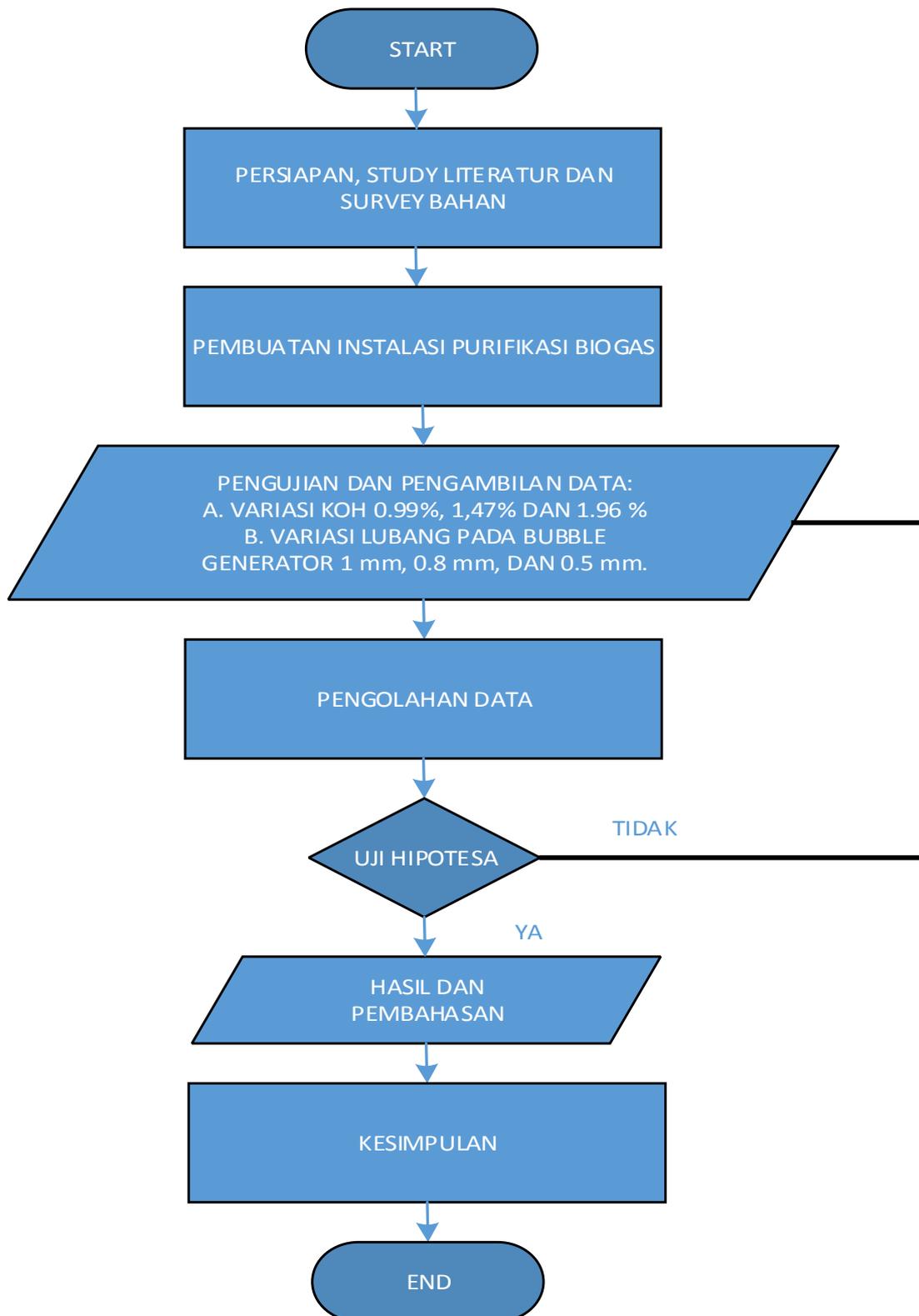
keterangan :

$Q$  = debit ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$A$  = luas penampang ( $\text{m}^2$ )

#### 4.8. Diagram Alir Penelitian

Alur penelitian pada pemurnian biogas sebagai berikut :



Gambar 4.2. Diagram Alir Penelitian

**BAB V**  
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**5.1. Data Hasil Penelitian dengan Gas CO<sub>2</sub> Murni dan CH<sub>4</sub> Murni**

**5.1.1. Hasil Analisa Data Penelitian CO<sub>2</sub> Murni dan CH<sub>4</sub> Murni dengan Variasi Konsentrasi Larutan KOH**

Dari proses pengambilan data pada Gas CO<sub>2</sub> Murni dan CH<sub>4</sub> Murni yang telah dilakukan dengan penggunaan Lubang *Bubble Generator* dengan diameter 1 mm dan variasi konsentrasi larutan KOH 0.99%, 1.47% dan 1.96% terhadap tinggi larutan dan lama tinggal bubble, maka didapatkan debit terikat dari laju aliran gas CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> pada larutan KOH. Adapun proses perhitungan yang dihasilkan untuk mengetahui debit terikat yaitu :

Data untuk Gas CO<sub>2</sub> Murni:

$$\rho_{CO_2} = 1.98 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$\rho_{zc} (\text{Air}) = 1000 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$h_{in} = 0.015 \text{ m dan } h_{out} = 0.0080 \text{ m}$$

$$g = \text{percepatan gravitasi} = 9.8 \text{ m/s}^2$$

diperoleh:

$$v_{in} = \sqrt{\frac{2 \cdot \rho_{CO_2} \cdot g \cdot h}{\rho_{zc}}} = \sqrt{\frac{2(1.98)(9.8)(0.015)}{1000}} = 12.19 \text{ m/s}$$

$$v_{out} = \sqrt{\frac{2 \cdot \rho_{CO_2} \cdot g \cdot h}{\rho_{zc}}} = \sqrt{\frac{2(1.98)(9.8)(0.0080)}{1000}} = 8.90 \text{ m/s}$$

Sedangkan untuk mencari Debitnya :

$$Q = v \times A \rightarrow A = \pi \times d^2 = 3.14 \times 0.0006^2 = 0.00000113 \text{ m}^2$$

$$Q_{in} = 12.19 \times 0.00000113 = 13.78 \times 10^{-6} \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q_{out} = 8.90 \times 0.00000113 = 10.6 \times 10^{-6} \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$\Delta Q = Q_{in} - Q_{out} = 13.78 \times 10^{-6} - 10.6 \times 10^{-6} = 3.72 \times 10^{-6} \text{ m}^3 / \text{s} (\text{Debit Terikat})$$

$$\% \text{Debit Terikat} = \frac{\Delta Q}{Q_{in}} \times 100 = \frac{3.72 \times 10^{-6}}{10.6 \times 10^{-6}} = 26.97\%$$

**Tabel 5.1. Analisa Data Pengujian CO<sub>2</sub> Murni dan CH<sub>4</sub> Murni dengan Variasi Konsentrasi KOH**

NO	Konsentrasi (%)	Tinggi Larutan (m)	Lama tinggal <i>bubble</i> (detik)	Debit terikat ([m <sup>3</sup> /s].10 <sup>-6</sup> )		Prosentase gas terikat (%)	
				CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
1	KOH 0,99 %	1.2	5	3.72	0.00	26.97	0.00
		1	4	3.11	0.00	22.54	0.00
		0.8	3	1.98	0.00	14.37	0.00
		0.6	2	0.47	0.00	3.39	0.00
2	KOH 1.47 %	1.2	5	4.04	0.00	29.29	0.00
		1	4	3.72	0.00	26.97	0.00
		0.8	3	2.53	0.00	18.35	0.00
		0.6	2	1.45	0.00	10.56	0.00
3	KOH 1.96 %	1.2	5	4.37	0.00	31.69	0.00
		1	4	4.04	0.00	29.29	0.00
		0.8	3	3.72	0.00	26.97	0.00
		0.6	2	3.11	0.00	22.54	0.00

### 5.1.2. Hasil Analisa Data Penelitian CO<sub>2</sub> Murni dan CH<sub>4</sub> Murni dengan Variasi Lubang *Bubble Generator*

Dari proses pengambilan data pada Gas CO<sub>2</sub> Murni dan CH<sub>4</sub> Murni yang telah dilakukan dengan penggunaan konsentrasi KOH 0.99% dan variasi lubang bubble generator dengan d 1 mm, d 0.8 mm dan d 0.5 mm terhadap lama tinggal bubble, maka didapatkan debit terikat dari laju aliran gas CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> pada larutan KOH. Adapun proses perhitungan yang dihasilkan untuk mengetahui debit terikat seperti pada sub bab 5.1.1.

**Tabel 5.2. Analisa Data Pengujian CO<sub>2</sub> Murni dan CH<sub>4</sub> Murni dengan Variasi Lubang *Bubble Generator***

NO	Lubang Bubble Generator (mm)	Tinggi Larutan (m)	Lama tinggal bubble (detik)	Debit terikat ( $[m^3/s].10^{-9}$ )		Prosentase gas terikat (%)	
				CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
1	0.5 mm	1.2	5	6.66	0.00	48.36	0.00
		1	4	5.07	0.00	36.75	0.00
		0.8	3	3.41	0.00	24.72	0.00
		0.6	2	2.53	0.00	18.35	0.00
2	0.8 mm	1.2	5	5.07	0.00	36.75	0.00
		1	4	3.72	0.00	26.97	0.00
		0.8	3	2.81	0.00	20.42	0.00
		0.6	2	1.45	0.00	10.56	0.00
2	1 mm	1.2	5	3.72	0.00	26.97	0.00
		1	4	3.11	0.00	22.54	0.00
		0.8	3	1.98	0.00	14.37	0.00
		0.6	2	0.47	0.00	3.39	0.00

**5.1.3. Hasil Analisa Data Penelitian CO<sub>2</sub> Murni dan CH<sub>4</sub> Murni dengan Variasi Debit Masuk terhadap Konsentrasi Larutan KOH.**

Dari proses pengambilan data pada Gas CO<sub>2</sub> Murni dan CH<sub>4</sub> Murni yang telah dilakukan dengan penggunaan Lubang *Bubble Generator* dengan diameter 1 mm dan konsentrasi larutan KOH 0.99%, 1.47% dan 1.96% terhadap variasi debit masuk pada tinggi larutan 1.2 m, maka didapatkan debit terikat dari laju aliran gas CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> pada larutan KOH. Adapun proses perhitungan yang dihasilkan untuk mengetahui debit terikat seperti pada sub bab 5.1.1.

**Tabel 5.3. Analisa Data Pengujian CO<sub>2</sub> Murni dan CH<sub>4</sub> Murni terhadap Variasi Debit Masuk terhadap Konsentrasi Larutan KOH**

NO	Konsentrasi (%)	Debit Masuk ([m <sup>3</sup> /s].10 <sup>-6</sup> )	Debit terikat ([m <sup>3</sup> /s].10 <sup>-6</sup> )		Prosentase gas terikat (%)	
			CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
1	KOH 0,99 %	7.96	2.92	0.00	36.75	0.00
		11.25	1.51	0.00	13.40	0.00
		13.78	0.95	0.00	6.91	0.00
		15.91	0.40	0.00	2.53	0.00
		17.79	0.18	0.00	1.01	0.00
2	KOH 1.47 %	7.96	3.60	0.00	45.23	0.00
		11.25	2.54	0.00	22.54	0.00
		13.78	1.20	0.00	8.71	0.00
		15.91	0.82	0.00	5.13	0.00
		17.79	0.36	0.00	2.02	0.00
3	KOH 1.96 %	7.96	4.40	0.00	55.28	0.00
		11.25	3.30	0.00	29.29	0.00
		13.78	1.98	0.00	14.37	0.00
		15.91	1.68	0.00	10.56	0.00
		17.79	0.73	0.00	4.08	0.00

#### **5.1.4. Hasil Analisa Data Penelitian CO<sub>2</sub> Murni dan CH<sub>4</sub> Murni dengan Variasi Debit Masuk terhadap lubang bubble generator**

Dari proses pengambilan data pada Gas CO<sub>2</sub> Murni dan CH<sub>4</sub> Murni yang telah dilakukan dengan penggunaan konsentrasi larutan KOH 0.99 % dan Lubang *Bubble Generator* dengan diameter d 1 mm, d 0.8 mm, dan d 0.5 mm terhadap variasi debit masuk pada tinggi larutan 1.2 m, maka didapatkan debit terikat dari laju aliran gas CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> pada larutan KOH. Adapun proses perhitungan yang dihasilkan untuk mengetahui debit terikat seperti pada sub bab 5.1.1.

**Tabel 5.4. Analisa Data Pengujian CO<sub>2</sub> Murni dan CH<sub>4</sub> Murni Variasi Debit Masuk terhadap lubang *bubble generator***

NO	Lubang Bubble Generator (mm)	Debit Masuk ([m <sup>3</sup> /s].10 <sup>-6</sup> )	Debit terikat ([m <sup>3</sup> /s].10 <sup>-6</sup> )		Prosentase gas terikat (%)	
			CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
1	0.5 mm	7.96	4.58	0.00	57.57	0.00
		11.25	2.54	0.00	22.54	0.00
		13.78	2.53	0.00	18.35	0.00
		15.91	1.24	0.00	7.80	0.00
		17.79	0.40	0.00	2.22	0.00
2	0.8 mm	7.96	4.40	0.00	55.28	0.00
		11.25	1.84	0.00	16.33	0.00
		13.78	1.45	0.00	10.56	0.00
		15.91	0.82	0.00	5.13	0.00
		17.79	0.36	0.00	2.02	0.00
3	1 mm	7.96	2.92	0.00	36.75	0.00
		11.25	1.51	0.00	13.40	0.00
		13.78	0.95	0.00	6.91	0.00
		15.91	0.40	0.00	2.53	0.00
		17.79	0.18	0.00	1.01	0.00

## 5.2. Data Hasil Penelitian dengan Biogas

### 5.2.1. Hasil Analisa Data Penelitian Biogas dengan Variasi Konsentrasi Larutan KOH

Dari proses pengambilan data pada Biogas yang telah dilakukan dengan penggunaan Lubang *Bubble Generator* dengan diameter 1 mm dan variasi konsentrasi larutan KOH 0.99%, 1.47% dan 1.96% terhadap tinggi larutan, maka didapatkan prosentase komposisi dari CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> dalam Biogas dengan proses purifikasi dengan larutan KOH.

**Tabel 5.5. Analisa Data Pengujian Biogas dengan Variasi Konsentrasi KOH**

NO	Konsentrasi (%)	Tinggi Larutan (m)	Lama Tinggal Bubble (detik)	Prosentase Biogas Sebelum Pengujian (%)		Prosentase Biogas Sesudah Pengujian (%)	
				CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
1	KOH 0,99 %	0.4	1	35.5	48.50	20.00	48.50
		0.6	2	35.5	48.50	17.00	56.00
		0.8	3	35.5	48.50	15.50	57.00
		1	4	35.5	48.50	13.00	61.00
		1.2	5	35.5	48.50	10.00	64.00
2	KOH 1.47 %	0.4	1	35.5	48.50	15.50	57.50
		0.6	2	35.5	48.50	13.50	60.50
		0.8	3	35.5	48.50	12.00	61.50
		1	4	35.5	48.50	11.00	62.50
		1.2	5	35.5	48.50	8.00	67.50
3	KOH 1.96 %	0.4	1	35.5	48.50	11.00	62.50
		0.6	2	35.5	48.50	9.50	65.50
		0.8	3	35.5	48.50	7.50	67.50
		1	4	35.5	48.50	6.00	69.50
		1.2	5	35.5	48.50	5.5	70

### 5.2.2. Hasil Analisa Data Penelitian Biogas dengan Variasi Lubang Bubble Generator

Dari proses pengambilan data pada Biogas yang telah dilakukan dengan konsentrasi larutan KOH 0.99% dan penggunaan Lubang *Bubble Generator* dengan diameter 0.5 mm, 0.8 mm dan 1 mm terhadap tinggi larutan, maka didapatkan prosentase komposisi dari CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> dalam Biogas dengan proses purifikasi dengan larutan KOH.

**Tabel 5.6. Analisa Data Pengujian Biogas dengan Variasi Lubang Bubble Generator**

NO	Lubang <i>Bubble Generator</i> (mm)	Tinggi Larutan (m)	Lama Tinggal Bubble (detik)	Prosentase Biogas Sebelum Pengujian (%)		Prosentase Biogas Sesudah Pengujian (%)	
				CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
1	0.5	0.4	1	35.5	48.5	11.5	62
		0.6	2	35.5	48.5	10.5	63
		0.8	3	35.5	48.5	9.5	65.5
		1	4	35.5	48.5	9	66.5
		1.2	5	35.5	48.5	6.5	69
2	0.8	0.4	1	35.5	48.5	17.5	55.5
		0.6	2	35.5	48.5	15	58
		0.8	3	35.5	48.5	13.5	60
		1	4	35.5	48.5	11	62.5
		1.2	5	35.5	48.5	8.5	67
3	1	0.4	1	35.5	48.5	20	48.5
		0.6	2	35.5	48.5	17	56
		0.8	3	35.5	48.5	15.5	57.5
		1	4	35.5	48.5	13	61
		1.2	5	35.5	48.5	10	64

### 5.2.3. Hasil Analisa Data Penelitian Biogas dengan Variasi Konsentrasi Larutan KOH terhadap debit masuk

Dari proses pengambilan data pada Biogas yang telah dilakukan dengan penggunaan Lubang *Bubble Generator* dengan diameter 1 mm dan variasi konsentrasi larutan KOH 0.99%, 1.47% dan 1.96% terhadap debit masuk, maka didapatkan prosentase komposisi dari CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> dalam Biogas dengan proses purifikasi dengan larutan KOH.

**Tabel 5.7. Analisa Data Pengujian Biogas dengan Variasi Konsentrasi KOH terhadap debit masuk**

NO	Konsentrasi (%)	Debit Masuk (m <sup>3</sup> /s)	Prosentase Biogas Sebelum Pengujian (%)		Prosentase Biogas Sesudah Pengujian (%)	
			CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
1	KOH 0,99 %	0.3	35.5	48.50	15.5	57.5
		0.4	35.5	48.50	18	54
		0.5	35.5	48.50	20.5	52
		0.6	35.5	48.50	24.5	51
		0.8	35.5	48.50	25.5	49
2	KOH 1.47 %	0.3	35.5	48.50	13.5	60
		0.4	35.5	48.50	16	57
		0.5	35.5	48.50	18	55
		0.6	35.5	48.50	21.5	51.5
		0.8	35.5	48.50	23	51
3	KOH 1.96 %	0.3	35.5	48.50	8.5	66
		0.4	35.5	48.50	10	63.5
		0.5	35.5	48.50	11	63
		0.6	35.5	48.50	12.5	62
		0.8	35.5	48.50	13	62.5

#### **5.2.4. Hasil Analisa Data Penelitian Biogas dengan Variasi Lubang Bubble Generator terhadap debit masuk**

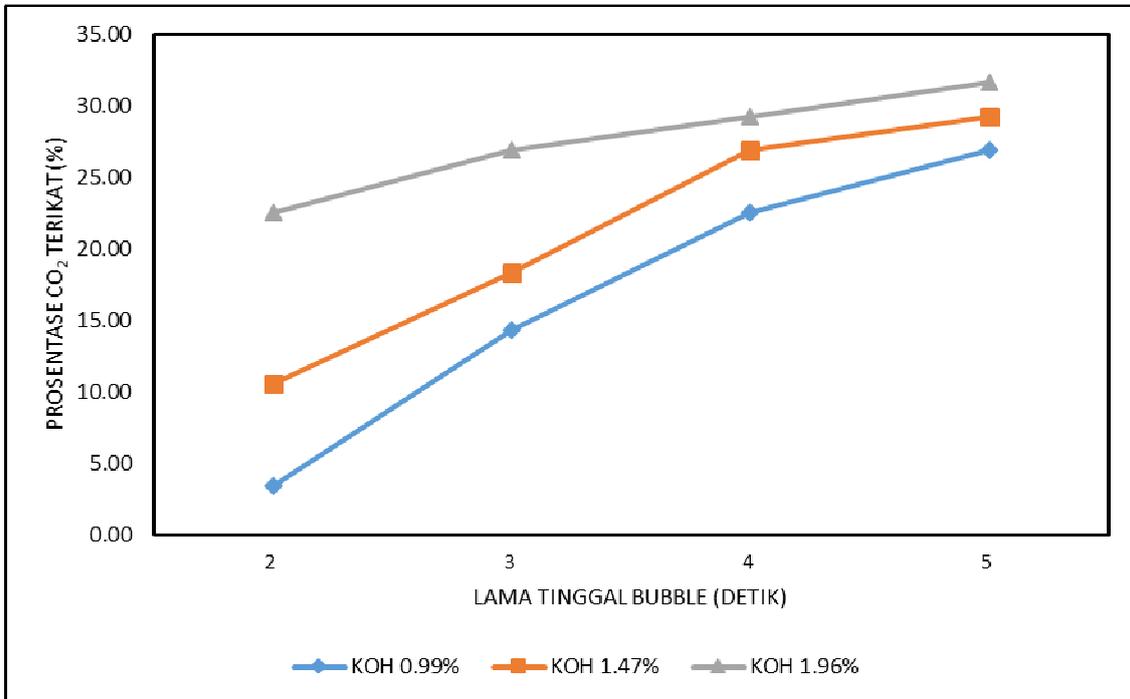
Dari proses pengambilan data pada Biogas yang telah dilakukan dengan konsentrasi larutan KOH 0.99% dan penggunaan Lubang *Bubble Generator* dengan diameter 0.5 mm, 0.8 mm dan 1 mm terhadap debit masuk, maka didapatkan prosentase komposisi dari CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> dalam Biogas dengan proses purifikasi dengan larutan KOH.

**Tabel 5.8. Analisa Data Pengujian Biogas dengan Variasi Lubang *Bubble Generator* terhadap debit masuk**

NO	Lubang <i>Bubble</i> <i>Generator</i> (mm)	Debit Masuk (m <sup>3</sup> /s)	Prosentase Biogas Sebelum Pengujian (%)		Prosentase Biogas Sesudah Pengujian (%)	
			CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
1	0.5	0.3	35.5	48.50	10	64
		0.4	35.5	48.50	12	61.5
		0.5	35.5	48.50	13.5	60
		0.6	35.5	48.50	20.5	52
		0.8	35.5	48.50	22	51.5
2	0.8	0.3	35.5	48.50	13.5	60
		0.4	35.5	48.50	16	57
		0.5	35.5	48.50	18	53.5
		0.6	35.5	48.50	22.5	51.5
		0.8	35.5	48.50	25	49.5
3	1	0.3	35.5	48.50	15.5	57.5
		0.4	35.5	48.50	18	54
		0.5	35.5	48.50	20.5	52
		0.6	35.5	48.50	24.5	51
		0.8	35.5	48.50	25.5	49

### 5.3. Analisa Grafik

#### 5.3.1. Hubungan Lama Tinggal Bubble Terhadap Prosentase CO<sub>2</sub> Murni Terikat Pada Variasi Konsentrasi KOH



Gambar 5.1. Hubungan Lama Tinggal Bubble Terhadap Prosentase Terikat CO<sub>2</sub> pada Variasi Konsentrasi KOH

Pada Gambar 5.1. diatas adalah Hubungan Lama Tinggal *Bubble* Terhadap Prosentase CO<sub>2</sub> Murni terikat pada Variasi Konsentrasi KOH. Dalam penelitian ini untuk mengetahui salah satu performansi dari proses penyerapan CO<sub>2</sub> dalam Larutan KOH adalah dengan mengetahui variasi konsentrasi dari larutan KOH diantaranya dengan KOH 0.99%, KOH 1.47% dan KOH 1.96% terhadap diameter lubang bubble generator yang digunakan ( $d = 1 \text{ mm}$ ) dan Tinggi larutan KOH diantaranya adalah 0.6 m, 0.8 m, 1 m dan 1.2 m.

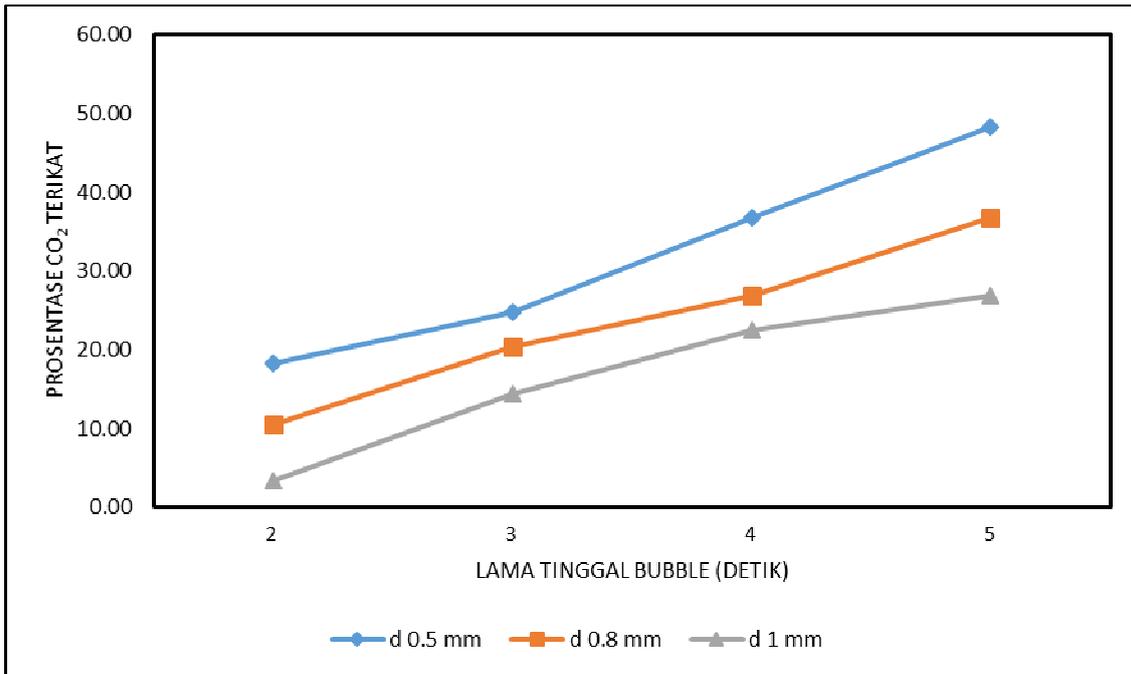
Dari hasil penelitian untuk mengetahui kecepatan dari gas CO<sub>2</sub> murni sebelum masuk pada larutan KOH menggunakan manometer grid yaitu dengan mencari perbedaan dari ketinggian cairan (air) pada manometer grid setelah dilewati oleh gas CO<sub>2</sub> murni. Dengan Hukum Bernoulli maka dapat diketahui kecepatan aliran gas CO<sub>2</sub> murni sebelum masuk larutan KOH, sedangkan setelah

gas CO<sub>2</sub> murni memasuki dan keluar dari larutan KOH juga dilakukan pengukuran dengan manometer grid untuk mendapatkan perbedaan ketinggian dan mencari kecepatan aliran gas CO<sub>2</sub> murni yang keluar. Dengan mengetahui kecepatan aliran gas CO<sub>2</sub> murni pada saat masuk dan keluar maka dapat diketahui Debit Masuk dan Debit Keluar, sehingga dapat diketahui Debit terikat gas CO<sub>2</sub> murni dari proses pengurangan antara Debit masuk dikurangi Debit Keluar dari Gas CO<sub>2</sub> Murni.

Dari gambar 5.1. diatas didapatkan hasil perhitungan untuk mendapatkan prosentase CO<sub>2</sub> Murni terikat untuk masing-masing variasi konsentrasi KOH terhadap Lama Tinggal *Bubble*. Dapat diketahui untuk konsentrasi KOH 0.99% dan Lama Tinggal *Bubble* 2 detik, prosentase CO<sub>2</sub> Murni terikat yang dihasilkan sebesar 3.39%. Sedangkan untuk Lama Tinggal *Bubble* 3 detik, prosentase CO<sub>2</sub> Murni terikat yang dihasilkan sebesar 14.37 %, untuk Lama Tinggal *Bubble* 4 detik, prosentase CO<sub>2</sub> Murni terikat yang dihasilkan sebesar 22.54 %, untuk Lama Tinggal *Bubble* 5 detik, prosentase CO<sub>2</sub> Murni terikat yang dihasilkan sebesar 26.97 %. Untuk konsentrasi KOH 1.47% dan 1.96% dari gambar 5.1. diatas, dapat diketahui juga untuk prosentase CO<sub>2</sub> Murni terikatnya semakin meningkat terhadap Lama Tinggal *Bubble*. Oleh karena itu untuk proses penyerapan CO<sub>2</sub> pada larutan KOH dapat diketahui bahwa semakin tinggi konsentrasi KOH maka semakin besar prosentase CO<sub>2</sub> Murni terikat yang dihasilkan. Begitu juga semakin Lama Tinggal *Bubble* maka semakin besar juga prosentase CO<sub>2</sub> Murni terikat yang dihasilkan. Dalam penelitian ini diketahui bahwa Konsentrasi KOH 1.96 % dan Lama Tinggal *Bubble* 5 detik proses penyerapan CO<sub>2</sub> murni oleh larutan KOH lebih baik, hal ini dapat diketahui prosentase CO<sub>2</sub> Murni terikat yang dihasilkan paling tinggi yaitu sebesar 26.97%. Proses tersebut dikarenakan dengan semakin banyak penambahan KOH maka CO<sub>2</sub> yang terikat akan semakin banyak. KOH adalah suatu larutan dimana ion K termasuk dalam golongan 1A (Alkalis Tanah) yang memiliki sifat basa kuat. Dengan penambahan KOH yang semakin banyak menyebabkan larutan menjadi semakin basa, yang artinya CO<sub>2</sub> yang memiliki sifat asam akan semakin bereaksi, sehingga prosentase CO<sub>2</sub> akan semakin berkurang. KOH memiliki elektron valensi 1 yang lebih reaktif apabila dibandingkan dengan ion yang ada dalam

golongan 2A. Energi untuk melepaskan ion K lebih rendah apabila dibandingkan dengan ion golongan 2A, sehingga KOH adalah larutan yang reaktif dan mampu secara cepat mengikat CO<sub>2</sub>.

### 5.3.2. Hubungan Lama Tinggal Bubble Terhadap Prosentase CO<sub>2</sub> Murni Terikat Pada Variasi Lubang *Bubble Generator*



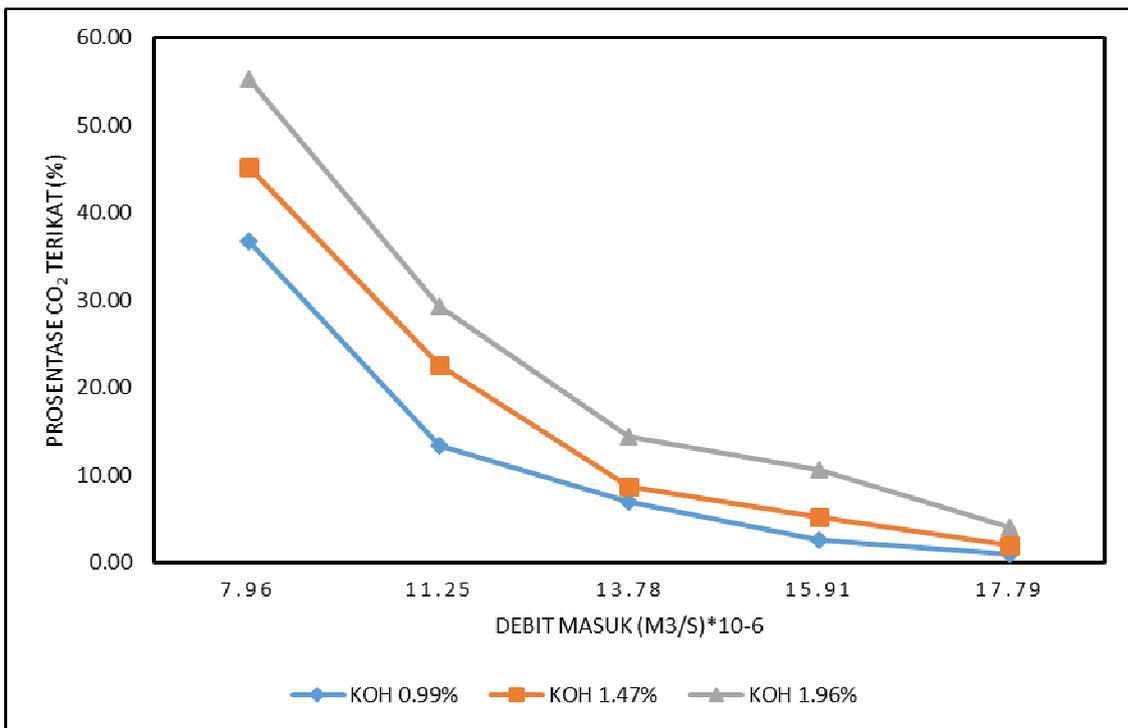
Gambar 5.2. Hubungan Lama Tinggal Bubble Terhadap Prosentase CO<sub>2</sub> murni terikat pada Variasi Lubang *Bubble Generator*

Pada Gambar 5.2. diatas adalah Hubungan Lama Tinggal *Bubble* Terhadap Prosentase CO<sub>2</sub> murni terikat Pada Variasi Lubang *Bubble Generator*. Dalam penelitian ini untuk mengetahui performansi dari proses penyerapan CO<sub>2</sub> dalam Larutan KOH adalah dengan mengetahui variasi lubang *bubble generator* yang digunakan yaitu d 0.5 mm, d 0.8 mm, dan d 1 mm dan konsentrasi larutan KOH 0.99% terhadap diameter dan Lama Tinggal *Bubble*.

Dalam penelitian ini untuk proses mengetahui kecepatan aliran gas CO<sub>2</sub> didapatkan Prosentase CO<sub>2</sub> murni terikat sama dengan pada variasi konsentrasi KOH pada sub bab 5.1. Dari gambar 5.2. diatas didapatkan hasil perhitungan untuk mendapatkan Prosentase CO<sub>2</sub> murni terikat untuk masing-masing variasi

lubang bubble generator terhadap Lama Tinggal *Bubble*. Dapat diketahui untuk Lubang *bubble generator* 0.5 mm dan Lama Tinggal *Bubble* 5 detik, Prosentase CO<sub>2</sub> murni terikat yang dihasilkan sebesar 48.36 %. Sedangkan untuk Lama Tinggal *Bubble* 4 detik, Prosentase CO<sub>2</sub> murni terikat yang dihasilkan sebesar 36.75 %, untuk Lama Tinggal *Bubble* 3 detik, Prosentase CO<sub>2</sub> murni terikat yang dihasilkan sebesar 24.72 %, untuk Lama Tinggal *Bubble* 2 detik, Prosentase CO<sub>2</sub> murni terikat yang dihasilkan sebesar 18.35 %. Untuk Lubang bubble generator 0.8 mm dan 1 mm dari gambar 5.2 diatas, dapat diketahui juga untuk Prosentase CO<sub>2</sub> murni terikat semakin meningkat terhadap Lama Tinggal *Bubble* . Oleh karena itu untuk proses penyerapan CO<sub>2</sub> pada larutan KOH dapat diketahui bahwa semakin kecil diameter lubang *bubble generator* maka semakin besar Prosentase CO<sub>2</sub> murni terikat yang dihasilkan. Begitu juga semakin Lama Tinggal *Bubble* maka semakin besar juga Prosentase CO<sub>2</sub> murni terikat yang dihasilkan. Dalam penelitian ini diketahui bahwa Lubang *bubble generator* untuk  $d = 0.5$  mm dan Lama Tinggal *Bubble* 5 detik proses penyerapan CO<sub>2</sub> murni oleh larutan KOH lebih baik, hal ini dapat diketahui Prosentase CO<sub>2</sub> murni terikat yang dihasilkan paling tinggi yaitu sebesar 48.36 %. Proses diatas terjadi karena semakin besar lubang bubble generator maka, akan terbentuk juga bubble yang semakin besar. Berat jenis bubble yang jauh lebih rendah daripada air menyebabkan bubble akan terangkat ke atas menuju berat jenis yang seimbang. Semakin besar bubble, energi yang terkandung juga semakin besar, sehingga waktu tinggal bubble semakin kecil. Hal ini dikarenakan energi dari bubble besar yang tinggi sehingga mampu melawan tekanan air. Untuk bubble yang kecil energi yang dimiliki juga kecil, sehingga bubble kecil tidak mampu melawan gaya tekanan air, yang mengakibatkan waktu tinggal bubble semakin berkurang. Waktu tinggal bubble yang semakin berkurang menyebabkan penyerapan CO<sub>2</sub> berjalan dengan baik, karena waktu reaksi yang dibutuhkan sudah cukup untuk menyerap CO<sub>2</sub>.

### 5.3.3. Hubungan Debit Masuk Terhadap Prosentase CO<sub>2</sub> Murni Terikat Pada Variasi Konsentrasi KOH



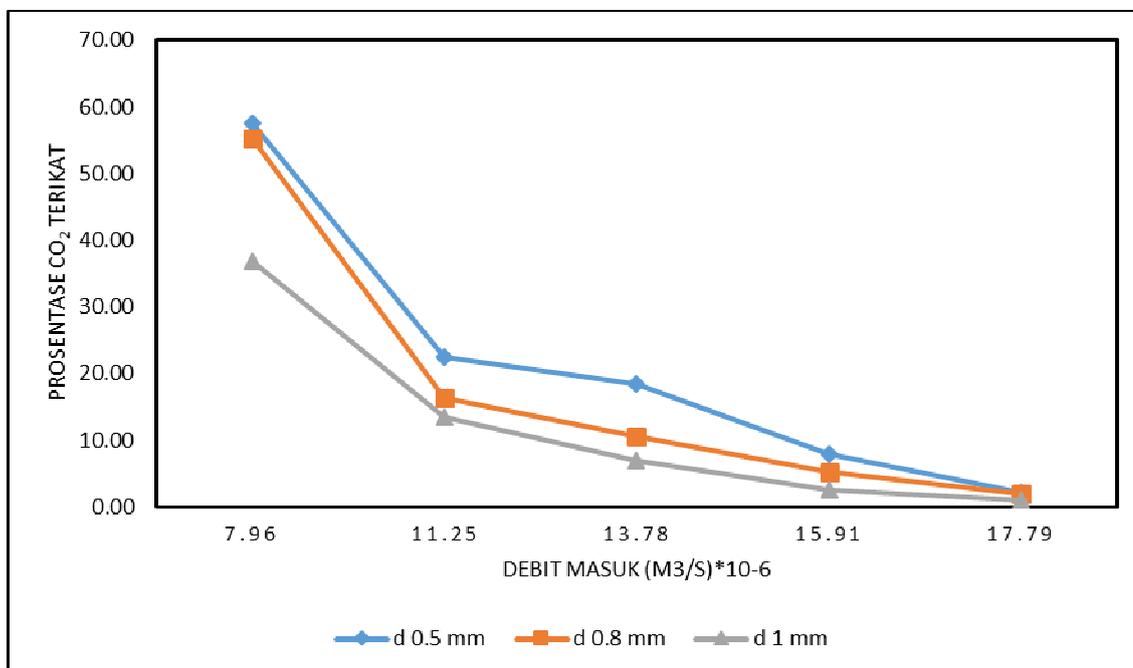
Gambar 5.3. Hubungan Debit Masuk Terhadap Prosentase CO<sub>2</sub> Murni Terikat pada Variasi Konsentrasi KOH

Dari gambar 5.3. Hubungan Debit Masuk Terhadap Prosentase CO<sub>2</sub> Murni Terikat pada Variasi Konsentrasi KOH. Dalam penelitian ini untuk mengetahui salah satu performansi dari proses penyerapan CO<sub>2</sub> dalam Larutan KOH adalah dengan mengetahui variasi Debit Masuk dengan variasi KOH 0.99%, KOH 1.47% dan KOH 1.96% terhadap diameter lubang *bubble generator* yang digunakan ( $d = 1 \text{ mm}$ ) dan Tinggi larutan KOH diantaranya 1.2 m.

Dapat diketahui untuk konsentrasi KOH 0.99% dan debit masuk  $7.96 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$ , prosentase CO<sub>2</sub> murni terikat yang dihasilkan sebesar 36.75 %. Sedangkan untuk debit masuk  $11.25 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$ , prosentase CO<sub>2</sub> murni terikat yang dihasilkan sebesar 13.40 %, untuk debit masuk  $13.78 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$ , prosentase CO<sub>2</sub> murni terikat yang dihasilkan sebesar 6.91 %, untuk debit masuk  $15.91 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$ , prosentase CO<sub>2</sub> murni terikat yang dihasilkan sebesar 2.53 %. Untuk debit masuk  $17.79 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$ , prosentase CO<sub>2</sub> murni terikat yang dihasilkan sebesar 1.01 %. Untuk konsentrasi KOH 1.47% dan 1.96% dari grafik

diatas, dapat diketahui juga untuk debit masuk semakin besar maka prosentase CO<sub>2</sub> murni terikat semakin kecil. Oleh karena itu untuk proses penyerapan CO<sub>2</sub> pada larutan KOH dapat diketahui bahwa semakin tinggi konsentrasi KOH maka semakin besar prosentase CO<sub>2</sub> murni terikat yang dihasilkan. Begitu juga semakin tinggi debit masuk maka semakin kecil prosentase CO<sub>2</sub> murni terikat yang dihasilkan. Dalam penelitian ini diketahui bahwa Konsentrasi KOH 1.96 % dan debit masuk  $7.96 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$  proses penyerapan CO<sub>2</sub> murni oleh larutan KOH lebih baik, hal ini dapat diketahui prosentase CO<sub>2</sub> murni terikat yang dihasilkan paling tinggi yaitu sebesar 55.28 %. Reaksi penyerapan KOH dengan CO<sub>2</sub> tidak terjadi secara spontan dan membutuhkan waktu untuk terjadi proses penyerapan. Hal ini dikarenakan dengan debit yang semakin besar menyebabkan waktu reaksi yang dibutuhkan KOH untuk mengikat CO<sub>2</sub> belum terjadi secara sempurna. Pada debit yang kecil, proses penyerapan lebih baik karena KOH mempunyai cukup waktu untuk melakukan penyerapan secara sempurna.

#### 5.3.4. Hubungan Debit Masuk Terhadap Prosentase CO<sub>2</sub> Murni Terikat pada Variasi Lubang *Bubble Generator*

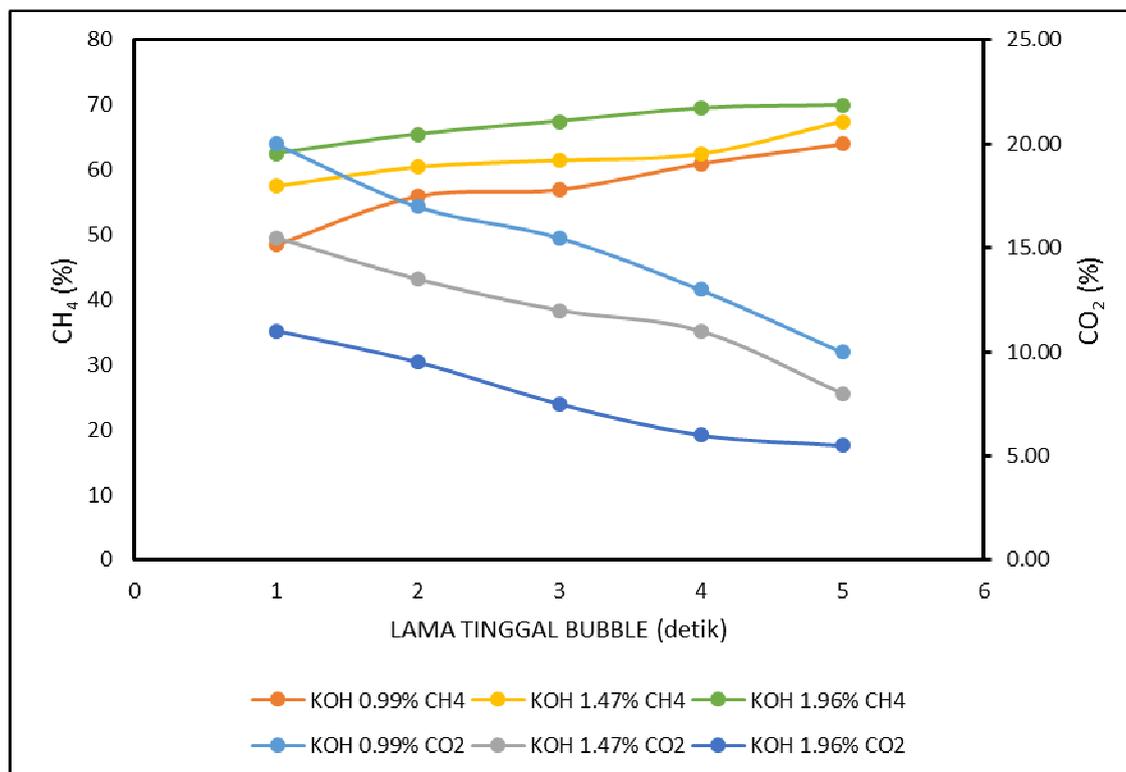


Gambar 5.4. Hubungan Debit Masuk Terhadap Prosentase CO<sub>2</sub> Murni Terikat pada Variasi Lubang *Bubble Generator*

Pada Gambar 5.4. Hubungan Debit Masuk Terhadap Prosentase CO<sub>2</sub> murni terikat pada Variasi *Bubble Generator*. Dalam penelitian ini untuk mengetahui performansi dari proses penyerapan CO<sub>2</sub> dalam Larutan KOH adalah dengan mengetahui variasi debit masuk terhadap diameter lubang *bubble generator* d 0.5 mm, d 0.8 mm, d 1 mm dan konsentrasi larutan KOH 0.99% dan Tinggi larutan KOH diantaranya 1.2 m.

Dapat diketahui untuk lubang *bubble generator* d 0.5 mm, debit masuk  $7.96 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$ , prosentase CO<sub>2</sub> murni terikat yang dihasilkan sebesar 57.57 %. Sedangkan untuk debit masuk  $11.25 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$ , prosentase CO<sub>2</sub> murni terikat yang dihasilkan sebesar 22.54 %, untuk debit masuk  $13.78 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$ , prosentase CO<sub>2</sub> murni terikat yang dihasilkan sebesar 18.35 %, untuk debit masuk  $15.91 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$ , prosentase CO<sub>2</sub> murni terikat yang dihasilkan sebesar 7.80 %, untuk debit masuk  $17.79 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$ , prosentase CO<sub>2</sub> murni terikat yang dihasilkan sebesar 2.22 %. Untuk Lubang *bubble generator* d 0.8 mm dan d 1 mm dari grafik diatas, dapat diketahui juga untuk debit masuk semakin besar maka prosentase CO<sub>2</sub> murni terikat semakin kecil. Oleh karena itu untuk proses penyerapan CO<sub>2</sub> pada larutan KOH dapat diketahui bahwa semakin kecil diameter lubang *bubble generartor* maka semakin besar prosentase CO<sub>2</sub> murni terikat yang dihasilkan. Begitu juga semakin tinggi debit masuk maka semakin kecil prosentase CO<sub>2</sub> murni terikat yang dihasilkan. Dalam penelitian ini diketahui bahwa lubang *bubble generator* d 0.5 mm dan debit masuk  $7.96 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$  proses penyerapan CO<sub>2</sub> murni oleh larutan KOH lebih baik, hal ini dapat diketahui prosentase CO<sub>2</sub> murni terikat yang dihasilkan paling tinggi yaitu sebesar 57.57 %. KOH dapat mengikat CO<sub>2</sub> dengan baik pada debit yang rendah karena pada KOH memiliki cukup waktu untuk melakukan reaksi secara sempurna. Semakin tinggi debit prosentase CO<sub>2</sub> yang terserap semakin rendah karena KOH tidak memiliki cukup waktu untuk melakukan reaksi.

### 5.3.5. Hubungan Lama Tinggal Bubble Terhadap Prosentase CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> pada Biogas dengan Variasi Konsentrasi KOH



Gambar 5.5. Hubungan Lama Tinggal Bubble Terhadap Prosentase CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> pada Biogas dengan Variasi Konsentrasi KOH

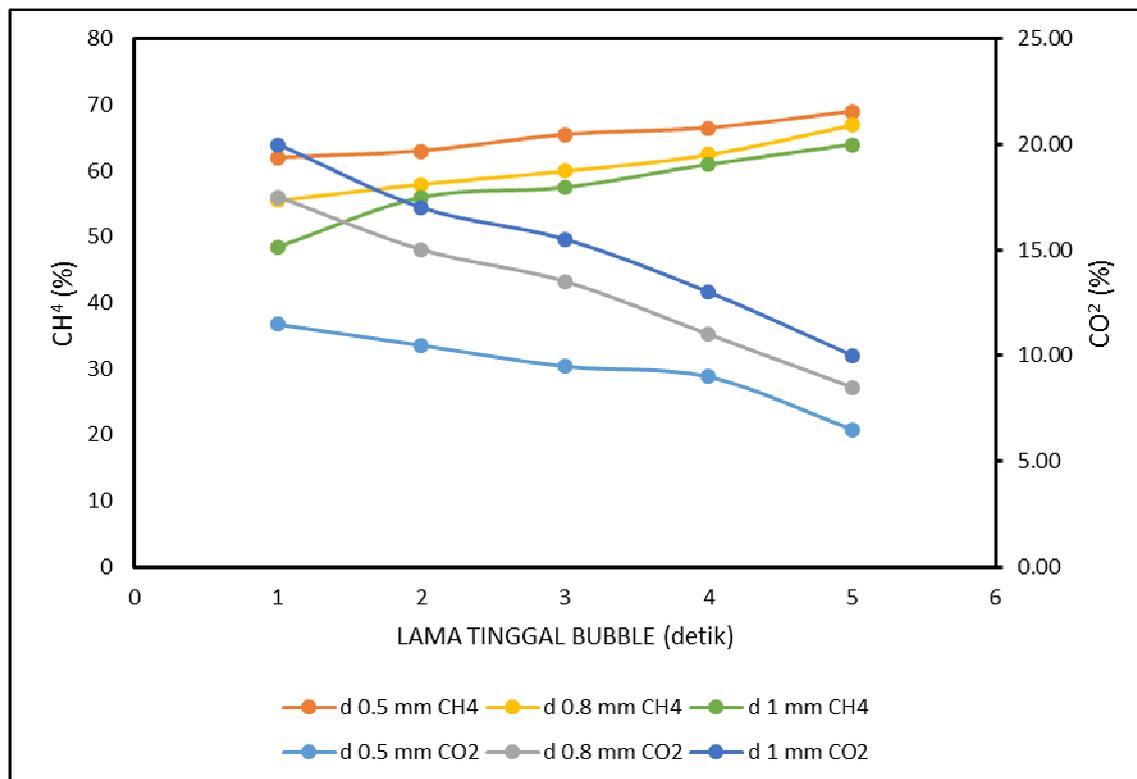
Pada Gambar 5.5. Hubungan Lama Tinggal *Bubble* Terhadap Prosentase CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> pada Biogas dengan Variasi Konsentrasi KOH diketahui bahwa pada penelitian ini dilakukan pengujian komposisi dari biogas sebelum dilakukan pengujian dan sesudah dilakukan pengujian. Untuk komposisi Biogas dari gas *chromatograph* didapatkan persentase gas sebelum dilakukan pengujian adalah terdiri dari 35.5 % CO<sub>2</sub> dan 48.5 % CH<sub>4</sub>. Penelitian ini dilakukan dengan variasi konsentrasi KOH 0.99%, KOH 1.47% dan KOH 1.96% terhadap diameter lubang *bubble generator* yang digunakan ( $d = 1 \text{ mm}$ ) dan Lama Tinggal *Bubble*.

Dari gambar 5.5. diatas diketahui untuk konsentrasi KOH 0.99% dan Lama Tinggal *Bubble* 1 detik, prosentase CO<sub>2</sub> yang dihasilkan sebesar 20% dan CH<sub>4</sub> yang dihasilkan sebesar 48.5%. Sedangkan untuk Lama Tinggal *Bubble* 2

detik, prosentase  $\text{CO}_2$  yang dihasilkan sebesar 17% dan  $\text{CH}_4$  yang dihasilkan sebesar 56%, untuk Lama Tinggal *Bubble* 3 detik, prosentase  $\text{CO}_2$  yang dihasilkan sebesar 15.5% dan  $\text{CH}_4$  yang dihasilkan sebesar 57%, untuk Lama Tinggal *Bubble* 4 detik, prosentase  $\text{CO}_2$  yang dihasilkan sebesar 13% dan  $\text{CH}_4$  yang dihasilkan sebesar 61%, untuk Lama Tinggal *Bubble* 5 detik, prosentase  $\text{CO}_2$  yang dihasilkan sebesar 10% dan  $\text{CH}_4$  yang dihasilkan sebesar 64%. Untuk konsentrasi KOH 1.47% dan 1.96% dari grafik diatas, dapat diketahui juga semakin Lama Tinggal *Bubble* prosentase  $\text{CO}_2$  yang dihasilkan semakin kecil dan semakin tinggi larutan prosentase  $\text{CH}_4$  semakin meningkat. Oleh karena itu prosentase  $\text{CO}_2$  dalam Biogas setelah dilakukan pengujian untuk variasi konsentrasi KOH, semakin tinggi konsentrasi KOH maka prosentase  $\text{CO}_2$  semakin kecil sedangkan untuk prosentase  $\text{CH}_4$  semakin meningkat. Dalam penelitian ini diketahui bahwa Konsentrasi KOH 1.96% dan Lama Tinggal *Bubble* 5 detik didapatkan hasil yang lebih baik, hal ini didapatkan prosentase  $\text{CO}_2$  paling kecil adalah 5.5% dan untuk prosentase  $\text{CH}_4$  paling besar adalah 70%.

Dengan penambahan KOH yang semakin banyak menyebabkan larutan menjadi semakin basa, yang artinya  $\text{CO}_2$  yang memiliki sifat asam akan semakin bereaksi, sehingga prosentase  $\text{CO}_2$  didalam kandungan biogas akan semakin berkurang. KOH memiliki elektron valensi 1 yang lebih reaktif apabila dibandingkan dengan ion yang ada dalam golongan 2A. Energi untuk melepaskan ion K lebih rendah apabila dibandingkan dengan ion golongan 2A, sehingga KOH adalah larutan yang reaktif dan mampu secara cepat mengikat  $\text{CO}_2$  dan meningkatkan kandungan  $\text{CH}_4$  yang berada dalam biogas seiring berkurangnya kandungan  $\text{CO}_2$  yang terikat oleh larutan KOH.

### 5.3.6. Hubungan Lama Tinggal Bubble Terhadap Prosentase CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> pada Biogas dengan Variasi Lubang *Bubble Generator*



Gambar 5.6. Hubungan Lama Tinggal Bubble Terhadap Prosentase CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> pada Biogas dengan Variasi Lubang *Bubble Generator*

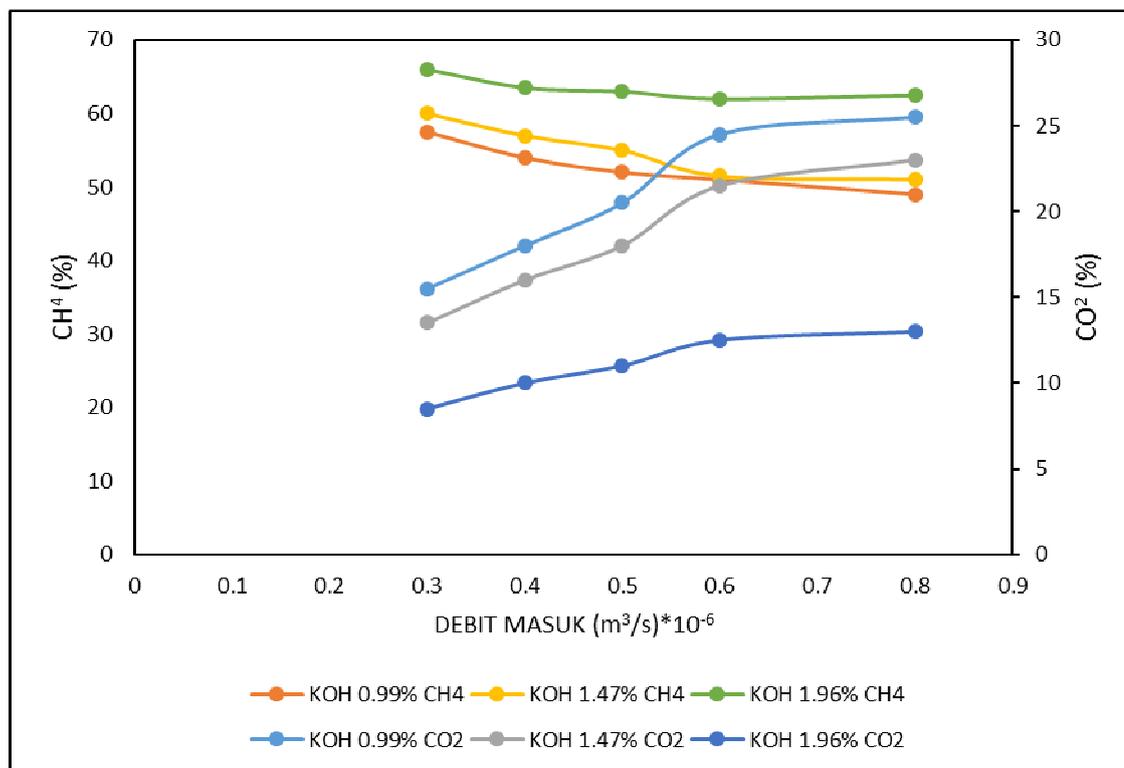
Pada Gambar 5.6. Hubungan Lama Tinggal *Bubble* Terhadap Prosentase CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> pada Biogas dengan Variasi Lubang *Bubble Generator* diketahui bahwa pada penelitian ini dilakukan pengujian komposisi dari biogas sebelum dilakukan pengujian dan sesudah dilakukan pengujian. Untuk komposisi Biogas dari gas *chromatograph* didapatkan persentase gas sebelum dilakukan pengujian adalah terdiri dari 35.5 % CO<sub>2</sub> dan 48.5 % CH<sub>4</sub>. Penelitian ini dilakukan dengan variasi lubang *bubble generator* d 0.5 mm, d 0.8 mm dan d 1 mm terhadap konsentrasi larutan KOH 0.99% dan Lama Tinggal *Bubble*.

Dari gambar 5.6. diatas diketahui untuk diameter lubang *bubble generator* 0.5 mm dan Lama Tinggal *Bubble* 1 detik, prosentase CO<sub>2</sub> yang dihasilkan sebesar 11.5% dan CH<sub>4</sub> yang dihasilkan sebesar 62%. Sedangkan untuk Lama Tinggal *Bubble* 2 detik, prosentase CO<sub>2</sub> yang dihasilkan sebesar 10.5% dan CH<sub>4</sub>

yang dihasilkan sebesar 63%, untuk Lama Tinggal *Bubble* 3 detik, prosentase CO<sub>2</sub> yang dihasilkan sebesar 9.5% dan CH<sub>4</sub> yang dihasilkan sebesar 65.5%, untuk Lama Tinggal *Bubble* 4 detik, prosentase CO<sub>2</sub> yang dihasilkan sebesar 9% dan CH<sub>4</sub> yang dihasilkan sebesar 66.5%, untuk Lama Tinggal *Bubble* 5 detik, prosentase CO<sub>2</sub> yang dihasilkan sebesar 6.5% dan CH<sub>4</sub> yang dihasilkan sebesar 69%. Untuk lubang *bubble generator* d 0.8 mm dan d 1 mm dari grafik diatas, dapat diketahui juga semakin Lama Tinggal *Bubble* prosentase CO<sub>2</sub> yang dihasilkan semakin kecil dan semakin Lama Tinggal *Bubble* prosentase CH<sub>4</sub> semakin meningkat. Oleh karena itu prosentase CO<sub>2</sub> dalam Biogas setelah dilakukan pengujian untuk variasi lubang *bubble generator*, semakin kecil diameter lubang *bubble generator* maka prosentase CO<sub>2</sub> semakin kecil sedangkan untuk prosentase CH<sub>4</sub> semakin meningkat. Dalam penelitian ini diketahui bahwa diameter lubang *bubble generator* 0.5 mm dan Lama Tinggal *Bubble* 5 detik didapatkan hasil yang lebih baik, hal ini didapatkan prosentase CO<sub>2</sub> paling kecil adalah 6.5% dan untuk prosentase CH<sub>4</sub> paling besar adalah 69 %.

Berat jenis bubble pada biogas yang jauh lebih rendah daripada air menyebabkan bubble akan terangkat ke atas menuju berat jenis yang seimbang. Semakin besar bubble, energi yang terkandung juga semakin besar, sehingga waktu tinggal bubble semakin kecil. Hal ini dikarenakan energi dari bubble besar yang tinggi sehingga mampu melawan tekanan air. Untuk bubble yang kecil energi yang dimiliki juga kecil, sehingga bubble kecil tidak mampu melawan gaya tekanan air, yang mengakibatkan waktu tinggal bubble semakin berkurang. Waktu tinggal bubble yang semakin berkurang menyebabkan penyerapan CO<sub>2</sub> yang terkandung dalam biogas berjalan dengan baik, karena waktu reaksi yang dibutuhkan sudah cukup untuk menyerap CO<sub>2</sub> yang terkandung dalam biogas dan terjadi peningkatan prosentase kandungan CH<sub>4</sub> pada biogas.

### 5.3.7. Hubungan Debit Masuk Terhadap Prosentase CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> pada Biogas dengan Variasi Konsentrasi KOH



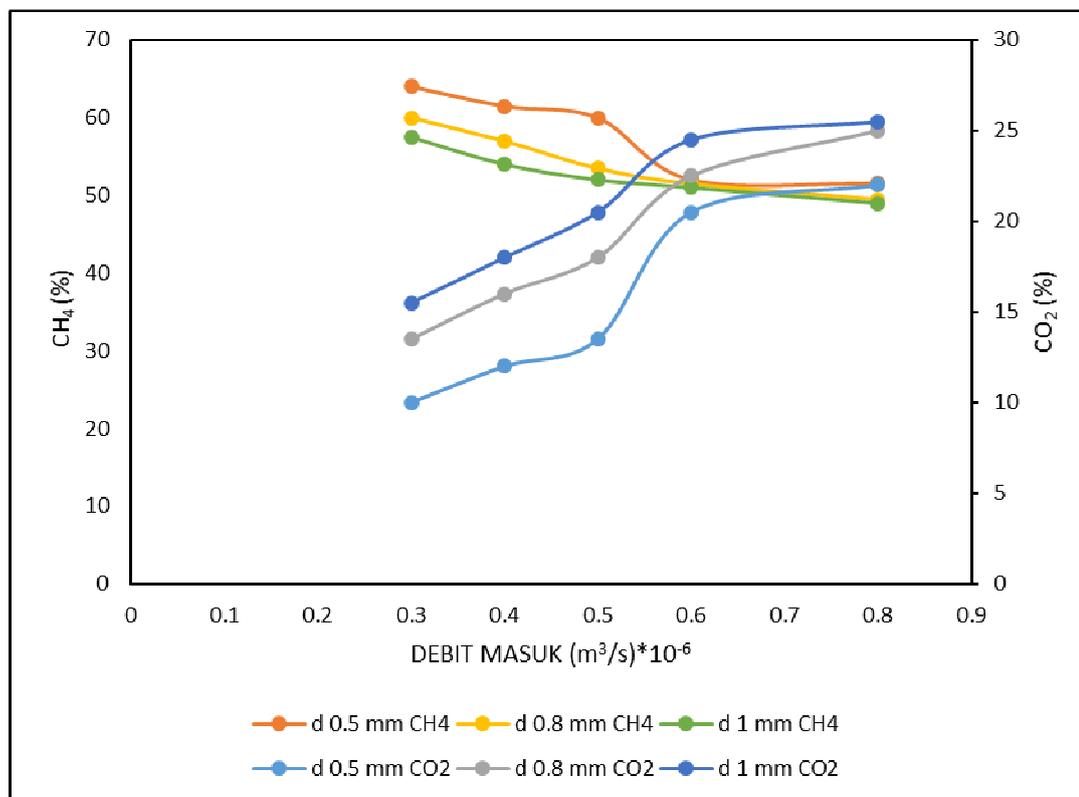
Gambar 5.7 Hubungan Debit Masuk Terhadap Prosentase CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> pada Biogas dengan Variasi Konsentrasi KOH

Pada Gambar 5.7. Hubungan Debit Masuk Terhadap Prosentase CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> pada Biogas dengan Variasi Konsentrasi KOH diketahui bahwa pada penelitian ini dilakukan pengujian komposisi dari biogas sebelum dilakukan pengujian dan sesudah dilakukan pengujian. Untuk komposisi Biogas dari gas *chromatograph* didapatkan persentase gas sebelum dilakukan pengujian adalah terdiri dari 35.5 % CO<sub>2</sub> dan 48.5 % CH<sub>4</sub>. Penelitian ini dilakukan dengan variasi konsentrasi KOH 0.99%, KOH 1.47% dan KOH 1.96% dan Debit Masuk diantaranya adalah 0.3 m<sup>3</sup>/s, 0.4 m<sup>3</sup>/s, 0.5 m<sup>3</sup>/s, 0.6 m<sup>3</sup>/s, dan 0.8 m<sup>3</sup>/s dengan tinggi larutan 1.2 m. Untuk hasil output dari biogas setelah dilakukan pengujian diuji dalam gas chromatograph. Dari gambar grafik diatas diketahui untuk variasi konsentrasi KOH 0.99% dan Debit Masuk 0.3 m<sup>3</sup>/s, prosentase CO<sub>2</sub> yang dihasilkan sebesar 15.5% dan CH<sub>4</sub> yang dihasilkan sebesar 57.5%. Sedangkan

untuk Debit Masuk  $0.4 \text{ m}^3/\text{s}$ , prosentase  $\text{CO}_2$  yang dihasilkan sebesar 18% dan  $\text{CH}_4$  yang dihasilkan sebesar 54%, untuk Debit Masuk  $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ , prosentase  $\text{CO}_2$  yang dihasilkan sebesar 20.5% dan  $\text{CH}_4$  yang dihasilkan sebesar 52.5%, untuk Debit Masuk  $0.6 \text{ m}^3/\text{s}$ , prosentase  $\text{CO}_2$  yang dihasilkan sebesar 24.5% dan  $\text{CH}_4$  yang dihasilkan sebesar 51%, untuk Debit Masuk  $0.8 \text{ m}^3/\text{s}$ , prosentase  $\text{CO}_2$  yang dihasilkan sebesar 25.5% dan  $\text{CH}_4$  yang dihasilkan sebesar 49%. Untuk Variasi Konsentrasi KOH 1.47% dan KOH 1.96% dari grafik diatas, dapat diketahui juga semakin tinggi debit masuk maka prosentase  $\text{CO}_2$  yang dihasilkan semakin besar dan semakin tinggi debit masuk maka prosentase  $\text{CH}_4$  semakin kecil.. Dalam penelitian ini diketahui bahwa variasi konsentrasi KOH 1.96% dan Debit masuk  $0.3 \text{ m}^3/\text{s}$  didapatkan hasil yang lebih baik, hal ini didapatkan prosentase  $\text{CO}_2$  paling kecil adalah 8.5% dan untuk prosentase  $\text{CH}_4$  paling besar adalah 66 %. Reaksi penyerapan KOH dengan  $\text{CO}_2$  pada biogas tidak terjadi secara spontan dan membutuhkan waktu untuk terjadi proses penyerapan.

Hal ini dikarenakan dengan debit yang semakin besar menyebabkan waktu reaksi yang dibutuhkan KOH untuk mengikat kandungan  $\text{CO}_2$  pada biogas belum terjadi secara sempurna. Pada debit yang kecil, proses penyerapan lebih baik karena KOH mempunyai cukup waktu untuk melakukan penyerapan secara sempurna. Sehingga terjadi peningkatan prosentase kandungan  $\text{CH}_4$  pada Biogas.

### 5.3.8. Hubungan Debit Masuk Terhadap Prosentase CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> pada Biogas dengan Variasi Lubang *Bubble Generator*



Gambar 5.8. Hubungan Debit Masuk Terhadap Prosentase CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> pada Biogas dengan Variasi Lubang *Bubble Generator*

Pada Gambar 5.8. Hubungan Debit Masuk Terhadap Prosentase CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> pada Biogas dengan Variasi Lubang *Bubble Generator* diketahui bahwa pada penelitian ini dilakukan pengujian komposisi dari biogas sebelum dilakukan pengujian dan sesudah dilakukan pengujian. Untuk komposisi Biogas dari gas *chromatograph* didapatkan persentase gas sebelum dilakukan pengujian adalah terdiri dari 35.5 % CO<sub>2</sub> dan 48.5 % CH<sub>4</sub>. Penelitian ini dilakukan dengan variasi lubang *bubble generator* d 0.5 mm, d 0.8 mm dan d 1 mm terhadap Debit Masuk diantaranya adalah 0.3 m<sup>3</sup>/s, 0.4 m<sup>3</sup>/s, 0.5 m<sup>3</sup>/s, 0.6 m<sup>3</sup>/s, dan 0.8 m<sup>3</sup>/s dengan tinggi larutan 1.2 m dan konsentrasi KOH 0.99%. Untuk hasil output dari biogas setelah dilakukan pengujian diuji dalam gas *chromatograph*..

Dari gambar 5.8. diatas diketahui untuk diameter lubang *bubble generator* 0.5 mm dan debit masuk 0.3 m<sup>3</sup>/s, prosentase CO<sub>2</sub> yang dihasilkan sebesar 10% dan CH<sub>4</sub> yang dihasilkan sebesar 64%. Sedangkan untuk Debit Masuk 0.4 m<sup>3</sup>/s,

prosentase CO<sub>2</sub> yang dihasilkan sebesar 12% dan CH<sub>4</sub> yang dihasilkan sebesar 61.5%, untuk Debit Masuk 0.5 m<sup>3</sup>/s, prosentase CO<sub>2</sub> yang dihasilkan sebesar 13.5% dan CH<sub>4</sub> yang dihasilkan sebesar 60%, untuk Debit Masuk 0.6 m<sup>3</sup>/s, prosentase CO<sub>2</sub> yang dihasilkan sebesar 20.5% dan CH<sub>4</sub> yang dihasilkan sebesar 52%, untuk Debit Masuk 0.8 m<sup>3</sup>/s, prosentase CO<sub>2</sub> yang dihasilkan sebesar 22% dan CH<sub>4</sub> yang dihasilkan sebesar 51.5%. Untuk lubang *bubble generator* d 0.8 mm dan d 1 mm dari grafik diatas, dapat diketahui juga semakin tinggi debit masuk maka prosentase CO<sub>2</sub> yang dihasilkan semakin besar dan semakin tinggi debit masuk maka prosentase CH<sub>4</sub> semakin kecil. Dalam penelitian ini diketahui bahwa diameter lubang *bubble generator* 0.5 mm dan debit masuk 0.3 m<sup>3</sup>/s didapatkan hasil yang lebih baik, hal ini didapatkan prosentase CO<sub>2</sub> paling kecil adalah 10% dan untuk prosentase CH<sub>4</sub> paling besar adalah 64 %.

KOH dapat mengikat kandungan CO<sub>2</sub> pada biogas dengan baik pada debit yang rendah karena pada KOH memiliki cukup waktu untuk melakukan reaksi secara sempurna. Semakin tinggi debit maka prosentase kandungan CO<sub>2</sub> pada biogas yang terserap semakin rendah karena KOH tidak memiliki cukup waktu untuk melakukan reaksi.

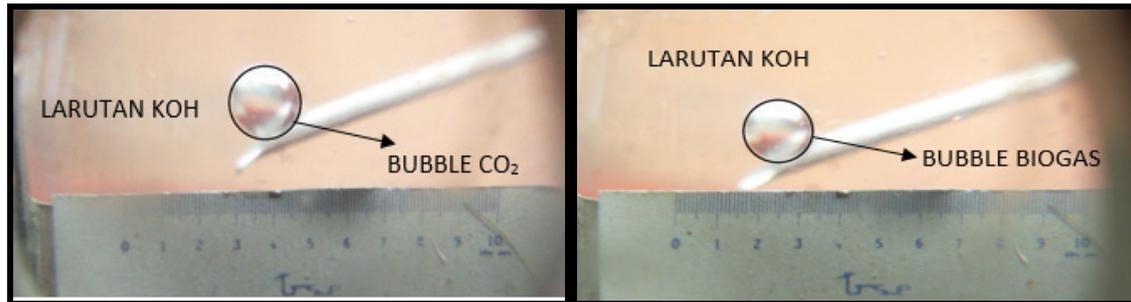
#### 5.4. Pembahasan

**Tabel 5.9. Rekapitulasi Data Sebelum dan Sesudah Pengujian**

NO	VARIASI	GAS CO <sub>2</sub> MURNI (%)		PROSENTASE BIOGAS (%)			
		Sebelum	Sesudah	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
				Sebelum	Sebelum	Sesudah	Sesudah
1	Konsentrasi KOH 1.96 % dan Lama Tinggal <i>Bubble</i> 5 detik	100	31.69				
2	Lubang bubble generator 0.5 mm dan Lama Tinggal <i>Bubble</i> 5 detik	100	48.36				
3	Konsentrasi KOH 1.96 % dan debit masuk $7.96 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$	100	55.28				
4	Lubang bubble generator d 0.5 mm dan debit masuk $7.96 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$	100	57.57				
5	Konsentrasi KOH 1.96 % dan Lama Tinggal <i>Bubble</i> 5 detik			35.5	48.5	5.5	70
6	Lubang bubble generator 0.5 mm dan Lama Tinggal <i>Bubble</i> 5 detik			35.5	48.5	6.5	69
7	Konsentrasi KOH 1.96% dan Debit masuk $0.3 \text{ m}^3/\text{s}$			35.5	48.5	8.5	66
8	Lubang bubble generator 0.5 mm dan debit masuk $0.3 \text{ m}^3/\text{s}$			35.5	48.5	10	64

**Tabel 5.10. Lama Bubble Tertahan Pada Larutan KOH**

NO	URAIAN	WAKTU (Menit)
1	Lama Bubble untuk Gas CO <sub>2</sub> Murni	21.38
2	Lama Bubble untuk Gas CH <sub>4</sub> Murni	0
3	Lama Bubble untuk Biogas	10.38



Gambar 5.9. Lama Bubble Tertahan pada Larutan KOH

Dari hasil analisa data pada tabel penelitian dan gambar 5.1 sampai 5.8 diatas diketahui bahwa pada Konsentrasi KOH 1.96 % dan Lama Tinggal *Bubble* 5 detik didapatkan prosentase CO<sub>2</sub> murni terikat yang dihasilkan dari pengujian gas CO<sub>2</sub> yang paling tinggi dibandingkan dengan Konsentrasi KOH 0.99% dan KOH 1.47% dengan beberapa variasi Lama Tinggal *Bubble* yaitu sebesar 31.69 %. Sedangkan untuk pengujian gas CH<sub>4</sub> dari semua variasi didapatkan prosentase CH<sub>4</sub> Murni terikat sebesar 0%, hal ini dapat diketahui bahwa tidak terdapat proses penyerapan CH<sub>4</sub> didalam Larutan KOH dengan beberapa variasi konsentrasi KOH. Karena CH<sub>4</sub> termasuk pada golongan IA yang sama dengan KOH sehingga tidak terjadi reaksi. Untuk lubang *bubble generator*  $d = 0.5$  mm dan Lama Tinggal *Bubble* 5 detik didapatkan prosentase CO<sub>2</sub> murni terikat yang dihasilkan dari pengujian gas CO<sub>2</sub> yang paling tinggi dibandingkan dengan Lubang *bubble generator*  $d = 0.8$  mm dan  $d = 1$  mm dengan beberapa variasi Lama Tinggal *Bubble* yaitu sebesar 48.36 %. Begitu juga untuk variasi Konsentrasi KOH 1.96 % dan debit masuk  $7.96 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$  didapatkan prosentase CO<sub>2</sub> murni terikat 55.28% dan variasi Lubang *bubble generator*  $d = 0.5$  mm dan debit masuk  $7.96 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$  didapatkan prosentase CO<sub>2</sub> murni terikat sebesar 57.57%.

Dari hasil pengujian Untuk komposisi Biogas dari gas *chromatograph* didapatkan persentase gas sebelum dilakukan pengujian adalah terdiri dari 35.5 % CO<sub>2</sub> dan 48.5 % CH<sub>4</sub>. Sedangkan setelah dilakukan pengujian dengan beberapa variasi maka didapatkan komposisi biogas untuk CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> adalah pada variasi Konsentrasi KOH 1.96 % dan Lama Tinggal *Bubble* 5 detik didapatkan prosentase CO<sub>2</sub> paling kecil adalah 5.5% dan untuk prosentase CH<sub>4</sub> paling besar adalah 70 %. Untuk variasi Lubang *bubble generator* 0.5 mm dan Lama Tinggal *Bubble* 5 detik didapatkan prosentase CO<sub>2</sub> paling kecil adalah 6.5% dan untuk prosentase CH<sub>4</sub> paling besar adalah 69 %. Untuk variasi Konsentrasi KOH 1.96% dan Debit masuk 0.3 m<sup>3</sup>/h didapatkan prosentase CO<sub>2</sub> paling kecil adalah 8.5% dan untuk prosentase CH<sub>4</sub> paling besar adalah 66 %. Untuk Variasi Lubang *bubble generator* 0.5 mm dan debit masuk 0.3 m<sup>3</sup>/h didapatkan prosentase CO<sub>2</sub> paling kecil adalah 10% dan untuk prosentase CH<sub>4</sub> paling besar adalah 64 %.

Rekapitulasi hasil pengujian menunjukkan bahwa proses performansi purifikasi biogas dengan KOH *based absorbent* dapat diketahui dengan beberapa variasi diantaranya variasi konsentrasi KOH, variasi diameter lubang *bubble generator* dan variasi debit masuk terhadap tinggi larutan KOH dan Lama Tinggal *Bubble*. Adapun hasil pengujian untuk gas CO<sub>2</sub> murni dan CH<sub>4</sub> murni terhadap prosentase gas terikat diperoleh prosentase rata-rata terikat untuk gas CO<sub>2</sub> sebesar 48% dan untuk CH<sub>4</sub> adalah sebesar 0%. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi penyerapan CO<sub>2</sub> oleh Larutan KOH sedangkan pada CH<sub>4</sub> tidak terserap oleh larutan KOH. Sedangkan untuk pengujian pada Biogas dengan beberapa variasi dapat diketahui bahwa terjadi perubahan komposisi pada Biogas untuk CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub>. Dari hasil pengujian yang dilakukan didapatkan rata-rata prosentase kandungan CO<sub>2</sub> pada biogas semakin berkurang sebesar 27% dari 35.5%, sedangkan rata-rata prosentase kandungan CH<sub>4</sub> pada biogas mengalami peningkatan sebesar 18% dari 48.5%. Performansi purifikasi biogas dengan KOH *based absorbent* juga dapat diketahui dengan melihat lama tinggal *bubble* pada larutan KOH terhadap tinggi larutan, untuk Tinggi larutan 1.2 m, lama tinggal *bubble* selama 5 detik, untuk tinggi larutan 1 m, lama tinggal *bubble* selama 4 detik, untuk tinggi larutan 0.8 m, lama tinggal *bubble* selama 3 detik dan untuk tinggi larutan 0.6 m, lama tinggal *bubble* selama 2 detik. Begitu juga pada tabel

5.10 dapat diketahui bahwa untuk lama *bubble* tertahan pada pengujian menggunakan CO<sub>2</sub> murni adalah 21.38 menit, sedangkan untuk CH<sub>4</sub> murni lama *bubble* tertahan adalah 0 detik, dan untuk biogas lama *bubble* tertahan adalah 10.38 menit. Proses diatas dikarenakan dengan semakin banyak penambahan KOH maka CO<sub>2</sub> yang terikat akan semakin banyak. KOH adalah suatu larutan dimana ion K termasuk dalam golongan 1A (Alkalis Tanah) yang memiliki sifat basa kuat. Dengan penambahan KOH yang semakin banyak menyebabkan larutan menjadi semakin basa, yang artinya CO<sub>2</sub> yang memiliki sifat asam akan semakin bereaksi, sehingga prosentase CO<sub>2</sub> akan semakin berkurang. KOH memiliki elektron valensi 1 yang lebih reaktif apabila dibandingkan dengan ion yang ada dalam golongan 2A. Energi untuk melepaskan ion K lebih rendah apabila dibandingkan dengan ion golongan 2A, sehingga KOH adalah larutan yang reaktif dan mampu secara cepat mengikat CO<sub>2</sub>. Begitu juga semakin besar lubang bubble generator maka, akan terbentuk juga bubble yang semakin besar. Berat jenis bubble yang jauh lebih rendah daripada air menyebabkan bubble akan terangkat ke atas menuju berat jenis yang seimbang. Semakin besar bubble, energi yang terkandung juga semakin besar, sehingga waktu tinggal bubble semakin kecil. Hal ini dikarenakan energi dari bubble besar yang tinggi sehingga mampu melawan tekanan air. Untuk bubble yang kecil energi yang dimiliki juga kecil, sehingga bubble kecil tidak mampu melawan gaya tekanan air, yang mengakibatkan waktu tinggal bubble semakin berkurang. Waktu tinggal bubble yang semakin berkurang menyebabkan penyerapan CO<sub>2</sub> berjalan dengan baik, karena waktu reaksi yang dibutuhkan sudah cukup untuk menyerap CO<sub>2</sub>.

## **BAB VI**

### **PENUTUP**

#### **6.1. Kesimpulan**

1. Semakin Tinggi Konsentrasi KOH dan Lama Tinggal *Bubble* maka semakin besar prosentase debit terikat yang dihasilkan pada proses penyerapan CO<sub>2</sub> murni dan untuk Biogas komposisi kandungan CO<sub>2</sub> mengalami pengurangan sedangkan CH<sub>4</sub> mengalami peningkatan.
2. Semakin Kecil Diameter Lubang Bubble Generator dan Lama Tinggal *Bubble* maka semakin besar prosentase debit terikat yang dihasilkan pada proses penyerapan CO<sub>2</sub> murni dan untuk Biogas komposisi kandungan CO<sub>2</sub> mengalami pengurangan sedangkan CH<sub>4</sub> mengalami peningkatan.
3. Semakin Kecil Debit Masuk Terhadap Konsentrasi KOH dan Tinggi Larutan maka semakin besar prosentase debit terikat yang dihasilkan pada proses penyerapan CO<sub>2</sub> murni dan untuk Biogas komposisi kandungan CO<sub>2</sub> mengalami pengurangan sedangkan CH<sub>4</sub> mengalami peningkatan.
4. Hasil pengujian yang dilakukan didapatkan rata-rata prosentase kandungan CO<sub>2</sub> pada biogas semakin berkurang sebesar 27% dari 35.5%, sedangkan rata-rata prosentase kandungan CH<sub>4</sub> pada biogas mengalami peningkatan sebesar 18% dari 48.5%.

#### **6.2. Saran**

1. Perlu dilakukan tambahan untuk beberapa variasi konsentrasi KOH dan Diameter Lubang Bubble Generator sehingga didapatkan hasil yang maksimal.
2. Penambahan media penyerapan pada larutan KOH agar proses purifikasi pada biogas didapatkan pengurangan gas CO<sub>2</sub> secara maksimal dan prosentase gas CH<sub>4</sub> juga semakin meningkat.
3. Meningkatkan penggunaan alat ukur yang lebih baik dalam mendeteksi dari laju aliran gas sehingga didapatkan hasil yang maksimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous, 2011. GEMIS. Global Emission Model for integrated Systems. Version 4.7. Öko-Institut e.V., Darmstadt, Germany
- Anonim, 2008, *Produksi Biogas Dari Limbah Ternak*, Pusat Penelitian Dan Kakao Indonesia.
- Dit.Pengolahan Hasil Pertanian,Ditjen PPHP – Deptan 2007, [www.deptan.com](http://www.deptan.com)
- Endang srihari, ricky priambodo, sylvia purnomo, hermawan sutanto, wentalia widjajanti, 2011,. Absorpsi gas CO<sub>2</sub> menggunakan monoetanolamine Absorption CO<sub>2</sub> gas using monoethanolamine., jurnal teknik kimia vol 6, no 1 , UPN Jawa Timur.
- Eny Apriyanti, 2012. Adsorpsi co2 menggunakan zeolit : aplikasi pada pemurnian biogas, Jurnal Dinamika Sains ISSN: 1412-8489, Vol 10, No 22 , Universitas Pandanaran, Semarang.
- Fuad Maarif, Januar Arif F, 2009. Absorpsi Gas Karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dalam Biogas dengan Larutan NaOH secara Kontinyu, <http://core.kmi.open.ac.uk/display/11702709>, Universitas Diponegoro Semarang.
- Gerardi, Michael H., 2002, Nitrification and Denitrification in the activated sludge Process, Published by Jhon Wiley & Sons, Inc, Hoboken, New Jersey <http://andiaris.wordpress.com/info-biogas/>
- I Made Mara, 2012. Analisis Penyerapan Gas Karbondioksida (CO<sub>2</sub>) Dengan Larutan NaOH Terhadap Kualitas Biogas Kotoran Sapi, *Dinamika Teknik Mesin, Volume 2 No.1, Januari 2012*, Universitas Mataram. Hal. 38-46.
- Karbon dioksida - Wikipedia.htm [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org),
- Karbon monoksida - Wikipedia Indonesia, ensiklopedia bebas berbahasa Indonesia.htm [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)
- Mary Elizabeth Fischer, 2010. Biogas Purification: H<sub>2</sub>S Removal using Biofiltration, A thesis presented to the University of Waterloo.

- Metahana - Wikipedia.htm [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org).
- Muhammad Kismurtono, 2011. Upgrade Biogas Purification in Packed Column with Chemical Absorption of CO<sub>2</sub> For Energy Alternative Of Small Industry (UKM-Tahu), International Journal of Engineering & Technology IJET-IJENS Vol: 11 No: 01. Hal. 59-62
- Mitzlaff, K. V; 1988: *Engines for Biogas: Theory, Modification, Economic Operation*; Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Eschborn
- Meynell, P. J., 1976, Methane : Planning a Digester, Prism Press, Great Britain.
- Olson, R. M. and S. J. Wright, 1993, Dasar Dasar Mekanika Fluida Teknik, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Nurkholis Hamidi, ING. Wardana, Denny Widhiyanuriyawan (2011), Peningkatan Kualitas Bahan Bakar Biogas Melalui Proses Pemurnian Dengan Zeolit Alam, Jurnal rekayasa mesin ISSN 0216-468X, vol 2 no 3 ; hal 227-231, Universitas Brawijaya Malang.
- Pandu Suryo Pranowo, Denny Widhiyanuriyawan, Mega Nur Sasongko, 2014. Efektivitas absorben dengan variasi tinggi tubing dalam Penyerapan gas karbon dioksida (co<sub>2</sub>) pada sistem purifikasi Gas. Jurnal Mahasiswa Mesin Fakultas Teknik, Volume : IV No: 29.30.I.098, Universitas Brawijaya.
- Price,E.C & Cheremisinoff, P. N; 1981: *Biogas Production and Utilization*; Ann Arbor Science Publishers Inc, United States of America.
- Seno D. Panjaitan, Sukandar, Berlian Sitorus, dan Yandri, 2012. Teknologi pembangkit listrik tenaga biogas terpurifikasi yang berasal dari sampah perkotaan, Prosiding InSINas, Universitas Tanjungpura. Hal 83-87.
- Sufyandi, A., 2001, Informasi Teknologi Tepat guna Untuk Pedesaan Biogas, Bandung Tidak dipublikasikan.
- Sriharti; 1989: *Pengaruh Penambahan Karbon Aktif dan Pemakaian Scrubber CO<sub>2</sub> Terhadap Kualitas Dan Kuantitas Biogas*; Agritech;Vol. 9. No 2:1-14.
- Seadi, Teodorita, 2008, Biogas Handbook, Published by unnersity of Southern Denmark Esbjerg, Denmark

Sofian, Amat, 2008, *Peningkatan Kualitas Biogas Sebagai Bahan Bakar Motor Bakar Dengan Cara Pengurangan Kadar CO<sub>2</sub> Dalam Biogas Dengan Menggunakan Sulurry Ca(OH)<sub>2</sub>*. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhamaddiah Surakarta.

Sugiarto, Tjuk Oerbandono, Denny Widhiyanuriyawan, Faruq Syah Permana Putra, 2013. Purifikasi Biogas Sistem Kontinyu Menggunakan Zeolit, *Jurnal Rekayasa Mesin*, *Jurnal Rekayasa Mesin* ISSN 0216-468X Vol.4, No.1 Tahun 2013 1-10, Universitas Brawijaya Malang.

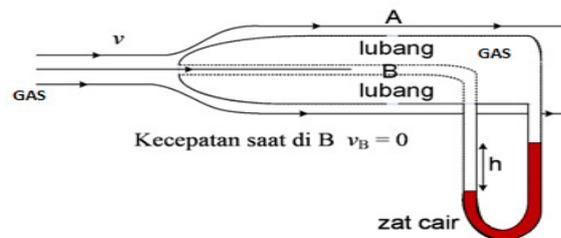
Yenti Aprianti, energi - <http://www.energi.lipi.go.id>

## LAMPIRAN 1. PENGAMBILAN DATA DAN PERHITUNGAN

Kelajuan Gas di A adalah  $v_A$  dan kelajuan Gas di B adalah  $v_B$ . Gas masuk melalui lubang depan dan saat di B aliran gas tertahan hingga kecepatannya nol.

Dari hukum Bernoulli:

$$P_a + \frac{1}{2} \rho v_a^2 + \rho g h_a = P_b + \frac{1}{2} \rho v_b^2 + \rho g h_b$$



Dengan kondisi:

Kecepatan di B  $v_B = 0$ , dan perbedaan tinggi antara A dan B dianggap tidak signifikan, diambil  $h_a = h_b$  sehingga  $\rho g h_a - \rho g h_b = 0$

$$P_b - P_a = \frac{1}{2} \rho v_a^2 - \frac{1}{2} \rho v_b^2 + \rho g h_b - \rho g h_a$$

$$P_b - P_a = \frac{1}{2} \rho v_a^2 - 0 + 0$$

$$P_b - P_a = \frac{1}{2} \rho v_a^2$$

dengan  $\rho$  adalah massa jenis gas yang diukur, selanjutnya dinamakan  $\rho_u$ .

$$P_b - P_a = \frac{1}{2} \rho_u v_a^2 \quad (i)$$

Dari pipa U, perbedaan tinggi yang terjadi pada cairan di pipa U diakibatkan perbedaan tekanan.

$$P_b - P_a = \rho_{zc} g h \quad (ii)$$

gabungkan i dan ii

$$\frac{1}{2} \rho_u v_a^2 = \rho_{zc} g h$$

$$v_a^2 = \frac{2 \rho_{zc} g h}{\rho_u}$$

$$v_a = \sqrt{\frac{2 \rho_{zc} g h}{\rho_u}}$$

dengan  $v_a$  adalah kelajuan aliran gas yang diukur, selanjutnya dinamakan  $v$ ,

$$v = \sqrt{\frac{2\rho_{zc}gh}{\rho_u}}$$

Keterangan

$v$  = kecepatan alir (m/s)

Kemudian hitung dengan rumus

$$Q = v \cdot A \quad (\text{iii})$$

keterangan :

$Q$  = debit ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$A$  = luas penampang ( $\text{m}^2$ )

Data untuk Gas  $\text{CO}_2$  Murni:

$$\rho_{\text{CO}_2} = 1.98 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{zc}(\text{Air}) = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$h_{\text{in}} = 0.015 \text{ m dan } h_{\text{out}} = 0.0080 \text{ m}$$

$$g = \text{percepatan gravitasi} = 9.8 \text{ m/s}^2$$

diperoleh:

$$v_{\text{in}} = \sqrt{\frac{2 \cdot \rho_{\text{CO}_2} \cdot g \cdot h}{\rho_{zc}}} = \sqrt{\frac{2(1.98)(9.8)(0.015)}{1000}} = 12.19 \text{ m/s}$$

$$v_{\text{out}} = \sqrt{\frac{2 \cdot \rho_{\text{CO}_2} \cdot g \cdot h}{\rho_{zc}}} = \sqrt{\frac{2(1.98)(9.8)(0.0080)}{1000}} = 8.90 \text{ m/s}$$

Sedangkan untuk mencari Debitnya :

$$Q = v \times A \rightarrow A = \pi \times d^2 = 3.14 \times 0.0006^2 = 0.00000113 \text{ m}^2$$

$$Q_{\text{in}} = 12.19 \times 0.00000113 = 13.78 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{out}} = 8.90 \times 0.00000113 = 10.6 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\Delta Q = Q_{\text{in}} - Q_{\text{out}} = 13.78 \times 10^{-6} - 10.6 \times 10^{-6} = 3.72 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s} \text{ (Debit Terikat)}$$

$$\% \text{Debit Terikat} = \frac{\Delta Q}{Q_{\text{in}}} \times 100 = \frac{3.72 \times 10^{-6}}{10.6 \times 10^{-6}} = 26.97\%$$

Tabel 1. Hasil Analisa Data Penelitian dengan menggunakan gas CO<sub>2</sub> murni pada Larutan KOH 0.99 % dan Lubang Bubble Generator d = 1 mm.

Tinggi larutan (m)	h in	h out	V in	V out	Q in	Q out	ΔQ	%
1.2	0.015	0.0080	12.19	8.90	13.78	10.06	3.72	26.97
1	0.015	0.0090	12.19	9.44	13.78	10.68	3.11	22.54
0.8	0.015	0.0110	12.19	10.44	13.78	11.80	1.98	14.37
0.6	0.015	0.0140	12.19	11.78	13.78	13.31	0.47	3.39

Tabel 2. Hasil Analisa Data Penelitian dengan menggunakan gas CO<sub>2</sub> murni pada Larutan KOH 1.47 % dan Lubang Bubble Generator d = 1 mm.

Tinggi larutan (m)	h in	h out	V in	V out	Q in	Q out	ΔQ	%
1.2	0.015	0.0075	12.19	8.62	13.78	9.74	4.04	29.29
1	0.015	0.0080	12.19	8.90	13.78	10.06	3.72	26.97
0.8	0.015	0.0100	12.19	9.95	13.78	11.25	2.53	18.35
0.6	0.015	0.0120	12.19	10.90	13.78	12.33	1.45	10.56

Tabel 3. Hasil Analisa Data Penelitian dengan menggunakan gas CO<sub>2</sub> murni pada Larutan KOH 1.96 % dan Lubang Bubble Generator d = 1 mm.

Tinggi larutan (m)	h in	h out	V in	V out	Q in	Q out	ΔQ	%
1.2	0.015	0.0070	12.19	8.33	13.78	9.41	4.37	31.69
1	0.015	0.0075	12.19	8.62	13.78	9.74	4.04	29.29
0.8	0.015	0.0080	12.19	8.90	13.78	10.06	3.72	26.97
0.6	0.015	0.0090	12.19	9.44	13.78	10.68	3.11	22.54

Tabel 4. Hasil Analisa Data Penelitian dengan menggunakan gas CH<sub>4</sub> murni pada Larutan KOH 0.99 % , KOH 1.47%, KOH 1.96% dan Lubang Bubble Generator d = 1 mm.

Tinggi larutan (m)	h in	h out	V in	V out	Q in	Q out	ΔQ	%
1.2	0.015	0.015	20.2598	20.2598	22.90	22.90	0.00	0.00
1	0.015	0.015	20.2598	20.2598	22.90	22.90	0.00	0.00
0.8	0.015	0.015	20.2598	20.2598	22.90	22.90	0.00	0.00
0.6	0.015	0.015	20.2598	20.2598	22.90	22.90	0.00	0.00

Tabel 5. Hasil Analisa Data Penelitian dengan menggunakan gas CO<sub>2</sub> murni dengan Lubang Bubble Generator d = 1 mm pada Larutan KOH 0.99 %.

Tinggi larutan (m)	h in	h out	V in	V out	Q in	Q out	ΔQ	%
1.2	0.015	0.0080	12.1917	8.9035	13.78	10.06	3.72	26.97
1	0.015	0.0090	12.1917	9.4436	13.78	10.68	3.11	22.54
0.8	0.015	0.0110	12.1917	10.4403	13.78	11.80	1.98	14.37
0.6	0.015	0.0140	12.1917	11.7783	13.78	13.31	0.47	3.39

Tabel 6. Hasil Analisa Data Penelitian dengan menggunakan gas CO<sub>2</sub> murni dengan Lubang Bubble Generator d = 0.8 mm.pada Larutan KOH 0.99 %.

Tinggi larutan (m)	h in	h out	V in	V out	Q in	Q out	ΔQ	%
1.2	0.015	0.0060	12.1917	7.7107	13.78	8.72	5.07	36.75
1	0.015	0.0080	12.1917	8.9035	13.78	10.06	3.72	26.97
0.8	0.015	0.0095	12.1917	9.7024	13.78	10.97	2.81	20.42
0.6	0.015	0.0120	12.1917	10.9045	13.78	12.33	1.45	10.56

Tabel 7. Hasil Analisa Data Penelitian dengan menggunakan gas CO<sub>2</sub> murni dengan Lubang Bubble Generator d = 0.5 mm.pada Larutan KOH 0.99 %.

Tinggi larutan (m)	h in	h out	V in	V out	Q in	Q out	ΔQ	%
1.2	0.015	0.0040	12.1917	6.2957	13.78	7.12	6.66	48.36
1	0.015	0.0060	12.1917	7.7107	13.78	8.72	5.07	36.75
0.8	0.015	0.0085	12.1917	9.1775	13.78	10.37	3.41	24.72
0.6	0.015	0.0100	12.1917	9.9544	13.78	11.25	2.53	18.35

Tabel 8. Hasil Analisa Data Penelitian dengan menggunakan gas CH<sub>4</sub> murni dengan Lubang Bubble Generator d = 1 mm, d = 0.8 mm, d = 0.5 mm pada Larutan KOH 0.99 %.

Tinggi larutan (m)	h in	h out	V in	V out	Q in	Q out	ΔQ	%
1.2	0.015	0.015	20.2598	20.2598	22.90	22.90	0.00	0.00
1	0.015	0.015	20.2598	20.2598	22.90	22.90	0.00	0.00
0.8	0.015	0.015	20.2598	20.2598	22.90	22.90	0.00	0.00
0.6	0.015	0.015	20.2598	20.2598	22.90	22.90	0.00	0.00

Tabel 9. Hasil Analisa Data Penelitian dengan menggunakan gas CO<sub>2</sub> murni dengan variasi debit masuk pada Larutan KOH 0.99 %.

Tinggi larutan (m)	h in	h out	V in	V out	Q in	Q out	ΔQ	%
1.2	0.005	0.002	7.0389	4.4518	7.96	5.03	2.92	36.75
1.2	0.010	0.0075	9.9544	8.6208	11.25	9.74	1.51	13.40
1.2	0.015	0.013	12.1917	11.3498	13.78	12.83	0.95	6.91
1.2	0.020	0.019	14.0777	13.7213	15.91	15.51	0.40	2.53
1.2	0.025	0.0245	15.7394	15.5812	17.79	17.61	0.18	1.01

Tabel 10. Hasil Analisa Data Penelitian dengan menggunakan gas CO<sub>2</sub> murni dengan variasi debit masuk pada Larutan KOH 1.47 %.

Tinggi larutan (m)	h in	h out	V in	V out	Q in	Q out	ΔQ	%
1.2	0.005	0.0015	7.0389	3.8553	7.96	4.36	3.60	45.23
1.2	0.010	0.0060	9.9544	7.7107	11.25	8.72	2.54	22.54
1.2	0.015	0.013	12.1917	11.1294	13.78	12.58	1.20	8.71
1.2	0.020	0.018	14.0777	13.3553	15.91	15.10	0.82	5.13
1.2	0.025	0.024	15.7394	15.4214	17.79	17.43	0.36	2.02

Tabel 11. Hasil Analisa Data Penelitian dengan menggunakan gas CO<sub>2</sub> murni dengan variasi debit masuk pada Larutan KOH 1.96 %.

Tinggi larutan (m)	h in	h out	V in	V out	Q in	Q out	ΔQ	%
1.2	0.005	0.001	7.0389	3.1479	7.96	3.56	4.40	55.28
1.2	0.010	0.0050	9.9544	7.0389	11.25	7.96	3.30	29.29
1.2	0.015	0.011	12.1917	10.4403	13.78	11.80	1.98	14.37
1.2	0.020	0.016	14.0777	12.5915	15.91	14.23	1.68	10.56
1.2	0.025	0.023	15.7394	15.0967	17.79	17.07	0.73	4.08

Tabel 12. Hasil Analisa Data Penelitian dengan menggunakan gas CH<sub>4</sub> murni dengan variasi masuk pada Larutan KOH 0.99 % , 1.47% dan 1.96%

Tinggi larutan (m)	h in	h out	V in	V out	Q in	Q out	ΔQ	%
1.2	0.005	0.005	11.6970	11.6970	13.22	13.22	0.00	0.00
1.2	0.010	0.010	16.5421	16.5421	18.70	18.70	0.00	0.00
1.2	0.015	0.015	20.2598	20.2598	22.90	22.90	0.00	0.00
1.2	0.020	0.020	23.3940	23.3940	26.44	26.44	0.00	0.00
1.2	0.025	0.025	26.1553	26.1553	29.57	29.57	0.00	0.00

Tabel 13. Hasil Analisa Data Penelitian dengan menggunakan gas CO<sub>2</sub> murni dengan variasi debit masuk terhadap Lubang Bubble Generator d 0.5 mm.

Tinggi larutan (m)	h in	h out	V in	V out	Q in	Q out	ΔQ	%
1.2	0.005	0.0009	7.0389	2.9863	7.96	3.38	4.58	57.57
1.2	0.010	0.0060	9.9544	7.7107	11.25	8.72	2.54	22.54
1.2	0.015	0.010	12.1917	9.9544	13.78	11.25	2.53	18.35
1.2	0.020	0.017	14.0777	12.9790	15.91	14.67	1.24	7.80
1.2	0.025	0.024	15.7394	15.3892	17.79	17.40	0.40	2.22

Tabel 14. Hasil Analisa Data Penelitian dengan menggunakan gas CO<sub>2</sub> murni dengan variasi debit masuk terhadap Lubang Bubble Generator d 0.8 mm.

Tinggi larutan (m)	h in	h out	V in	V out	Q in	Q out	ΔQ	%
1.2	0.005	0.0010	7.0389	3.1479	7.96	3.56	4.40	55.28
1.2	0.010	0.0070	9.9544	8.3285	11.25	9.41	1.84	16.33
1.2	0.015	0.012	12.1917	10.9045	13.78	12.33	1.45	10.56
1.2	0.020	0.018	14.0777	13.3553	15.91	15.10	0.82	5.13
1.2	0.025	0.0240	15.7394	15.4214	17.79	17.43	0.36	2.02

Tabel 15. Hasil Analisa Data Penelitian dengan menggunakan gas CO<sub>2</sub> murni dengan variasi debit masuk terhadap Lubang Bubble Generator d 1 mm.

Tinggi larutan (m)	h in	h out	V in	V out	Q in	Q out	ΔQ	%
1.2	0.005	0.002	7.0389	4.4518	7.96	5.03	2.92	36.75
1.2	0.010	0.0075	9.9544	8.6208	11.25	9.74	1.51	13.40
1.2	0.015	0.013	12.1917	11.3498	13.78	12.83	0.95	6.91
1.2	0.020	0.019	14.0777	13.7213	15.91	15.51	0.40	2.53
1.2	0.025	0.0245	15.7394	15.5812	17.79	17.61	0.18	1.01

Tabel 16. Hasil Analisa Data Penelitian dengan menggunakan gas CH<sub>4</sub> murni dengan variasi masuk terhadap Lubang Bubble Generator d 0.5 mm, d 0.8 mm, dan d 1 mm.

Tinggi larutan (m)	h in	h out	V in	V out	Q in	Q out	ΔQ	%
1.2	0.005	0.005	11.6970	11.6970	13.22	13.22	0.00	0.00
1.2	0.010	0.010	16.5421	16.5421	18.70	18.70	0.00	0.00
1.2	0.015	0.015	20.2598	20.2598	22.90	22.90	0.00	0.00
1.2	0.020	0.020	23.3940	23.3940	26.44	26.44	0.00	0.00
1.2	0.025	0.025	26.1553	26.1553	29.57	29.57	0.00	0.00

Tabel 17. Hasil Analisa Data Penelitian dengan Biogas.

NO	Tinggi Larutan	CO2 in	CH4 in	Konsentrasi	Debit Masuk	Debit Keluar	CO2 out	CH4 out
	(m)	(%)	(%)	(%)	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	(%)	(%)
1	1.2	35.5	48.5	KOH 0,99 %	0.3	0.1	10	64
				KOH 1.47 %	0.3	0.1	8	67.5
				KOH 1.96 %	0.3	0.1	5.5	70
2	1	35.5	48.5	KOH 0,99 %	0.3	0.2	13	61
				KOH 1.47 %	0.3	0.2	11	62.5
				KOH 1.96 %	0.3	0.2	6	69.5
3	0.8	35.5	48.5	KOH 0,99 %	0.3	0.2	15.5	57
				KOH 1.47 %	0.3	0.2	12	61.5
				KOH 1.96 %	0.3	0.2	7.5	67.5
4	0.6	35.5	48.5	KOH 0,99 %	0.3	0.275	17	56
				KOH 1.47 %	0.3	0.275	13.5	60.5
				KOH 1.96 %	0.3	0.275	9.5	65.5
5	0.4	35.5	48.5	KOH 0,99 %	0.3	0.3	20	48.5
				KOH 1.47 %	0.3	0.3	15.5	57.5
				KOH 1.96 %	0.3	0.3	11	62.5

Tabel 18. Hasil Analisa Data Penelitian dengan Biogas.

NO	Tinggi Larutan	CO2 in	CH4 in	Lubang Bubble Generator	Debit Masuk	Debit Keluar	CO2 out	CH4 out
	(m)	(%)	(%)	(mm)	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	(%)	(%)
1	1.2	35.5	48.5	1	0.3	0.1	10	64
				0.8	0.3	0.1	8.5	67
				0.5	0.3	0.05	6.5	69
2	1	35.5	48.5	1	0.3	0.2	13	61
				0.8	0.3	0.2	11	62.5
				0.5	0.3	0.1	9	66.5
3	0.8	35.5	48.5	1	0.3	0.2	15.5	57.5
				0.8	0.3	0.2	13.5	60
				0.5	0.3	0.1	9.5	65.5
4	0.6	35.5	48.5	1	0.3	0.275	17	56
				0.8	0.3	0.25	15	58
				0.5	0.3	0.15	10.5	63
5	0.4	35.5	48.5	1	0.3	0.3	20	48.5
				0.8	0.3	0.25	17.5	55.5
				0.5	0.3	0.2	11.5	62

Tabel 19. Hasil Analisa Data Penelitian dengan Biogas.

NO	Konsentrasi	CO2 in	CH4 in	Debit Masuk	Debit Keluar	CO2 out	CH4 out
	(%)	(%)	(%)	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	(%)	(%)
1	KOH 0,99 %	35.5	48.5	0.3	0.2	15.5	57.5
				0.4	0.25	18	54
				0.5	0.3	20.5	52
				0.6	0.4	24.5	51
				0.8	0.6	25.5	49
2	KOH 1.47 %	35.5	48.5	0.3	0.15	13.5	60
				0.4	0.2	16	57
				0.5	0.25	18	55
				0.6	0.4	21.5	51.5
				0.8	0.6	23	51
3	KOH 1.96 %	35.5	48.5	0.3	0.1	8.5	66
				0.4	0.15	10	63.5
				0.5	0.2	11	63
				0.6	0.5	12.5	62
				0.8	0.6	13	62.5

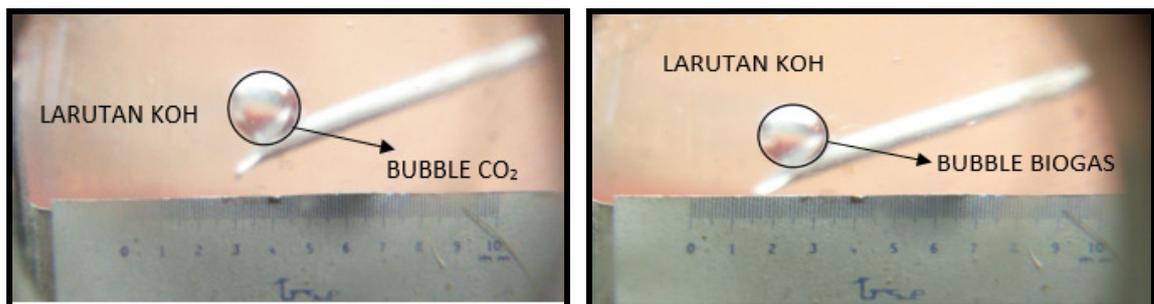
Tabel 20. Hasil Analisa Data Penelitian dengan Biogas.

NO	Lubang Bubble Generator	CO2 in	CH4 in	Debit Masuk	Debit Keluar	CO2 out	CH4 out
	(mm)	(%)	(%)	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	(%)	(%)
1	1	35.5	48.5	0.3	0.2	15.5	57.5
				0.4	0.25	18	54
				0.5	0.3	20.5	52
				0.6	0.4	24.5	51
				0.8	0.6	25.5	49
2	0.8	35.5	48.5	0.3	0.2	13.5	60
				0.4	0.25	16	57
				0.5	0.25	18	53.5
				0.6	0.35	22.5	51.5
				0.8	0.5	25	49.5
3	0.5	35.5	48.5	0.3	0.1	10	64
				0.4	0.2	12	61.5
				0.5	0.25	13.5	60
				0.6	0.3	20.5	52
				0.8	0.5	22	51.5

**Tabel 5.21. Lama Bubble Tertahan Pada Larutan KOH**

<b>NO</b>	<b>URAIAN</b>	<b>WAKTU (Menit)</b>
1	Lama Bubble untuk Gas CO <sub>2</sub> Murni	21.38
2	Lama Bubble untuk Gas CH <sub>4</sub> Murni	0
3	Lama Bubble untuk Biogas	10.38

**Gambar Lama Bubble Tertahan**



**Gambar 5.9. Lama Bubble Tertahan pada Larutan KOH**