

Pengaruh Variasi Lubang *Bubble generator* Terhadap Hasil
Pemurnian Biogas dengan Menggunakan Metode *Bubble
Purification.*

SKRIPSI

KONSENTRASI KONVERSI ENERGI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

YASID ANWARY

NIM. 0910620021-62

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2013

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan penelitian saya dengan baik. terselesainya penelitian dan tersusunnya skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan kerjasama yang baik dari semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung terlibat dalam melakukan penelitian ini. Oleh karena itu pada kesempatan ini kami menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Hendro Sudijono dan Ibu Juni Ekowati sebagai orang tua yang tersayang atas doa dan dukungan beliau.
2. Nurkholis Hamidi ST.,M Eng., Dr Eng.,selaku ketua jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya dan dosen pembimbing I dari penelitian yang saya kerjakan yang selama ini telah membimbing saya sampai penelitian dan skripsi selesai.
3. Purnami ST., MT., selaku sekretaris jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
4. Agung Sugeng Widodo, ST., MT., Ph.D. selaku ketua kelompok studi konversi energi jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang.
5. Mega Nur Sasongko ST., MT., Dr Eng.,selaku dosen pembimbing II dari penelitian yang saya kerjakan yang selama ini telah membimbing saya sampai penelitian dan skripsi selesai.
6. para staf ahli dari jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya yang sudah membantu dalam proses administrasi.
7. Bapak Dadang dosen Universitas Widyagama Malang sudah menjadi partner yang baik dalam penelitian dengan saya.
8. Anas Febrian Bima yang selama ini sudah menjadi *the best partner* dalam penelitian saya.
9. Warga desa Tegalweru kecamatan Dau Malang yang sudah membantu selama saya penelitian disana.
10. LPPM-ITS yang sudah memberikan kemurahan hatinya membantu dalam pengambilan data.
11. Asisten-asisten Laboratorium Motor bakar yang sudah mendukung penelitian yang saya lakukan.

12. Teman-teman Teknik Mesin Universitas Brawijaya angkatan 2009 (Blackmamba) yang sudah memberikan nasehat.
13. Asisten-asisten Laboratorium Komputer yang sudah memfasilitasi dan membantu untuk pembuatan skripsi ini.
14. Teman-teman seluruh anggota Divisi Otomotif Universitas Brawijaya.
15. Ajeng Chita S. yang sudah ikut memberikan nasehat pada saya mengenai penulisan skripsi ini.
16. Mas Anang yang sudah memberikan nasehat.
17. Fauzan Baananto atas bantuannya di menit-menit terakhir dalam penulisan skripsi ini.

Dan semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan penelitian hingga penyusunan skripsi ini.

Kami menyadari bahwa tanpa bantuan dari pihak tersebut, penulisan skripsi ini tidak akan terselesaikan dengan baik. Dengan ketulusan hati, kami ucapkan terimakasih atas dedikasi berbagai pihak selama ini. Akhirnya kami menyadari bahwa skripsi ini jauh dari kata sempurna, oleh karena itu kami sangat mengharapkan kritik dan saran untuk kesempurnaan skripsi ini. Namun demikian kami berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pihak-pihak yang membutuhkan informasi yang telah dibahas dalam skripsi ini.

Malang, 25 November 2013

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
RINGKASAN.....	x
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Penelitian Terdahulu tentang Pemurnian Biogas.....	5
2.1.1 Pemurnian Biogas Dengan Menggunakan Metode Adsorpsi.....	5
2.1.1.1 Hasil Pemurnian Biogas Menggunakan Metode Adsorpsi.....	6
2.1.2 Pemurnian Biogas dengan Menggunakan Membran.....	8
2.1.2.1 Pengertian Membran.....	8
2.1.2.2 Klasifikasi Membran.....	9
2.1.2.3 Material Membran.....	9
2.1.2.4 Teori Pemisahan dengan Membran.....	10
2.1.2.5 Pemurnian Biogas dengan Teknologi Membran....	11
2.1.2.6 Dasar Pemilihan Membran untuk Pemurnian Biogas.....	12
2.1.2.7 Dasar Pemilihan Modul untuk Pemurnian Biogas.....	13
2.1.2.8 Hasil Pemurnian Biogas Menggunakan.....	17
2.2 Biogas.....	19
2.2.1 Pengertian Biogas.....	19
2.2.2 Proses Pembuatan Biogas.....	20
2.2.3 Komposisi Biogas.....	22

2.2.4 Masalah pada Biogas	22
2.2.5 Manfaat Biogas dalam Kehidupan	23
2.3 <i>Bubble</i> Generator	23
2.4 Pengaruh KOH	23
2.5 Hipotesa.....	24
BAB III. METODE PENELITIAN	25
3.1 Metode Penelitian	25
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	25
3.3 Prosedur Pelaksanaan Penelitian	25
3.4 Instalasi Penelitian	26
3.5 Peralatan Penelitian.....	27
3.6 Variabel Penelitian.....	30
3.7 Metode Pengambilan Data	30
3.8 Perhitungan Pengolahan Data.....	33
3.9 Diagram Alir Penelitian	34
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1 Data Hasil Penelitian.....	36
4.2 Data Hasil Penelitian dengan Menggunakan Biogas.....	42
4.3 Analisa Grafik dan Pembahasan.....	45
4.3.1 Analisa Grafik dan Pembahasan Penelitian	45
4.3.2 Analisa Grafik dan Pembahasan Penelitian Menggunakan Biogas	48
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	52
5.1 Kesimpulan.....	52
5.2 Saran	52

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2.1 Pengaruh laju alir (l/menit) terhadap CO₂ yang teradsorp (% mol) selama waktu 60 menit
- Gambar 2.2 Waktu (menit) terhadap CO₂ yang teradsorp (% mol) dengan berat zeolit 300 gram
- Gambar 2.3 Diagram alir proses pemisahan dengan membran
- Gambar 2.4 Diagram alir pemisahan gas CO₂
- Gambar 2.5 Modul membran *hollowfiber*
- Gambar 2.6 Modul membran *hollowfiber*
- Gambar 2.7 Modul membran *spiral wound*
- Gambar 2.8 Membran *Flat Sheet Plate and Frame*
- Gambar 3.1 Instalasi penelitian
- Gambar 3.2 *Kompresor*
- Gambar 3.3 *flowmeter*
- Gambar 3.4 *vacuum pump*
- Gambar 3.5 *gas chromatography*
- Gambar 4.1 Hubungan Antara waktu tinggal *Bubble* Terhadap CO₂ yang Terserap dengan Variasi Lubang *bubble* generator
- Gambar 4.2 Hubungan Antara waktu tinggal *Bubble* Terhadap CH₄ yang Terserap dengan Variasi Lubang *bubble* generator
- Gambar 4.3 Hubungan Antara debit yang masuk Terhadap CO₂ yang Terserap dengan Variasi Lubang *bubble* generator
- Gambar 4.4 Hubungan Antara debit yang masuk) Terhadap CH₄ yang Terserap dengan Variasi Lubang *bubble* generator
- Gambar 4.5 Hubungan Antara Lama Tinggal *Bubble* Terhadap Kandungan CO₂ sesudah pemrosesan dengan Variasi Lubang *bubble* generator
- Gambar 4.6 Hubungan Antara Lama Tinggal *Bubble* (s) Terhadap Kandungan CH₄ (%) sesudah pemrosesan dengan Variasi Lubang *bubble* generator
- Gambar 4.7 Hubungan Antara Debit masuk Terhadap Kandungan CO₂ sesudah pemrosesan dengan Variasi Lubang *bubble* generator

Gambar 4.8 Hubungan Antara Debit Terhadap Kandungan CH_4 sesudah pemrosesan dengan Variasi Lubang *bubble* generator



DAFTAR TABEL

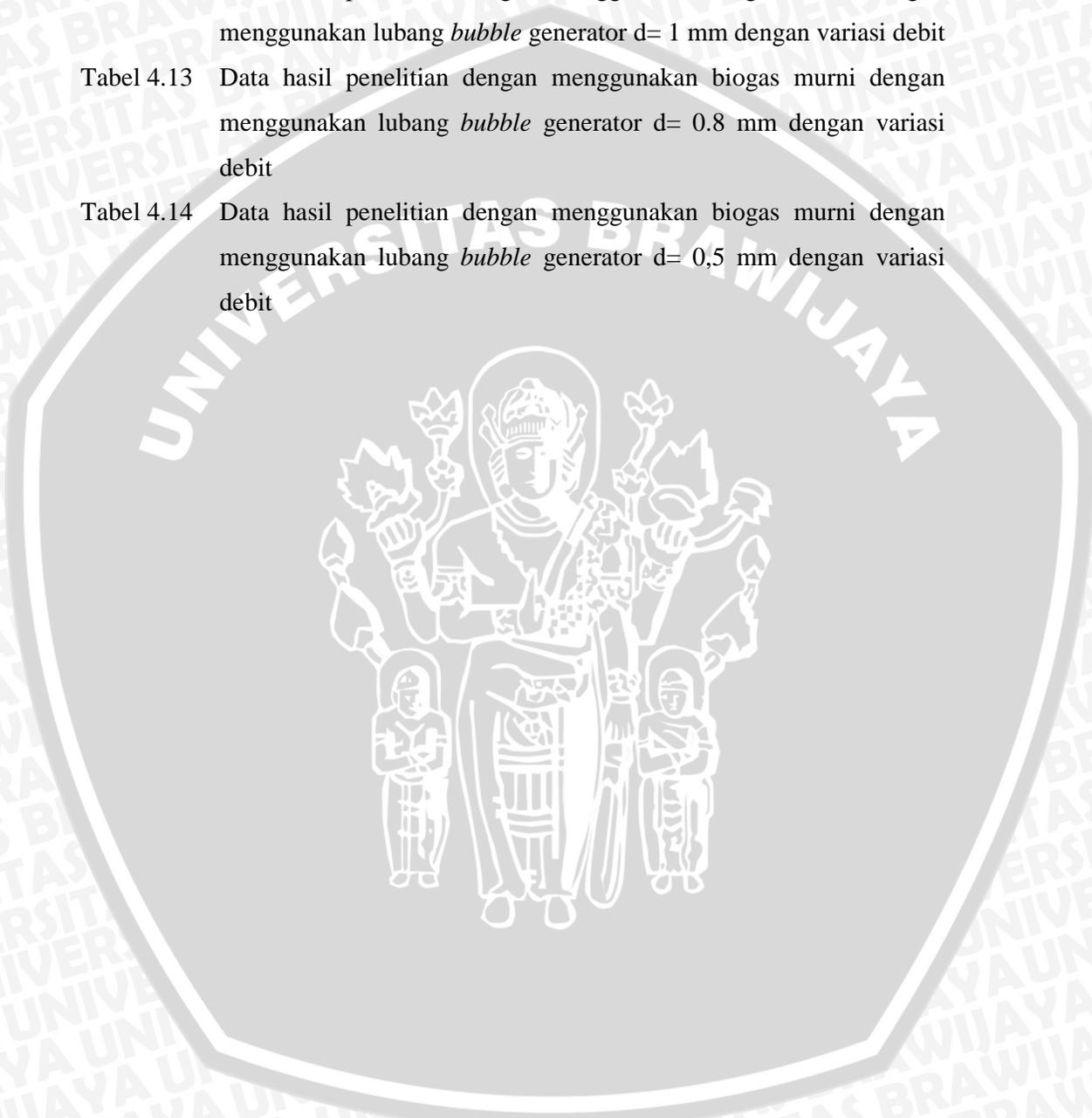
- Tabel 2.1 Hasil penelitian proses pemurnian biogas dengan menggunakan metode adsorpsi dengan variasi waktu
- Tabel 2.2 *Performance* membran dense flat films polyimide 6 FDA- Durene untuk pemurnian biogas
- Tabel 2.3 Hasil penelitian pemurnian biogas dengan menggunakan membran
- Tabel 4.1 Data hasil penelitian dengan menggunakan CO₂ murni dengan menggunakan lubang *bubble* generator d= 1 mm dengan variasi lama tinggal *bubble*
- Tabel 4.2 Data hasil penelitian dengan menggunakan CO₂ murni dengan menggunakan lubang *bubble* generator d= 0.8 mm dengan variasi lama tinggal *bubble*
- Tabel 4.3 Data hasil penelitian dengan menggunakan CH₄ murni dengan menggunakan lubang *bubble* generator d= 1 mm dengan variasi tinggal *bubble*
- Tabel 4.4 Data hasil penelitian dengan menggunakan CH₄ murni dengan menggunakan lubang *bubble* generator d= 0.8 mm dengan variasi lama tinggal *bubble*
- Tabel 4.5 Data hasil penelitian dengan menggunakan CO₂ murni dengan menggunakan lubang *bubble* generator d= 1 mm dengan variasi debit
- Tabel 4.6 Data hasil penelitian dengan menggunakan CO₂ murni dengan menggunakan lubang *bubble* generator d= 0,8 mm dengan variasi debit
- Tabel 4.7 Data hasil penelitian dengan menggunakan CH₄ murni dengan menggunakan lubang *bubble* generator d= 1 mm dengan variasi debit
- Tabel 4.8 Data hasil penelitian dengan menggunakan CH₄ murni dengan menggunakan lubang *bubble* generator d= 0,8 mm dengan variasi debit
- Tabel 4.9 Data hasil penelitian dengan menggunakan biogas murni dengan menggunakan lubang *bubble* generator d = 1 mm dengan variasi lama tinggal *bubble*.
- Tabel 4.10 Data hasil penelitian dengan menggunakan biogas murni dengan menggunakan lubang *bubble* generator d= 0,8 mm dengan variasi lama tinggal *bubble*

Tabel 4.11 Data hasil penelitian dengan menggunakan biogas murni dengan menggunakan lubang *bubble* generator $d= 0,5$ mm dengan variasi lama tinggal *bubble*

Tabel 4.12 Data hasil penelitian dengan menggunakan biogas murni dengan menggunakan lubang *bubble* generator $d= 1$ mm dengan variasi debit

Tabel 4.13 Data hasil penelitian dengan menggunakan biogas murni dengan menggunakan lubang *bubble* generator $d= 0.8$ mm dengan variasi debit

Tabel 4.14 Data hasil penelitian dengan menggunakan biogas murni dengan menggunakan lubang *bubble* generator $d= 0,5$ mm dengan variasi debit



RINGKASAN

Bahan bakar untuk masa sekarang sangatlah penting atau sudah menjadi kebutuhan utama masyarakat. Pada saat ini bahan bakar alternatif perlu pengembangan. Dalam hal ini untuk pengembangan bahan bakar alternatif sendiri masih memerlukan suatu proses untuk meningkatkan hasil yang baik. Untuk hal tersebut disini dilakukan pemurnian bahan bakar biogas dengan menggunakan metode *bubble purification*. Dimana metode ini adalah pembuatan gelembung-gelembung dengan melewati *bubble* generator untuk mendapatkan biogas yang murni dimana biogas murni disini adalah biogas yang memiliki nilai kalor tinggi. Sedangkan biogas yang memiliki nilai kalor tinggi adalah biogas yang nilai prosentase CO₂ rendah dan nilai CH₄ tinggi. Untuk merendahkan nilai CO₂ disini dilakukan proses pemurnian tersebut. Didapatkan kesimpulan sementara bahwa semakin kecil lubang *bubble* generator maka semakin kecil gelembung yang ditimbulkan. Sehingga baik untuk melakukan proses pemurnian. Dalam penelitian ini divariasikan besar lubang *bubble* generatornya dengan harapan semakin kecil lubang *bubble* generatornya maka dapat melakukan penyerapan kandungan gas CO₂ semakin baik. Didapatkan hasil penelitian dari variabel yang pertama yaitu lubang sebesar 1mm dengan variasi ketinggian yang sama didapatkan kandungan CO₂ awal 35.5% dan CH₄ 48.5% menjadi memiliki kandungan CO₂ 10% dan CH₄ 64% sedangkan dengan ketinggian yang sama lubang sebesar 0,5mm dan kandungan awal yang sama didapatkan kandungan CO₂ menjadi 6.5% dan CH₄ menjadi 69%. dan kesimpulan menyatakan bahwa semakin kecil lubang *bubble* generator maka semakin dapat melakukan pemurnian yang semakin baik.

Kata kunci : Biogas, lubang *bubble* generator, kandungan biogas, *bubble purification*

SUMMARY

Fuel for the present is important or has become the primary needs of the community. At this time the alternative fuels need to development. In this case for its own alternative fuel development still requires a process to increase the good results. For it is here done with biogas fuel purification method using bubble purification. When this method is making bubbles with the passing bubble generator to get a pure where biogas biogas biogas here is pure value is high heat. While the biogas high heat value is a percentage value of the biogas low CO₂ and CH₄ high value. To denigrate the value of CO₂ purification process is done here. Obtained a temporary conclusion that the smaller the hole bubble generator then the smaller the bubble caused. So it is good to do the process of purification. In this study varied big bubble generatornya hole in the hopes of getting smaller hole bubble generatornya then can do the content of CO₂ gas absorption is the better. The research results obtained from the first variable i.e. 1 mm hole with the same altitude variation obtained initial CO₂ content of 34.3% and 48.5% CH₄ into CO₂ contain 10% and 64% CH₄ while with the same height of 0, 5 mm hole and found the same initial content the content of CO₂ being 6.5% and CH₄ became 69%. and the conclusions stated that the smaller the hole bubble generator then the purification which can do the better

Key word : *Biogas, a hole bubble generator; the content of biogas, bubble purification*

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Akhir-akhir ini seringkali terjadi krisis energi di setiap daerah. Hal tersebut dapat dilihat dari seringnya kebutuhan energi dari daerah-daerah kurang bisa dipenuhi oleh produsen energi yang ada. Kekurangan tersebut disebabkan karena cadangan dari sumber energi yang berasal dari perut bumi semakin lama semakin berkurang dan harganya terus menanjak. Selain itu bahan bakar minyak yang digunakan sekarang ini berasal dari fosil dahulu dan merupakan sumber energi yang tidak dapat diperbarui, dengan kata lain nantinya energi semakin lama akan semakin mengalami masa kepunahan dari keberadaannya. Salah satu hal yang bisa mengatasi masalah tersebut adalah masyarakat harus bisa menemukan sumber energi yang tidak berasal dari fosil atau sesuatu sumber energi yang berasal dari hal-hal yang tidak dapat diperbarui. Atau dengan kata lain harus ditemukan alternatif energi untuk keturunan yang akan datang.

Daerah perkotaan sebagai pusat beban memiliki pertumbuhan kebutuhan energi yang sangat besar sehingga sering sekali pertumbuhan beban tidak mampu diimbangi dengan penambahan produsen energi baru sehingga sering timbul krisis energi yang ditandai dengan salah satunya yang sering terjadi akhir-akhir ini adalah kelangkaan bahan bakar minyak. Disamping itu potensi energi terbarukan yang tersedia dan terbuang percuma cukup melimpah untuk dimanfaatkan sebagai potensi energi alternatif menggantikan pemanfaatan energi fosil yang juga dapat mereduksi pencemaran lingkungan.

Dari masalah yang disebutkan sebenarnya dalam belakangan ini sudah ditemukan energi alternatif untuk menggantikan ataupun mengatasi masalah yang disebutkan. Biogas yang dipercaya dapat menggantikan dari bahan bakar yang berasal dari fosil. Karena biogas sendiri merupakan salah satu produk dari teknologi yang sekarang sedang dikembangkan. Hal ini dikarenakan gas yang dihasilkan dari proses biologis (*anaerobic digester*) mampu menghasilkan gas-gas seperti CH_4 , CO_2 , H_2S , H_2O dan gas-gas lain. Biogas yang dihasilkan oleh aktivitas *anaerobik* ini sangat populer digunakan untuk mengolah limbah

biodegradable karena bahan bakar dapat dihasilkan sambil mengurangi volume limbah buangan. Metana CH_4 dalam biogas, bila terbakar akan relatif lebih bersih daripada bahan bakar yang terbuat dari fosil, dan menghasilkan energi yang lebih besar dengan emisi karbon dioksida yang lebih sedikit. Pemanfaatan biogas memegang peranan penting dalam manajemen limbah. Karbon dalam biogas merupakan karbon yang diambil dari atmosfer oleh fotosintesis tanaman maupun kotoran hewan sehingga bila dilepaskan lagi ke atmosfer tidak akan menambah jumlah karbon di atmosfer bila dibandingkan dengan pembakaran bahan bakar fosil. Saat ini, banyak negara maju meningkatkan penggunaan biogas yang dihasilkan baik dari limbah cair maupun limbah padat atau yang dihasilkan dari sistem pengolahan biologi mekanis pada tempat pengolahan limbah.

Dalam hal ini tentu metana (CH_4) sendiri merupakan zat yang utama dalam biogas untuk melakukan pembakaran. Akan tetapi dari biogas sendiri masih banyak kekurangan. Salah satu diantaranya adanya zat karbon dioksida dalam kandungan biogas. Karena keberadaan CO_2 dalam gas CH_4 sangat tidak diinginkan, hal ini dikarenakan semakin tinggi kadar CO_2 dalam CH_4 maka akan semakin menurunkan nilai kalor CH_4 .

Pemurnian dalam hal ini sangat diperlukan. Untuk memurnikan kandungan biogas tersebut dari kandungan CO_2 . Dalam pemisahan CO_2 dari biogas terdapat berbagai teknologi yang dikembangkan. Diantaranya yang sudah ada adsorpsi, adsorpsi pada permukaan zat padat, pemisahan secara *kriogenik*, dengan menggunakan membran, dan pemurnian dengan menggunakan metode *bubble purification*.

Akan tetapi disini akan dilakukan metode penelitian yang baru. yaitu dengan menggunakan metode *bubble purification*. Pada metode pemurnian menggunakan *bubble* generator beberapa komponen atau campuran dari gas ditransportasikan melalui lubang kecil ($< 1\text{mm}$). Transportasi tiap komponen dikendalikan oleh perbedaan tekanan parsial pada membran dan permeabilitas tiap komponen dalam membran. Untuk mencapai gas metana dengan kemurnian yang tinggi maka permeabilitas harus tinggi. Membran padat dapat disusun dari *polimer selulosa aasetat* yang mempunyai permeabilitas untuk CO_2 dan H_2S mencapai 20 dan 60 kali

berturut – turut lebih tinggi dibanding permeabilitas CH_4 . Tekanan sebesar 25 – 40 bar diperlukan untuk proses membran tersebut.

Dan menurut sumber yang di dapat dalam konsep pemisahan dengan *bubble* generator hal yang paling utama diperhatikan adalah selektifitas dan permeabilitas yang tinggi. Akhirnya disini akan dicoba untuk memperbesar dari permeabilitas dari *bubble* generator tersebut pada *bubble purification*.

Disini nantinya diharapkan dengan permeabilitas yang kecil maka dapat memurnikan biogas sesuai dengan yang diharapkan. *Bubble* atau gelembung disini ditimbulkan dari lubang kecil yang nantinya akan divariasikan dengan beberapa lubang yang lain untuk mencapai hal yang maksimal. Akan tetapi karena menurut penjelasan di atas bahwa sudah dilakukan dengan menggunakan celah sebesar (<1mm). Maka hal yang akan dilakukan nantinya membuat permeabilitas dari alat atau saluran pembuat *bubble* lebih kecil dari pada ukuran diatas. Selain dengan memperkecil permeabilitasnya juga akan menambahkan larutan untuk mengikat dari gas-gas yang tidak diinginkan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan latar belakang di atas maka penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut bagaimana pengaruh variasi lubang *bubble generator* terhadap hasil pemurnian biogas dengan menggunakan metode *bubble purification*

1.3 Batasan Masalah

Untuk menjadikan penelitian ini lebih terarah maka penulis akan memberikan batasan-batasan masalah yang meliputi hal-hal berikut ini :

1. Gas yang akan diteliti adalah gas biogas
2. Pengaruh dari larutan
3. Bahan – bahan penelitian yang digunakan
4. Besar diameter pipa yang digunakan
5. Aliran fluida

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi lubang *bubble generator* terhadap hasil pemurnian biogas dengan menggunakan metode *bubble purification* untuk mengikat gas CO_2 agar nilai kalor dan CH_4 tidak berkurang.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Sebagai referensi untuk penelitian berikutnya mengenai pengaruh variasi lubang *bubble generator* terhadap hasil pemurnian biogas dengan menggunakan metode *bubble purification*
2. Untuk pengembangan ilmu tentang pemurnian biogas yang nantinya dapat bermanfaat bagi pelajar atau mahasiswa agar bisa mengembangkan ke tahap berikutnya
3. Memberikan masukan bagi pengusaha-pengusaha bahan bakar biogas tentang pengaruh variasi lubang *bubble generator* terhadap hasil pemurnian biogas dengan menggunakan metode *bubble purification*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu tentang Pemurnian Biogas

Dalam melaksanakan penelitian yang akan dilakukan disini sebagai pustaka untuk bahan dasar ilmiah tentang teori dari pemurnian biogas sendiri dapat diambil dari penelitian-penelitian sebelumnya tentang pemurnian biogas. Penelitian pemurnian biogas sebelumnya pernah dilakukan oleh beberapa orang dengan bermacam-macam variasi yang digunakan. Beberapa diantara mereka melakukan penelitian yang memiliki tujuan yang sama yaitu agar dalam kandugan biogas yang dikandung bisa sesuai dengan yang diinginkan sehingga dapat melakukan pembakaran yang optimal. Dan dapat berguna bagi masyarakat luas nantinya.

2.1.1 Pemurnian Biogas Dengan Menggunakan Metode Adsorpsi

Pernah dalam pemurnian biogas dilakukan pemurnian dengan metode yang lain. Selain metode pemurnian biogas dengan menggunakan membran disini juga pernah dilakukan metode pemurnian dengan menggunakan metode adsorpsi fisik. Yang dimana adsorpsi fisik sendiri adalah absorpsi gas terlarut dalam cairan penyerap tidak disertai dengan reaksi kimia penyerapan terjadi karena ada interaksi fisik yaitu proses pemindahan massa yang terjadi antara gas yang di adsorpsi dan gas yang pengadsorpsi.

Kemudian selain menggunakan metode adsorpsi fisik disini dikombinasikan dengan metode adsorpsi kimia juga. Adsorpsi kimia merupakan adsorpsi dimana gas terlarut dalam larutan penyerap disertai dengan reaksi kimia, contoh adsorpsi ini adalah adsorpsi gas CO_2 dengan larutan NaOH , K_2CO_3 dan sebagainya. Aplikasi dari adsorpsi kimia dapat dijumpai pada proses penyerapan gas CO_2 pada pabrik Amonia. Penyerapan ini terjadi karena adanya proses perpindahan massa yang terjadi antara gas yang diadsorpsi dan larutan pengadsorpsi yang disertai dengan reaksi kimia.

Penelitian yang dilakukan oleh Apriyanti E, 2013 dimana disitu melakukan penelitian adsorpsi untuk menghilangkan atau menyerap gas CO₂ dengan pengadsorpsi menggunakan zeolit.

2.1.1.1 Hasil Pemurnian Biogas Menggunakan Metode Adsorpsi

Pengaruh Konsentrasi CO₂ pada proses adsorpsi. Konsentrasi CO₂ pada proses adsorpsi sangat berpengaruh terhadap kinerja atau daya serap zeolit. Untuk mengkaji pengaruh konsentrasi CO₂, percobaan adsorpsi dilakukan dengan memvariasikan konsentrasi CO₂, laju alir CO₂ dan berat zeolit.

Dari variasi yang ditentukan nantinya akan didapatkan hasil atau data yang diinginkan. Hasil dari penelitian yang dilakukan dan diproses dapat dilihat pada tabel 2.1. Tabel 2.1 adalah hasil dari penelitian proses pemurnian biogas dengan menggunakan metode adsorpsi dengan memvariasikan konsentrasi masuk dari gas CO₂. Dalam tabel 2.1 dimana disitu satuan konsentrasi masuk dari gas CO₂ menggunakan (%) mol begitu juga dengan satuan konsentrasi keluar dari CO₂.

Tabel 2.1 Hasil penelitian proses pemurnian biogas dengan menggunakan metode adsorpsi dengan variasi konsentrasi masuk dari CO₂

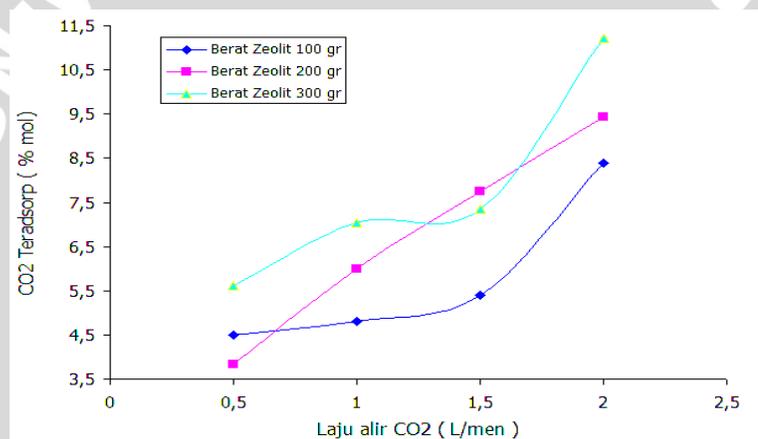
No	Zeolit 100 (gr)		Zeolit 200 (gr)		Zeolit 300 (gr)	
	Konsentrasi masuk (% mol)	Konsentrasi keluar (% mol)	Konsentrasi masuk (% mol)	Konsentrasi keluar (% mol)	Konsentrasi masuk (% mol)	Konsentrasi keluar (% mol)
1	15,07	10,50	17,66	13,82	18,80	13,19
2	16,20	11,40	18,68	12,69	19,17	12,14
3	17,14	11,75	18,03	10,27	18,30	10,96
4	19,01	10,97	19,25	9,82	19,71	8,49

Sumber : jurnal tentang adsorpsi CO₂ menggunakan zeolit

Proses adsorpsi dilakukan secara kontinyu, pada penelitian ini digunakan waktu adsorpsi 1 jam (60 menit). Dimana gas umpan dilewatkan kolom adsorpsi kemudian gas keluaran dianalisa menggunakan *Gas analysis type 898*. pada tabel 2.1 dapat dilihat selisih yang besar diperoleh pada konsentrasi awal 19,71 % mol dan konsentrasi keluar 8,49 % mol maka diperoleh selisih 11,22 % mol. Hal ini

menunjukkan bahwa CO_2 yang teradsorpsi zeolit sebesar 11,22 % mol pada variasi laju alir 2 (l/menit) waktu 60 menit yaitu kolom ketiga dan baris terkahir dalam.

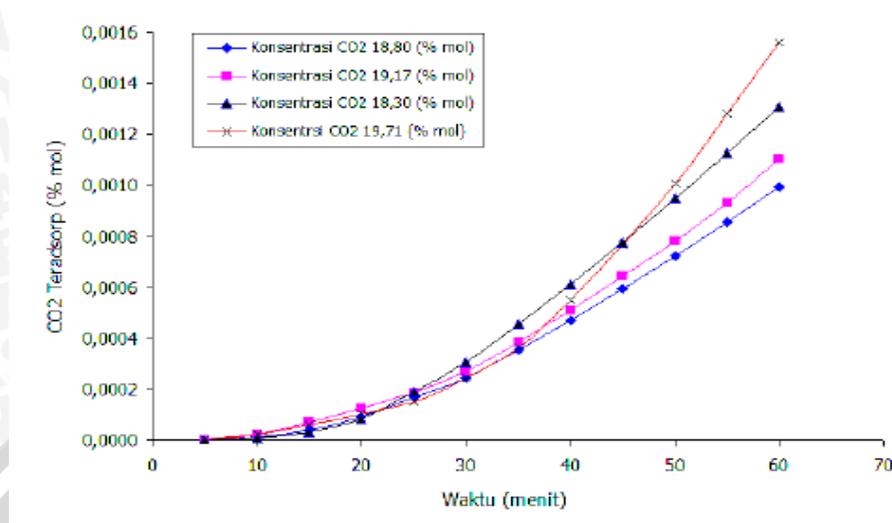
Kemudian selain dari kandungan zeolit yang hal berpengaruh lainnya adalah laju alir CO_2 didalam proses adsorpsi, gambar 2.1. menjelaskan tentang kemampuan zeolit dalam mengadsorpsi CO_2 . Dilihat pada gambar 2.1 garis berwarna biru menunjukkan berat zeolit 100 gr. Garis berwarna ungu menunjukkan zeolit dengan berat 200 gr. Dan terakhir warna biru langit adalah zeolit dengan berat 300 gr. Dari gambar 2.1 terlihat bahwa semakin besar zeolit maka semakin tinggi hasil dari penyerapan terhadap CO_2 . Dan semakin tinggi laju alir maka semakin banyak juga CO_2 yang teradsorpsi.



Gambar 2.1 Pengaruh laju alir (l/menit) terhadap CO_2 yang teradsorpsi (% mol) selama waktu 60 menit

Sumber : jurnal tentang adsorpsi CO_2 menggunakan zeolit (Apriyanti E,2013)

Waktu juga sangat berpengaruh didalam proses adsorpsi, terhadap kinerja zeolit dalam menyerap CO_2 yang dipengaruhi selektivitasnya. Untuk mengkaji pengaruh waktu terhadap kecepatan adsorpsi CO_2 percobaan adsorpsi dilakukan dengan memvariasikan waktu 5 menit - 60 menit. Hasil dari pengaruh waktu dapat dilihat pada gambar 2.2 dibawah ini.



Gambar 2.2 waktu (menit) terhadap CO₂ yang teradsorpsi (% mol) dengan berat zeolit 300 gram

Sumber : jurnal tentang adsorpsi CO₂ menggunakan zeolit (Apriyanti E,2013)

Pada gambar 2.2 terlihat perbandingan waktu dengan CO₂ yang teradsorpsi. Dengan variasi konsentrasi CO₂ yaitu garis biru dengan konsentrasi 18,80% dan garis ungu dengan menggunakan konsentrasi sebesar 19,17%/. Garis merah menggunakan konsentrasi sebesar 19,71%. Dan kemudian garis hitam menggunakan konsentrasi CO₂ sebesar 18,30. Terlihat dari hasil yang ditunjukkan semakin lama waktu pengadsorpsi yang digunakan maka semakin baik dalam melakukan pengadsorpsi terhadap gas CO₂.

2.1.2 Pemurnian Biogas dengan Menggunakan Membran

Teknologi pemisahan gas yang telah dikembangkan adalah dengan penggunaan membran dalam proses pemurniannya. Pemilihan membran sebagai teknologi pemisahan gas bukan merupakan hal baru. Dua kriteria suatu teknologi pemisahan akan dipilih jika pertimbangan secara teknis dan ekonomis mudah dilakukan (Mulder, 1996)

2.1.2.1 Pengertian Membran

Membran merupakan alat pemisah yang memisahkan dua fase sebagai transportasi pembatas selektivitas berbagai campuran kimia. Campuran tersebut

dapat bersifat homogen atau heterogen, berstruktur simetrik atau asimetrik, padatan atau cairan, memiliki muatan positif atau negatif, dan bersifat polar atau netral. Transportasi pada membran terjadi karena adanya *driving force* yang dapat berupa konveksi atau difusi dari masing-masing molekul, adanya tarik menarik antar muatan komponen atau konsentrasi larutan, dan perbedaan suhu atau tekanan. Membran mempunyai ketebalan yang bervariasi dari 100 μ m sampai beberapa milimeter (Pabby dkk., 2009).

2.1.2.2 Klasifikasi Membran

Menurut Mulder (1996), klasifikasi membran berdasarkan strukturnya dibagi menjadi 2 yaitu:

1. Membran berpori (*porous membrane*)

Prinsip pemisahan membran berpori didasarkan pada perbedaan ukuran partikel dengan ukuran pori membran. Ukuran pori membran memegang peranan penting dalam pemisahan. Membran dengan jenis ini biasanya digunakan untuk :

- Mikrofiltrasi (melewatkan air, menahan mikroba)
- Ultrafiltrasi (melewatkan air menahan garam mineral)

2. Membran non pori (*non-porous membrane*)

Pada membran tidak berpori ini prinsip pemisahannya didasarkan pada perbedaan kelarutan dan kemampuan berdifusi. Sifat *intrinsik* polimer membran mempengaruhi tingkat selektivitas dan permeabilitas. Membran jenis ini digunakan untuk proses:

- Permeasi Gas
- *Pervaporasi*
- Dialisis

2.1.2.3 Material Membran

Menurut Mulder (1996), material membran dapat diklasifikasikan menjadi 3 antara lain :

1. Organik (Polimer)

Jenis polimer yang dapat dijadikan sebagai material membran yaitu :

- Membran berpori (*porous membrane*)

Contoh material : *polycarbonate, polyamide, polysulfone, cellulose ester, polyvinylidenefluoride, polytetrafluoroethylene*, dll. Material membran dapat digunakan untuk aplikasi mikrofiltrasi dan ultrafiltrasi.

- Membran tidak berpori (*non-porous membrane*)

Contoh material : *polyoxadiazoles, polytriazole*. Material ini bisa digunakan untuk aplikasi separasi gas dan uap dan pervaporasi.

2. Anorganik

Tipe material anorganik membran ada 4 yaitu :

- Membran keramik

Merupakan kombinasi dari logam (*aluminium, titanium, silicium* atau *zirconium*) dan non-logam (*oxide, nitride* atau *carbide*).

- Membran gelas

Berupa silikon oksida / silika (SiO_2)

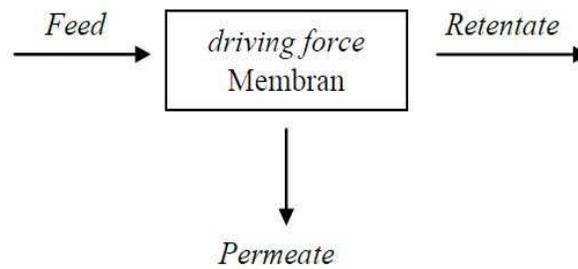
- Membran logam (termasuk karbon)
- Membran *zeolite*

3. Biologi

Merupakan material membran yang berasal dari makhluk hidup misalnya lipida (*phospholipid*). Struktur membran dari material ini sangat kompleks.

2.1.2.4 Teori Pemisahan dengan Membran

Pemisahan dengan membran dilakukan dengan mengalirkan *feed* ke dalam membran kemudian akan terpisah sesuai *driving force* yang digunakan. Proses pemisahan dengan membran menghasilkan dua aliran yaitu *permeate* dan *retentate*. *Permeate* merupakan hasil pemisahan yang diinginkan sedangkan *retentate* merupakan hasil sisa (Pabby dkk., 2009). Untuk penjelasan lebih jelas dapat dilihat pada gambar 2.3. Pada gambar 2.3 dijelaskan tentang proses pemurnian dengan membran dengan menggunakan penjelasan dengan diagram.



Gambar 2.3 Diagram alir proses pemisahan dengan membran

Kinerja membran dapat dilihat dari besarnya selektivitas yang dihasilkan.

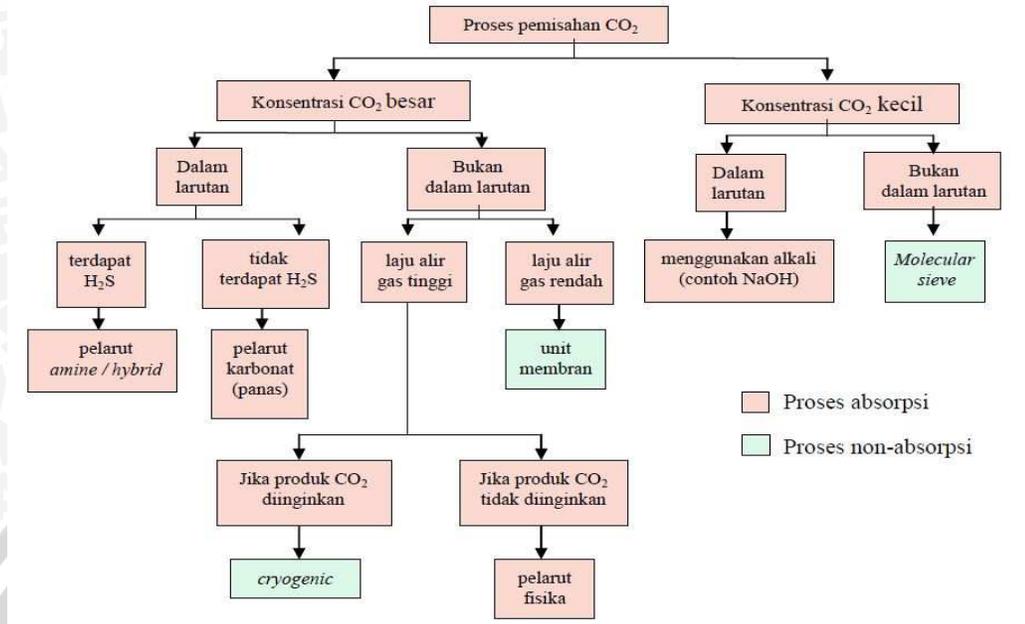
Persamaan yang digunakan yaitu:

$$\alpha_{A/B} = \frac{y_A / y_B}{x_A / x_B}$$

dimana, A dan B merupakan komponen - komponen yang terdapat pada campuran yang akan dipisahkan (Cao dkk., 2002)

2.1.2.5 Pemurnian Biogas dengan Teknologi Membran

Menurut Lastella dkk. (2002), penggunaan teknologi pemurnian biogas tergantung pada komposisi biogas dan tujuan penggunaannya. Menurut Pabby dkk. (2009), komposisi biogas tergantung pada sumber bahan bakunya. Gambar 2.4 pemurnian biogas menggunakan membran sangat baik pada tekanan operasi 5–7 bar. Menurut Noverri (2007), pemilihan metode yang cocok untuk pemisahan CO₂ dari campurannya tergantung pada beberapa parameter, yaitu : konsentrasi CO₂ di aliran umpan, sifat alami komponen umpan, tekanan dan temperatur. Menurut Kapdi dkk. (2005), metode pemurnian biogas (*CO₂ removal*) ada beberapa, antara lain: absorpsi fisika, absorpsi kimia, adsorpsi, pemisahan dengan membran, *cryogenic* dan konversi kimia menjadi senyawa lain. Pemilihan proses pemisahan CO₂ dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Diagram alir pemisahan gas CO₂

Sumber : <http://id.scribd.com/doc/106926548/Laporan-Skripsi-Penelitian>

Membran

2.1.2.6 Dasar Pemilihan Membran untuk Pemurnian Biogas

Menurut Pabby dkk. (2009), material membran yang memiliki selektivitas tinggi untuk pemurnian biogas adalah polimer (seperti *cardopolymers*), *carbon molecular sieves*, *mixed matrix* dan *biomimetic*. Material membran yang bisa digunakan untuk pemurnian biogas antara lain:

1. Membran Polimer

Polimer merupakan material membran yang banyak digunakan untuk pemisahan gas. Membran dari polimer dapat berupa membran komposit dengan *selective skin layer* ataupun membran *asymmetric hollow fiber*. Salah satu membran polimer

2. Membran Carbon Molecular Sieving (CMS)

Membran ini merupakan membran karbon *microporous*. Mekanisme perpindahan yang terjadi pada membran ini ada 3 kemungkinan, yaitu *molecular sieving* ($dP < 50\text{\AA}$), *selective surface* ($50\text{\AA} < dP < 120\text{\AA}$) dan *knudsen diffusion* ($dP > 200\text{\AA}$). Dalam pemisahan membran modul yang biasa digunakan yaitu *hollow fiber* atau sheet (lembaran). Pada pemurnian biogas (CO₂/CH₄), penggunaan

membran ini menghasilkan selektivitas yang tinggi jika mekanisme perpindahannya berupa SSF (*selective surface flow*) (Pabby dkk., 2009).

3. *Mixed Matrix Membrane / MMM (Nanocomposites)*

Membran ini terdiri dari polimer dimana material *non-porous* atau anorganik *dense* seperti partikel *silika*, *zeolite*, *carbon (disebut nanotube)* didispersikan. Mekanisme yang terjadi pada membran ini yaitu *solution diffusion* dan dikombinasi dengan *surface diffusion / molecular sieving*. Menurut Pabby dkk. (2009).

4. Membran Anorganik

Membran ini dapat berupa simetrik maupun asimetrik. Membran simetrik memiliki struktur homogen, contohnya membran *alumina anodized* dan membran *capillary glass*. Membran anorganik yang sering digunakan adalah membran asimetrik dengan struktur komposit, contoh membran *ceramic alumina* dan membran *carbon-zirconia* (Pabby dkk., 2009).

2.1.2.7 Dasar Pemilihan Modul untuk Pemurnian Biogas

Menurut Pabby dkk. (2009), modul membran yang bisa digunakan untuk pemurnian gas antara lain:

1. *Hollow Fiber*

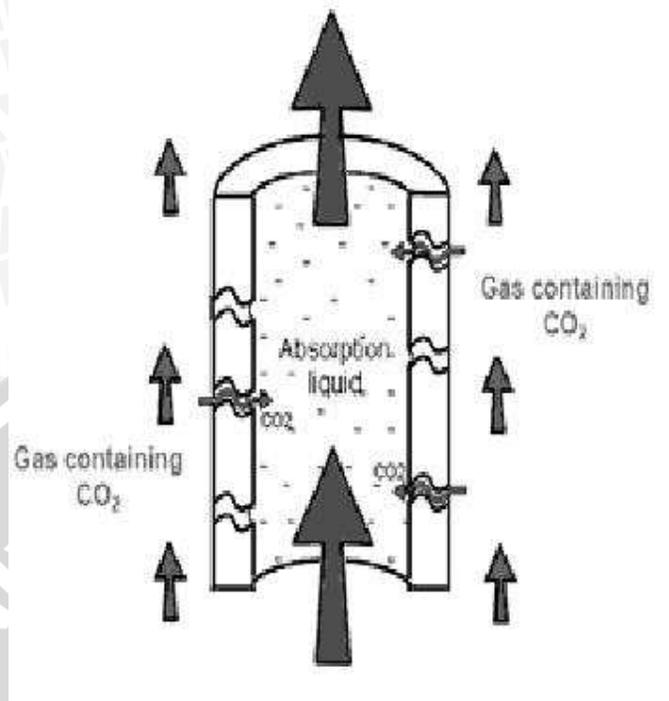
Modul ini merupakan susunan ikatan – ikatan fiber dengan diameter 0,1-2,0 mm yang tersusun dalam sebuah pipa. Modul ini efektif untuk pemisahan dengan luas permukaan besar untuk volume yang kecil. Contoh gambar membran yang menggunakan modul jenis *hollow fiber* dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 : Modul membrane *hollowfiber*

Sumber : http://www.membrane-guide.com/images/x_ceparation.jpg

proses pengabsorpsian dari membran *hollow fiber* dapat dilihat pada gambar 2.6. Pada gambar 2.6 dapat dilihat disitu cara membran tersebut mengikat gas CO₂ terlihat disitu arah panah keatas dari absorpsi dan gas CO₂ menunjukkan jalan aliran dan pada arah gas CO₂ yang ada gas yang masuk menuju ke cairan pengabsorpsi.

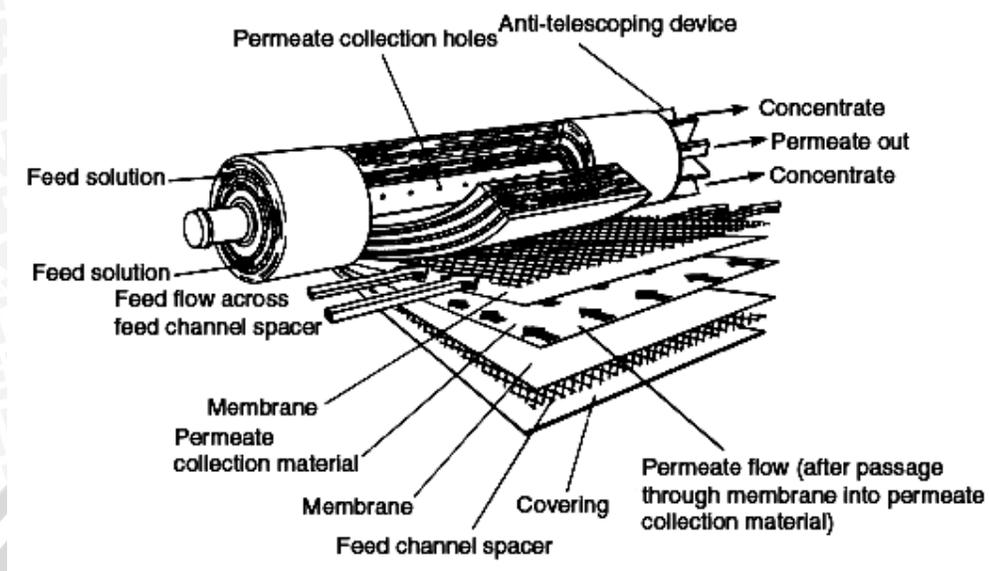


Gambar 2.6 : Modul membran *hollowfiber*

Sumber:http://4.bp.blogspot.com/_1G5_sq1QJC0/S42dgXMbh9I/AAJQ/907aLW_H_U_g/s400/membran3.JPG

2. *Spiral Wound*

Modul ini terdiri dari beberapa lembaran datar tergulung spiral. Modul ini berdiameter 0,1 m, panjang 0,9 m dan luas permukaan sebesar 5 m². Contoh gambar membran modul *spiral wound* dapat dilihat pada gambar 2.7



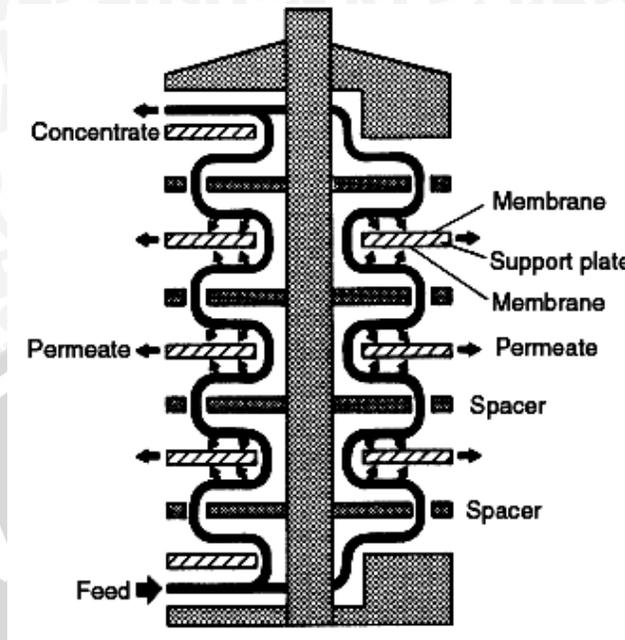
Gambar 2.7 Modul membran *spiral wound*

Sumber: [http://id.scribd.com/doc/106926548/Laporan-Skripsi-Penelitian-](http://id.scribd.com/doc/106926548/Laporan-Skripsi-Penelitian-Membran)

Membran

3. Flat Sheet Plate and Frame

Bentuknya hampir sama dengan *filter press conventional*, memiliki rangkaian *disk anular* dengan diameter luar 0,3 m ditempatkan setiap sisi *plate* yang berfungsi sebagai tempat membran. Luas permukaan untuk satu modul sebesar 19 m². Contoh gambar dari membran yang memiliki *modul flat sheet plate* dan frame dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 : membran *Flat Sheet Plate and Frame*

Sumber: <http://id.scribd.com/doc/106926548/Laporan-Skripsi-Penelitian-Membran>

2.1.2.8 Hasil Pemurnian Biogas Menggunakan

Penelitian yang dilakukan oleh Ismaila dkk (1998) bertujuan untuk memproduksi membran asimetrik *hollow fiber polysulfone* dengan metode *dry/wet spinning* untuk diujikan pada permeasi gas CO_2/CH_4 . Kondisi operasi normal untuk memurnikan biogas (CO_2/CH_4) yaitu temperatur 25°C dan tekanan 5,1 atm. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Lin dkk. (2001) menunjukkan bahwa faktor-faktor yang berpengaruh pada penggunaan membran *dense flat films polyimide 6 FDA-Durene* untuk pemisahan gas (termasuk pemisahan CO_2/CH_4) antara lain :

- Tekanan (pada range 2 – 10 atm)

Semakin tinggi tekanan maka permeabilitas gas semakin menurun.

- Temperatur (pada range $29 - 50^\circ\text{C}$)

Semakin tinggi temperatur operasi yang digunakan maka permeabilitas semakin meningkat.

- Waktu (280 hari)

Semakin lama waktu proses permeasi gas maka semakin tinggi permeabilitas.

- Ukuran molekul gas yang dipisahkan

Semakin besar ukuran molekul gas (diameter molekul) maka permeabilitas semakin meningkat.

Dari penelitian yang dilakukan didapatkan beberapa hasil. Dari penelitian yang dilakukan ada beberapa variabel dan hasil yang sudah ditulis. Hasil dari penelitian *Performance membran dense flat films polyimide 6 FDA- Durene* untuk pemurnian biogas dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 *Performance membran dense flat films polyimide 6 FDA- Durene* untuk pemurnian biogas

Tekanan (atm) pada T=35°C	Permeabilitas (barrer)		Selektivitas
	CO ₂	CH ₄	CO ₂ /CH ₄
2	677,8	33,7	20,18
3,5	599,5	32,4	18,51
5	546,8	31,7	17,27
7	501,1	29,6	16,95
10	455,8	28,4	16,05

Sumber : <http://id.scribd.com/doc/106926548/Laporan-Skripsi-Penelitian>

Membran

Penelitian yang dilakukan oleh Cao dkk (2002) yaitu memproduksi membran asimetrik *hollow fiber polyimide 6FDA-2,6-DAT* untuk diujikan pada pemurnian biogas (CO₂/CH₄). Membran asimetrik *hollow fiber polyimide 6 FDA - 2,6 – DAT (poly 2,6-toluene-2,2-bis (3,4-dicarboxyphenyl) hexafluoropropane diimide)* mempunyai *performance* yang tinggi untuk pemisahan gas CO₂/CH₄. Modul yang paling sesuai untuk pemisahan gas adalah *hollow fiber* karena modul ini memiliki luas permukaan yang besar.

Hasil penelitian Cao dkk. (2002) pada Tabel 2.2 menunjukkan bahwa membran asimetrik *hollow fiber polyimide 6FDA-2,6-DAT* mempunyai tendensi yang kuat apabila digunakan untuk pemisahan biogas pada kondisi *steady state*. Sedangkan

pada pengujian pemisahan gas untuk gas campuran (CO_2 dan CH_4), selektivitas dan *permeance* gas tidak terlalu tinggi. Perbedaan *performance* membran ini dipengaruhi oleh CO_2 dimana terdapat *induces plasticization*. Hasil penelitian dari biogas dengan menggunakan membrane dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 : Hasil penelitian pemurnian biogas dengan menggunakan membran

no	Sistem uji	Kondisi operasi		Permeance (GPU)		Selektivitas (α)
		T($^{\circ}\text{C}$)	P (atm)	CO_2	CH_4	CO_2/CH_4
1	Biogas Mula-mula (1,5jam)	23	13,6	300	4,60	65
	Setelah 185	23	13,6	76	1,21	63
2	Campuran gas Mula-mula (1,5 jam)	18	13,6	59	1,46	40

Sumber : <http://id.scribd.com/doc/106926548/Laporan-Skripsi-Penelitian>

Membran

2.2 Biogas

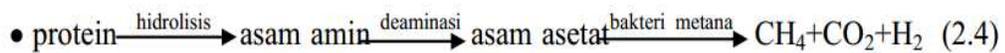
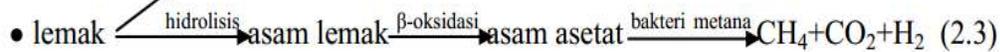
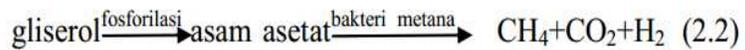
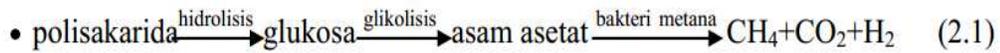
2.2.1 Pengertian Biogas

Biogas merupakan bahan bakar gas dan bahan bakar yang dapat diperbaharui (*renewable fuel*) yang dihasilkan secara *anaerobic digestion* atau fermentasi anaerob. Bahan yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan biogas yaitu bahan *biodegradable* seperti biomassa (bahan organik bukan fosil), kotoran, sampah padat hasil aktivitas perkotaan dan lain-lain. Akan tetapi, biogas biasanya dibuat dari kotoran ternak seperti kerbau, sapi, kambing, kuda dan lain-lain. Kandungan utama biogas adalah gas metana (CH_4) dengan konsentrasi sebesar 50–70 % vol. Kandungan lain dalam biogas yaitu gas karbon dioksida (CO_2), gas hidrogen (H_2), gas nitrogen (N_2), gas karbon monoksida (CO) dan gas hydrogen sulfida (H_2S). Gas dalam biogas yang dapat berperan sebagai bahan bakar yaitu gas metana (CH_4), gas hidrogen (H_2) dan gas CO (Price dan Cheremisinoff, 1981).

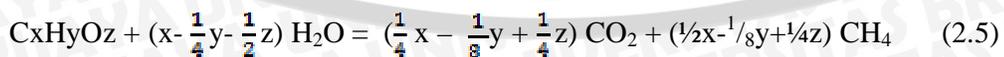
2.2.2 Proses Pembuatan Biogas

Proses membuat biogas dilakukan secara fermentasi yaitu proses terbentuknya gas metana dalam kondisi anaerob dengan bantuan bakteri anaerob di dalam suatu tempat sehingga akan dihasilkan gas metana (CH₄) dan gas karbon dioksida (CO₂) yang volumenya lebih besar dari gas hidrogen (H₂), gas nitrogen (N₂) dan asam sulfida (H₂S). Proses fermentasi memerlukan waktu 7 sampai 10 hari untuk menghasilkan biogas dengan suhu optimum 35°C dan pH optimum pada range 6,4– 7,9. Biogas yang dibuat dari kotoran ternak sapi mengandung gas metana (CH₄) sebesar 55–65 %, gas karbon dioksida (CO₂) sebesar 30–35 % dan sedikit gas hidrogen (H₂), gas nitrogen (N₂) dan gas-gas lain. Panas yang dihasilkan sebesar 600 BTU/cuft setara dengan (22,38 kJ / L). Sedangkan, biogas yang dibuat dari gas alam mengandung gas metana (CH₄) sebesar 80 % dengan panas sebesar 1000 BTU/cuft atau setara dengan (37,3 kJ/L). Kandungan gas metana (CH₄) dari biogas dapat ditingkatkan dengan memisahkan gas karbon dioksida (CO₂) dan gas hydrogen sulfida (H₂S) yang bersifat korosif (Price dan Cheremisinoff, 1981).

Reaksi pembentukan metana dari bahan-bahan organik yang dapat terdegradasi dengan bantuan enzim maupun bakteri dapat dilihat sebagai berikut:



Secara umum, reaksi pembentukan CH₄ yaitu :



Sebagai contoh, pada pembuatan biogas dari bahan baku kotoran sapi atau kerbau yang banyak mengandung selulosa. Bahan baku dalam bentuk selulosa akan lebih mudah dicerna oleh bakteri anaerob.: (Price dan Cheremisinoff,1981).

Reaksi pembentukan CH₄ adalah



Reaksi kimia pembuatan biogas (gas metana) ada 3 tahap, yaitu :

1. Reaksi Hidrolisa / Tahap pelarutan

Pada tahap ini bahan yang tidak larut seperti selulosa, polisakarida dan lemak diubah menjadi bahan yang larut dalam air seperti karbohidrat dan asam lemak. Tahap pelarutan berlangsung pada suhu 25°C di digester (Price dan Cheremisinoff, 1981).

Reaksi:



2. Reaksi Asidogenik / Tahap pengasaman

Pada tahap ini, bakteri asam menghasilkan asam asetat dalam suasana anaerob. Tahap ini berlangsung pada suhu 25°C di digester (Price dan Cheremisinoff,1981).

Reaksi:



glukosa

etanol

karbon dioksida



glukosa

karbon

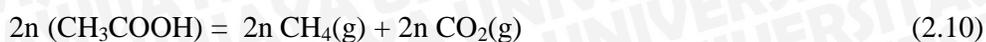
asam

metana

3. Reaksi Metanogenik / Tahap gasifikasi

Pada tahap ini, bakteri metana membentuk gas metana secara perlahan secara anaerob. Proses ini berlangsung selama 14 hari dengan suhu 25°C di dalam digester. Pada proses ini akan dihasilkan 70% CH₄, 30 % CO₂, sedikit H₂ dan H₂S (Price dan Cheremisinoff, 1981)

Reaksi:



asam

metana

karbon

2.2.3 Komposisi Biogas

Komposisi biogas yang dihasilkan sangat tergantung pada jenis bahan baku yang digunakan. Namun demikian, komposisi biogas yang utama adalah gas metana (CH_4) dan gas karbon dioksida (CO_2) dengan sedikit *hidrogen sulfida* (H_2S). Komponen lainnya yang ditemukan dalam kisaran konsentrasi kecil (*trace element*) antara lain senyawa sulfur organik, senyawa hidrokarbon terhalogenasi (*Halogenated hydrocarbons*), gas hidrogen (H_2), gas nitrogen (N_2), gas karbon monoksida (CO) dan gas oksigen (O_2). (Wellinger and Lindenberg 2000).

2.2.4 Masalah pada Biogas

Masalah yang muncul ketika biogas baru diproduksi adalah komposisi biogas itu sendiri karena biogas mengandung beberapa gas lain yang tidak menguntungkan. Untuk mendapatkan hasil pembakaran yang optimal perlu dilakukan proses pemurnian/penyaringan. Beberapa gas yang tidak menguntungkan antara lain :

1) Gas Karbon dioksida (CO_2)

Gas CO_2 dalam biogas perlu dihilangkan karena gas tersebut dapat mengurangi nilai kalor pembakaran biogas. Selain itu, kandungan gas karbon dioksida (CO_2) dalam biogas cukup besar yaitu sekitar 30 – 45 % sehingga nilai kalor pembakaran biogas akan berkurang cukup besar. Nilai kalor pembakaran gas metana murni pada tekanan 1 atm dan temperatur $15,5\text{ }^\circ\text{C}$ yaitu 9100 Kkal/m³ (12.740 Kkal/kg). Sedangkan nilai kalor pembakaran biogas sekitar 4.800 – 6.900 Kkal/m³ (6.720 – 9660 Kkal/kg) (Harasimowicz dkk., 2007).

2) Gas Hidrogen Sulfida (H_2S)

konsentrasi gas ini dalam biogas relatif kecil $\pm 0,1 - 2\%$. Gas ini bersifat korosif sehingga konsentrasi yang besar dalam biogas dapat menyebabkan korosi pada ruang pembakaran. Selain itu, gas ini mempunyai aroma yang tidak sedap, bersifat racun dan hasil pembakarannya menghasilkan gas sulfur dioksida (SO_2). Menurut (Lastella dkk. 2002).

2.2.5 Manfaat Biogas dalam Kehidupan

Manfaat pembuatan biogas dari kotoran ternak antara lain :

1. Gas yang dihasilkan dapat mengganti *fuel* seperti LPG atau natural gas, dimana 1,7 m³ biogas setara dengan 1 liter *gasoline*. Pupuk sapi yang dihasilkan dari satu sapi dalam satu tahun dapat dikonversi menjadi gas metana yang setara dengan lebih dari 200 liter *gasoline*
2. Gas yang dihasilkan dapat digunakan untuk sumber energi menyalakan lampu, dimana 1 m³ biogas dapat digunakan untuk menyalakan lampu 60 Watt selama 7 jam. Hal ini berarti bahwa 1m³ biogas menghasilkan energi = 60 W x 7 jam = 420 Wh = 0,42 kWh
3. Limbah digester biogas, baik yang padat maupun cair dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik. Limbah padat digunakan untuk pupuk. Pupuk yang dihasilkan baik karena mengandung unsur hara yang tinggi selain itu dapat memperbaiki fungsi struktur tanah. Limbah cair digunakan untuk menyiram tanaman karena mengandung unsur hara yang dibutuhkan tanaman.

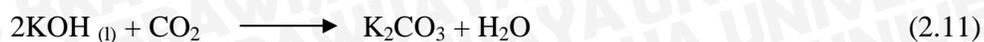
2.3 Bubble Generator

Pengertian dari *bubble* generator adalah alat yang digunakan untuk memunculkan gelembung. *Bubble generator* dibuat dari pipa yang diberi lubang dengan diameter yang sudah ditentukan. *Bubble* generator dilewati oleh biogas dan akan menimbulkan atau memunculkan gelembung-gelembung yang dimana nanti diharapkan bisa berikatan dengan larutan yang digunakan.

Seperti yang dijelaskan di atas sebenarnya *bubble* generator sama fungsinya kerjanya dengan membran. Tetapi dalam hal ini seperti membran sederhana jadi fungsinya akan dilewati biogas dan menimbulkan gelembung pada larutan.

2.4 Pengaruh KOH

Pengaruh KOH data larutan biogas disini sangat berperan. Dimana pengaruhnya dalam hal ini untuk menyerap CO₂. Karena kita ketahui disini bahwa KOH bisa melakukan penyerapan tersebut. Dari yang dapat dilihat rumus pengikatan KOH dengan gas CO₂ adalah :



Dari rumus kimia diatas bisa didapatkan bahwa larutan KOH dapat menyerap gas CO_2 . Sehingga dapat melakukan proses pemurnian biogas untuk meningkatkan nilai kalor dari CH_4 .

2.5 Hipotesa

Dari beberapa sumber yang ada disini bisa di ambil kesimpulan sementara bahwa semakin kecilnya lubang *bubble* generator yang digunakan maka semakin baik untuk memurnikan biogas yang dipakai. Karena semakin kecilnya lubang *bubble generator* yang dipakai semakin tinggi performanya dalam menyerap gas-gas yang tidak diinginkan dalam proses pembakaran.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimental (*experimental research*), yaitu melakukan pengamatan langsung untuk mencari data sebab-akibat dalam suatu proses melalui eksperimen sehingga dapat mengetahui pengaruh variasi lubang *bubble generator* terhadap proses pemurnian biogas dengan menggunakan metode *bubble purification*.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di dua tempat yaitu Laboratorium Motor Bakar Universitas Brawijaya pada saat menggunakan gas CO₂ dan CH₄ murni, kemudian dilanjutkan menggunakan biogas langsung di Desa Tegalweru Kecamatan Dau – Batu, sedangkan waktu pelaksanaan penelitian dilakukan pada tanggal 15 Oktober – 10 November 2013

3.3 Prosedur Pelaksanaan 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 aquarium untuk wadah dari larutan, pembuatan saluran untuk masuknya gas, pembuatan lubang *biogas generator* pada pipa, pemasangan flowmeter, dan pemasangan *valve*. Kemudian mempersiapkan bahan-bahan yang digunakan untuk pengujian.

4. Perancangan Instalasi

Perancangan instalasi dimulai dari pemasangan selang pada sumber gas kemudian disambungkan ke kompressor untuk penambahan tekanan pada gas kemudian pemasangan selang pada *flowmeter* dan kemudian dimasukan ke pipa yang sudah disiapkan. kemudian pemasangan *flowmeter* pada sumber keluarnya gas pada aquarium larutan dan pemasangan alat uji kandungan gas. Dan pemasangan *vacuum pump* yang nantinya digunakan untuk memvacuum kan aquarium sebelum pengambilan data

5. Pengambilan Data

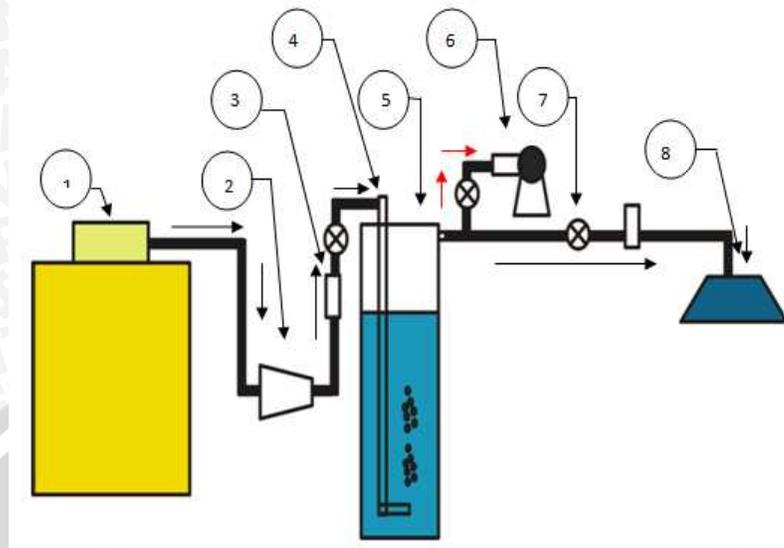
Pengambilan data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah kadar kandungan CH_4 dan CO_2 pada biogas yang digunakan, ketinggian larutan KOH dengan H_2O , debit yang masuk, dan kandungan CH_4 dan CO_2 pada saat biogas sudah dikenai proses. Untuk setiap variasi dilakukan sebanyak 5 kali pengambilan data.

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

3.4 Instalasi Penelitian

Seperti yang dijelaskan pada sub bab prosedur pelaksanaan penelitian. Dimana pada sub bab tersebut dijelaskan bahwa terdapat penjelasan tentang perancangan instalasi pada penelitian yang akan dilakukan. Untuk mempermudah dalam perancangan instalasi sebaiknya dibuat gambar agar lebih jelas. Gambar dari rancangan instalasi dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.1. Pada gambar 3.1 terdapat juga keterangan setiap bagian yang sudah ditandai dengan angka-angka.



Gambar 3.1 Instalasi penelitian

Keterangan:

1. Tabung biogas
2. Kompresor
3. *Flowmeter*
4. Saluran pipa ($\text{Ø} = 6 \text{ mm}$)
5. Aquarium
6. *Vacuum pump*
7. Katup
8. *Gas chromatography*

3.5 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Kompresor

Dalam penelitian dengan menggunakan gas biogas mendapat beberapa masalah. Masalah yang muncul disini adalah dimana biogas yang digunakan tidak memiliki tekanan yang cukup agar bisa masuk menuju ke aquarium. Kompresor digunakan untuk menambah tekanan pada biogas yang digunakan. Gambar dari kompresor dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 *Kompresor*

2. *flowmeter*

Adalah alat digunakan untuk mengetahui debit yang masuk dan keluar. Karena dalam penelitian ini debit berpengaruh maka diperlukan alat pengukur debit untuk mengetahui debit yang digunakan. Gambar dari *flowmeter* dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 *flowmeter*

3. Aquarium

Berfungsi sebagai wadah yang digunakan untuk menampung larutan KOH dengan H_2O .

4. *Vacuum pump*

Alat digunakan untuk menarik udara keluar agar dalam wadah atau aquarium dalam keadaan *vacuum*. Hal ini dilakukan karena ditakutkan pada penelitian yang dilakukan ada udara lain yang dapat mempengaruhi dari hasil yang diinginkan. Gambar dari *vacuum pump* dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 Vacuum pump

5. Valve

Digunakan untuk membuka dan menutup saluran.

6. Gas chromatography

Penelitian ini melakukan pengecekan terhadap kandungan dari gas CH_4 dan CO_2 sehingga diperlukan alat yang dapat mengetahui kandungan dari gas tersebut. Disini kami menggunakan *gas chromatography*. Gambar dari *gas chromatography* dapat dilihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Gas chromatography

Sumber : <http://electronics.bluestarindia.com/AnaIns/images/7900GC.gif>

7. Regulator

Digunakan untuk membuat agar tekanan yang keluar dapat keluar secara stabil

8. Seal

Digunakan untuk mencegah kebocoran pada saat melakukan pengujian

3.6 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Variabel bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah variasi lubang pada *bubble generator* yang digunakan. Untuk menimbulkan dari *bubble* dalam larutan. Diperlukan sebuah alat yang diberi nama *bubble generator*. Alatnya berupa sebuah pipa yang diberi lubang agar apabila biogas melewati lubang tersebut akan membentuk gelembung pada larutan. Besar lubang disini yang divariasikan. Disini menggunakan besar lubang dengan diameter 1 mm; 0,8mm; 0,5mm

2. Variabel terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kandungan CO₂ dan kandungan CH₄ setelah pemrosesan. Setelah dilakukan proses pemurnian untuk melihat hasil pemrosesan maka kita ambil sampel gas untuk melihat dari hasil pemrosesan. Pengujian terhadap berhasil atau tidaknya proses dilihat dari kandungan gas CO₂ dan CH₄ setelah proses.

3. Variabel terkontrol

Yaitu variabel yang nilainya dijaga konstan selama pengujian. Variabel terkontrol dalam penelitian ini adalah :

- Pada percobaan ini variabel terkontrolnya adalah konsentrasi yang diinginkan yaitu : 0,99 % massa KOH (*Sodium Hidoksida*)
- Waktu pengambilan data 10 menit setelah proses

3.7 Metode Pengambilan Data

Untuk mendapatkan data penelitian yang diinginkan, maka langkah-langkah yang dilakukan yang pertama yaitu pengujian gas CO₂ murni terlebih dahulu, kemudian dilanjutkan dengan pengujian pada gas CH₄ murni. Setelah mengetahui hasil dengan menggunakan gas CO₂ dan CH₄ murni barulah menggunakan gas biogas yang sebenarnya.

a) Untuk mengetahui keberhasilan dari suatu alat dengan pengujian menggunakan gas CO₂ murni :

1. Mempersiapkan semua peralatan yang diperlukan.

2. Campur larutan kimia KOH + H₂O sesuai dengan kadar yang diinginkan
 3. Masukkan larutan tersebut ke wadah penampung larutan (aquarium).
 4. Pasang saluran pipa yang sudah diberi *bubble generator*.
 5. Tutup dari penutup aquarium dengan memberikan seal agar tidak terjadi kebocoran saat pengujian.
 6. Pasang *vacuum pump* pada saluran keluar. Dan kemudian akrifkan *vacuum pump* tersebut untuk memvacuumkan sebelum dilakukan pemasukan gas CO₂ murni.
 7. Setelah sudah dalam keadaan *vacuum*. Pasang saluran ke tabung yang berisikan CO₂ murni terlebih dahulu.
 8. Membuka *stop valve* tabung CO₂ pada kecepatan aliran tertentu.
 9. Buka *regulator* dari tabung agar tekanan yang dikeluarkan dapat stabil
 10. Lihat perbedaan ketinggian pada alat ukur *manometer grid* yang dipasang sebelum saluran pipa yang ada dalam aquarium.
 11. Kemudian setelah waktu yang ditentukan *stop valve* pada saluran keluar dibuka.
 12. Lihat perbedaan ketinggian pada alat ukur manometer grid yang dipasang
 13. Lakukan pengambilan data
 14. Lakukan langkah 2-13 dengan variabel terikat yang ditentukan.
 15. Lakukan pengolahan data yang sudah di dapat
- b) Untuk mengetahui keberhasilan dari suatu alat dengan pengujian menggunakan gas CH₄ murni :
1. Mempersiapkan semua peralatan yang diperlukan.
 2. Campur larutan kimia KOH + H₂O sesuai dengan kadar yang diinginkan
 - Masukkan larutan tersebut ke wadah penampung larutan (aquarium).
 3. Pasang saluran pipa yang sudah diberi *bubble generator*.
 4. Tutup dari penutup aquarium dengan memberikan *seal* agar tidak terjadi kebocoran saat pengujian.

5. Pasang *vacuum pump* pada saluran keluar. Dan kemudian aktifkan *vacuum pump* tersebut untuk memvacuumkan sebelum dilakukan pemasukan gas CH₄ murni.
 6. Setelah sudah dalam keadaan *vacuum*. Pasang saluran ke tabung yang berisikan CH₄ murni terlebih dahulu.
 7. Membuka *stop valve* tabung CH₄ pada kecepatan aliran tertentu.
 8. Lihat perbedaan ketinggian pada alat ukur *manometer grid* yang dipasang sebelum saluran pipa yang ada dalam aquarium.
 9. Kemudian setelah waktu yang ditentukan *stop valve* pada saluran keluar dibuka.
 10. Buka *regulator* dari tabung agar tekanan yang dikeluarkan dapat stabil
 11. Lihat perbedaan ketinggian pada alat ukur *manometer grid* yang dipasang
 12. Lakukan pengambilan data
 13. Lakukan langkah 2-13 dengan variabel terikat yang ditentukan.
 14. Lakukan pengolahan data yang sudah di dapat
- c) Percobaan menggunakan gas biogas:
1. Mempersiapkan semua peralatan yang diperlukan.
 2. Uji kandungan gas biogas sebelum dilakukan pemrosesan dengan menggunakan alat *gas chromatography*.
 3. Campur larutan kimia KOH + H₂O sesuai dengan kadar yang diinginkan
 4. Masukkan larutan tersebut ke wadah penampung larutan (aquarium).
 5. Pasang saluran pipa yang sudah diberi *bubble generator*.
 6. Tutup dari penutup aquarium dengan memberikan seal agar tidak terjadi kebocoran saat pengujian.
 7. Pasang *vacuum pump* pada saluran keluar. Dan kemudian aktifkan *vacuum pump* tersebut untuk memvacuumkan sebelum dilakukan pemasukan gas biogas.
 8. Setelah sudah dalam keadaan *vacuum*. Pasang saluran ke tabung yang berisikan biogas terlebih dahulu.

9. Sambungkan dengan kompresor untuk menambahkan tekanan pada biogas
10. Membuka *stop valve* tabung biogas.
11. Aktifkan kompresor. Buka *stop valve* yang ada pada kompresor.
12. Buka *regulator* agar tekanan yang dikeluarkan dapat stabil
13. Lihat debit dengan menggunakan alat ukur *flowmeter*.
14. Buka *stop valve* pada saluran pipa masuk.
15. Kemudian setelah waktu yang ditentukan *stop valve* pada saluran keluar dibuka.
16. Kemudian lihat kandungan gas biogas setelah dilakukan pemrosesan dengan alat *gas chromatography*.
17. Lakukan pengambilan data
18. Lakukan langkah 2-17 dengan variabel terikat yang ditentukan.
19. Lakukan pengolahan data yang sudah di dapat.

3.8 Perhitungan Pengolahan Data

- a. Perhitungan data yang didapat dari *manometer grid* untuk mencari debit.

Rumus-rumus yang digunakan adalah :

$$\Delta h = h_1 - h_2 \quad (3.1)$$

keterangan :

Δh = Perbedaan ketinggian dari hasil *manometer grid*

h_1 = Ketinggian awal (m)

h_2 = Ketinggian akhir (m)

Setelah didapat dari (Δh), maka kemudian dapat dicari dari perbedaan tekanan dengan rumus :

$$\Delta p = \rho \cdot g \cdot \Delta h \quad (3.2)$$

keterangan :

Δp = Perbedaan tekanan (N/m^2)

ρ = Massa jenis gas yang dipakai (gr/m^3)

g = Percepatan gravitasi ($9,8 \text{ m/s}^2$)

kemudian dapat mencari dari kecepatan alir dengan rumus :

$$v = \sqrt{2 \cdot \Delta p \cdot r} \quad (3.3)$$

keterangan :

v = kecepatan alir (m/s)

kemudian hitung dengan rumus

$$Q = v \cdot a \quad (3.4)$$

keterangan :

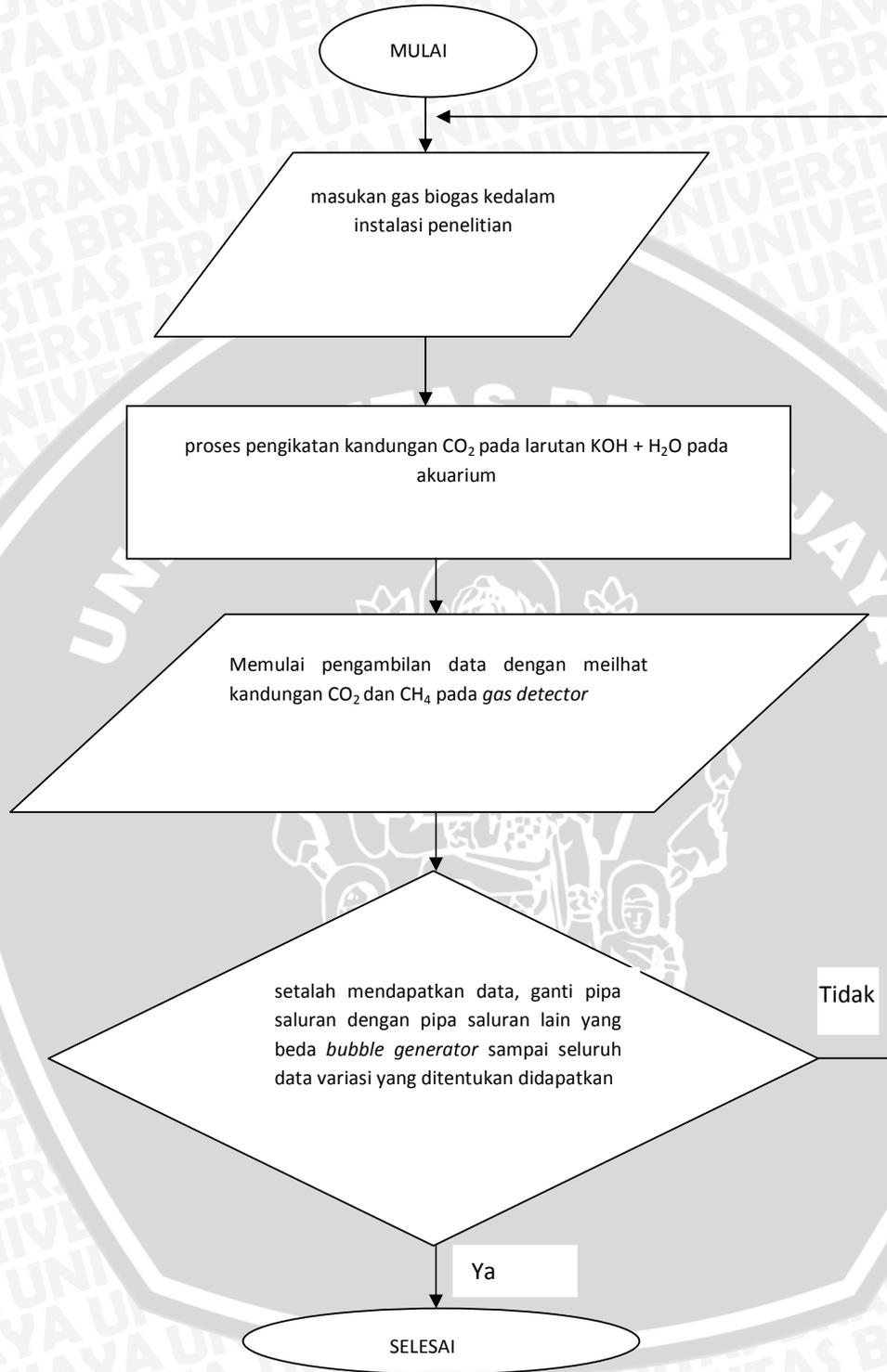
Q = debit (m^3/s)

a = luas penampang (m)

Setelah ditemukan Q (debit dari hasil dan masukan) kemudian kurangkan untuk mengetahui jumlah debit yang terikat.

3.9 Diagram Alir Penelitian

Untuk mempermudah dalam menjalankan penelitian sangat penting disini membuat diagram alir penelitian untuk sebagai petunjuk dalam menjalankan penelitian.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian

Dalam penelitian yang dilakukan pertama-tama sebelum menuju langsung menggunakan biogas. Dilakukan penelitian dengan menggunakan CH_4 dan CO_2 murni. Penelitian ini dilakukan untuk melihat pengaruh besar lubang *bubble generator* terhadap penyerapan CH_4 dan CO_2 murni pada metode penelitian yang digunakan.

Data hasil pengaruh variasi lubang *bubble generator* terhadap hasil pemurnian biogas dengan menggunakan metode *bubble purification* ditunjukkan pada tabel 4.1; 4.2; 4.3; 4.4; dst untuk penelitian dengan menggunakan gas CO_2 dan CH_4 murni.

Pada tabel pertama yaitu tabel 4.1. Pada tabel tersebut dapat dilihat Data hasil penelitian dengan menggunakan CO_2 murni dengan menggunakan lubang *bubble generator* $d = 1 \text{ mm}$ dengan variasi lama tinggal *bubble*. Untuk lebih memperjelas dari isi tabel 4.1 dan tabel 4.2 sebelumnya dapat dilihat keterangan seperti berikut:

- t = Waktu tinggal bubble dalam larutan (s)
- Q_{in} = Debit CO_2 yang masuk (m^3/h)
- Q_{out} = Debit CO_2 yang keluar (m^3/h)
- Q = Debit CO_2 yang terikat (m^3/h)
- % CO_2 = Gas CO_2 yang terikat

Tabel 4.1 Data hasil penelitian dengan menggunakan CO₂ murni dengan menggunakan lubang *bubble generator* d= 1 mm dengan variasi lama tinggal *bubble*

tinggi larutan [m]	t [s]	Q _{in} [m ³ /h] .10 ⁻¹⁰	Q _{out} [m ³ /h] 10 ⁻¹⁰	Q[m ³ /h] 10 ⁻¹⁰	%CO ₂
0,6	2	11,22	10,83	0,38	3%
0,8	3	11,22	9,60	1,61	14%
1	4	11,22	8,68	2,53	23%
1,2	5	11,22	8,19	3,03	27%

Selain variasi dari diameter lubang menggunakan besar 1 mm digunakan sebagai pembanding atau variasi yaitu lubang diameter 0.8. Hasil dari penelitian dengan menggunakan CO₂ murni dengan menggunakan lubang *bubble generator* d= 0.8 mm dengan variasi lama tinggal *bubble* dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data hasil penelitian dengan menggunakan CO₂ murni dengan menggunakan lubang *bubble generator* d= 0.8 mm dengan variasi lama tinggal *bubble*

tinggi larutan [m]	t [s]	Q _{in} [m ³ /h] .10 ⁻¹⁰	Q _{out} [m ³ /h] 10 ⁻¹⁰	Q[m ³ /h] 10 ⁻¹⁰	%CO ₂
0,6	2	11,22	10,03	1,18	11%
0,8	3	11,22	9,16	2,29	20%
1	4	11,22	8,19	3,03	27%
1,2	5	11,22	7,93	4,12	37%

Kemudian untuk melihat pengaruh lubang diameter pada gas CH₄ dilakukan penelitian dengan menggunakan gas tersebut. Untuk variasi dari lubang disamakan yaitu menggunakan variasi lubang dengan besar 1mm dan 0,8 mm.

Untuk hasil dari penelitian dengan menggunakan CH_4 dapat dilihat pada tabel 4.3 dan tabel 4.4. Ada pun keterangan dari kedua tabel tersebut sebagai berikut :

- t = Waktu tinggal *bubble* dalam larutan (s)
- Q_{in} = Debit CH_4 yang masuk (m^3/h)
- Q_{out} = Debit CH_4 yang keluar (m^3/h)
- Q = Debit CH_4 yang terikat (m^3/h)
- % CH_4 = Gas CH_4 yang terikat

Dapat dilihat pada tabel 4.3 disitu adalah hasil dari penelitian dengan menggunakan CH_4 murni dengan menggunakan lubang *bubble generator* $d= 1$ mm dengan variasi tinggal *bubble*.

Tabel 4.3 Data hasil penelitian dengan menggunakan CH_4 murni dengan menggunakan lubang *bubble generator* $d= 1$ mm dengan variasi tinggal *bubble*

tinggi larutan [m]	t [s]	$Q_{in}[\text{m}^3/\text{h}]$ 10^{-10}	$Q_{out}([\text{m}^3/\text{h}]$ 10^{-10}	Q[m^3/h]	% CH_4
0,6	2	11,22	11,22	0	0
0,8	3	11,22	11,22	0	0
1	4	11,22	11,22	0	0
1,2	5	11,22	11,22	0	0

Kemudian dilihat pada tabel 4.4 disitu adalah hasil dari penelitian dengan menggunakan CH_4 murni dengan menggunakan lubang *bubble generator* $d= 0,8$ mm dengan variasi tinggal *bubble*

Tabel 4.4 Data hasil penelitian dengan menggunakan CH₄ murni dengan menggunakan lubang *bubble generator* d= 0.8 mm dengan variasi lama tinggal *bubble*

tinggi larutan [m]	t [s]	Q _{in} [m ³ /h] 10 ⁻¹⁰	Q _{out} [m ³ /h] 10 ⁻¹⁰	Q[m ³ /h]	%CH ₄
0,6	2	11,22	11,22	0	0
0,8	3	11,22	11,22	0	0
1	4	11,22	11,22	0	0
1,2	5	11,22	11,22	0	0

Selain memvariasikan dari lama tinggal *bubble* berikutnya sesuai dengan variasi yang ditentukan berikutnya kita akan melihat hasil dari variasi debit yang masuk yang dijelaskan dibawah ini pada tabel 4.5;4.6;4.7;4.8. Pada tabel tersebut dijelaskan secara detail dari hasil penelitian dengan menggunakan variasi debit dan lubang *bubble generator* yang sudah ditentukan.

Pertama yaitu penelitian dengan menggunakan CO₂ murni dengan menggunakan lubang *bubble generator* d= 1 mm dengan variasi debit. Untuk hasil dari penelitiannya dapat dilihat pada tabel 4.5. Dengan keterangan seperti berikut :

Q_{in} = Debit CO₂ yang masuk (m³/h)

Q_{out} = Debit CO₂ yang keluar (m³/h)

Q = Debit CO₂ yang terikat (m³/h)

% CO₂ = Gas CO₂ yang terikat

Tabel 4.5 Data hasil penelitian dengan menggunakan CO₂ murni dengan menggunakan lubang *bubble generator* d= 1 mm dengan variasi debit

tinggi larutan [m]	Q _{in} [m ³ /h] 10 ⁻¹⁰	Q _{out} [m ³ /h] 10 ⁻¹⁰	Q[m ³ /h] 10 ⁻¹⁰	%CO ₂
1.2	6,5	4,10	2,38	37%
1.2	9,2	7,93	1,23	13%
1.2	11,2	10,44	0,77	7%
1.2	13,0	12,62	0,33	3%
1.2	14,5	14,33	0,15	1%

Kemudian memvariasikan penelitian berikutnya yaitu menggunakan CO₂ murni dengan menggunakan lubang *bubble generator* d= 0,8 mm dengan variasi debit. Hasil dari penelitian ini dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Data hasil penelitian dengan menggunakan CO₂ murni dengan menggunakan lubang *bubble generator* d= 0,8 mm dengan variasi debit

tinggi larutan [m]	Q _{in} [m ³ /h] 10 ⁻¹⁰	Q _{out} [m ³ /h] 10 ⁻¹⁰	Q[m ³ /h] 10 ⁻¹⁰	%CO ₂
1.2	6,5	2,90	3,58	55%
1.2	9,2	7,66	1,50	16%
1.2	11,2	10,03	1,18	11%
1.2	13,0	12,29	0,66	5%
1.2	14,5	14,19	0,29	2%

Setelah menggunakan gas CO₂ juga kembali dilakukan dengan menggunakan gas CH₄ yang dijelaskan pada tabel 4.7 dan tabel 4.8 dengan keterangan sebagai berikut :

Q_{in} = Debit CH₄ yang masuk (m³/h)

Q_{out} = Debit CH₄ yang keluar (m³/h)

Q = Debit CH₄ yang terikat (m³/h)

% CH₄ = Gas CH₄ yang terikat

Dan hasil dari penelitian dengan menggunakan CH₄ murni dengan menggunakan lubang *bubble generator* d= 1 mm dengan variasi debit dapat dilihat pada tabel 4.7.

Tabel 4.7 Data hasil penelitian dengan menggunakan CH₄ murni dengan menggunakan lubang *bubble generator* d= 1 mm dengan variasi debit

tinggi larutan [m]	Q _{in} [m ³ /h] 10 ⁻¹⁰	Q _{out} [m ³ /h] 10 ⁻¹⁰	Q[m ³ /h] 10 ⁻¹⁰	%CH ₄
1.2	6,48	6,48	0	0%
1.2	9,16	9,16	0	0%
1.2	11,22	11,22	0	0%
1.2	12,95	12,95	0	0%
1.2	14,48	14,48	0	0%

Data hasil dari penelitian dengan menggunakan CH₄ murni dengan menggunakan lubang *bubble generator* d= 0,8 mm dengan variasi debit dapat dilihat pada tabel 4.8.

Tabel 4.8 Data hasil penelitian dengan menggunakan CH₄ murni dengan menggunakan lubang *bubble generator* d= 0,8 mm dengan variasi debit

tinggi larutan [m]	Q _{in} [m ³ /h] 10 ⁻¹⁰	Q _{out} [m ³ /h] 10 ⁻⁰⁹	Q[m ³ /h] 10 ⁻¹⁰	%CH ₄
1.2	6,48	6,48	0	0%
1.2	9,16	9,16	0	0%
1.2	11,22	11,22	0	0%
1.2	12,95	12,95	0	0%
1.2	14,48	14,48	0	0%

4.2 Data Hasil Penelitian dengan Menggunakan Biogas

Data hasil pengaruh variasi lubang *bubble generator* terhadap proses pemurnian biogas dengan menggunakan metode *bubble purification* ditunjukkan pada tabel 4.9; 4.10; 4.11; 4.12; dst untuk penelitian dengan menggunakan gas biogas. Keterangan dari tabel dapat dilihat pada penjelasan berikut :

t = Waktu tinggal *bubble* dalam larutan (s)

% CO₂ in = Prosentase gas CO₂ yang masuk

% CH₄ in = Prosentase gas CH₄ yang masuk

Q_{in} = Debit CH₄ yang masuk (m³/h)

Q_{out} = Debit CH₄ yang keluar (m³/h)

Q = Debit CH₄ yang terikat (m³/h)

% CO₂ = Prosentase gas CO₂ yang keluar

% CH₄ = Prosentase gas CH₄ yang keluar

Pada tabel 4.9 dapat dilihat hasil dari penelitian dengan menggunakan biogas murni dengan menggunakan lubang *bubble generator* $d = 1$ mm dengan variasi lama tinggal *bubble*.

Tabel 4.9 Data hasil penelitian dengan menggunakan biogas murni dengan menggunakan lubang *bubble generator* $d = 1$ mm dengan variasi lama tinggal *bubble*.

tinggi larutan [m]	t[s]	% CO ₂ in	% CH ₄ in	Q _{in} [m ³ /h]	Q out [m ³ /h]	% CO ₂ out	% CH ₄ out
0,4	1	35,5	48,5	0,3	0,3	20	48,5
0,6	2	35,5	48,5	0,3	0,275	17	56
0,8	3	35,5	48,5	0,3	0,2	15,5	57,5
1	4	35,5	48,5	0,3	0,2	13	61
1,2	5	35,5	48,5	0,3	0,1	10	64

Pada tabel 4.10 dapat dilihat hasil dari penelitian dengan menggunakan biogas murni dengan menggunakan lubang *bubble generator* $d = 0,8$ mm dengan variasi lama tinggal *bubble*.

Tabel 4.10 Data hasil penelitian dengan menggunakan biogas murni dengan menggunakan lubang *bubble generator* $d= 0,8$ mm dengan variasi lama tinggal *bubble*

tinggi larutan [m]	t[s]	% CO ₂ in	% CH ₄ in	Q _{in} [m ³ /h]	Q _{out} [m ³ /h]	% CO ₂ out	% CH ₄ out
0,4	1	35,5	48,5	0,3	0,25	17,5	55,5
0,6	2	35,5	48,5	0,3	0,25	15	58
0,8	3	35,5	48,5	0,3	0,2	13,5	60
1	4	35,5	48,5	0,3	0,2	11	62,5
1,2	5	35,5	48,5	0,3	0,1	8,5	67

Kemudian pada tabel 4.11 dapat dilihat hasil dari penelitian dengan menggunakan biogas murni dengan menggunakan lubang *bubble generator* $d = 0,5$ mm dengan variasi lama tinggal *bubble*.

Tabel 4.11 Data hasil penelitian dengan menggunakan biogas murni dengan menggunakan lubang *bubble generator* $d= 0,5$ mm dengan variasi lama tinggal *bubble*

tinggi larutan [m]	t[s]	% CO ₂ in	% CH ₄ in	Q _{in} [m ³ /h]	Q _{out} [m ³ /h]	% CO ₂ out	% CH ₄ out
0,4	1	35,5	48,5	0,3	0,2	11,5	62
0,6	2	35,5	48,5	0,3	0,15	10,5	63
0,8	3	35,5	48,5	0,3	0,1	9,5	65,5
1	4	35,5	48,5	0,3	0,1	9	66,5
1,2	5	35,5	48,5	0,3	0,05	6,5	69

Dalam penelitian ini seperti pada yang dijelaskan bahwa selain ada variasi dari lama tinggal *bubble* dalam larutan ada juga yaitu variasi debit yang dimasukkan. yang dijelaskan pada tabel 4.12;4.13; dan 4.14.

Pertama dilakukan penelitian dengan menggunakan biogas murni dengan menggunakan lubang *bubble generator* $d= 1$ mm dengan variasi debit. untuk hasil dari penelitian tersebut dapat dilihat pada tabel 4.12.

Tabel 4.12 Data hasil penelitian dengan menggunakan biogas murni dengan menggunakan lubang *bubble generator* $d= 1$ mm dengan variasi debit

Qin	Q out	tinggi larutan (m)	% CO ₂ in	% CH ₄ in	% CO ₂ out	% CH ₄ out
0,3	0,2	0,8	35,5	48,5	15,5	57,5
0,4	0,25	0,8	35,5	48,5	18	54
0,5	0,3	0,8	35,5	48,5	20,5	52
0,6	0,4	0,8	35,5	48,5	24,5	51
0,8	0,6	0,8	35,5	48,5	25,5	49

Kemudian variasi yang kedua yaitu penelitian dengan menggunakan biogas murni dengan menggunakan lubang *bubble generator* $d= 0.8$ mm dengan variasi debit. Hasil penelitian tersebut dapat dilihat pada tabel 4.13.

Tabel 4.13 Data hasil penelitian dengan menggunakan biogas murni dengan menggunakan lubang *bubble generator* $d= 0.8$ mm dengan variasi debit

Qin	Q out	tinggi larutan (m)	% CO ₂ in	% CH ₄ in	% CO ₂ out	% CH ₄ keluar
0,3	0,2	0,8	35,5	48,5	13,5	60
0,4	0,25	0,8	35,5	48,5	16	57
0,5	0,25	0,8	35,5	48,5	18	53,5
0,6	0,35	0,8	35,5	48,5	22,5	51,5
0,8	0,5	0,8	35,5	48,5	25	49,5

Variasi yang terakhir yaitu penelitian dengan menggunakan biogas murni dengan menggunakan lubang *bubble generator* $d= 0.5$ mm dengan variasi debit. Hasil penelitian tersebut dapat dilihat pada tabel 4.14.

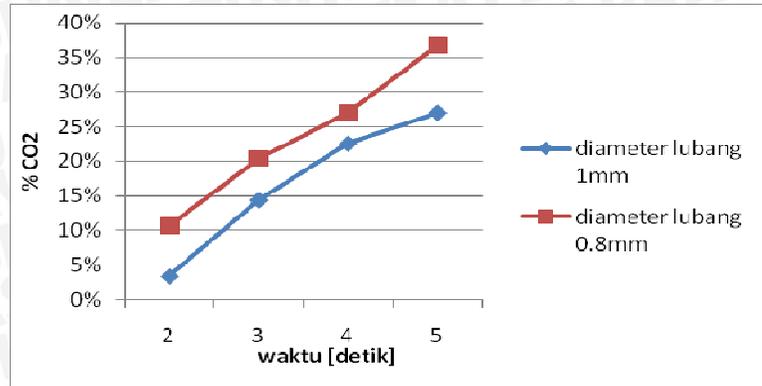
Tabel 4.14 Data hasil penelitian dengan menggunakan biogas murni dengan menggunakan lubang *bubble generator* $d= 0,5$ mm dengan variasi debit

Qin	Q out	tinggi larutan (m)	% CO ₂ in	% CH ₄ in	% CO ₂ out	% CH ₄ out
0,3	0,1	0,8	35,5	48,5	10	64
0,4	0,2	0,8	35,5	48,5	12	61,5
0,5	0,25	0,8	35,5	48,5	13,5	60
0,6	0,3	0,8	35,5	48,5	20,5	52
0,8	0,5	0,8	35,5	48,5	22	51,5

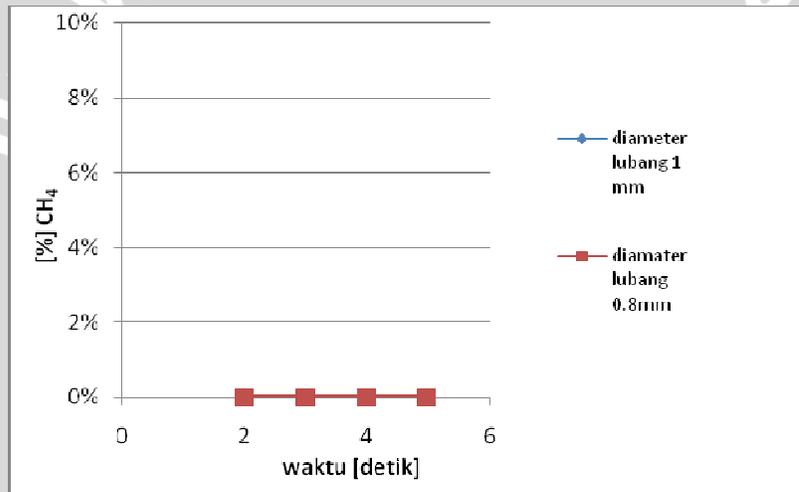
4.3 Analisa Grafik dan Pembahasan

4.3.1 Analisa Grafik dan Pembahasan Penelitian

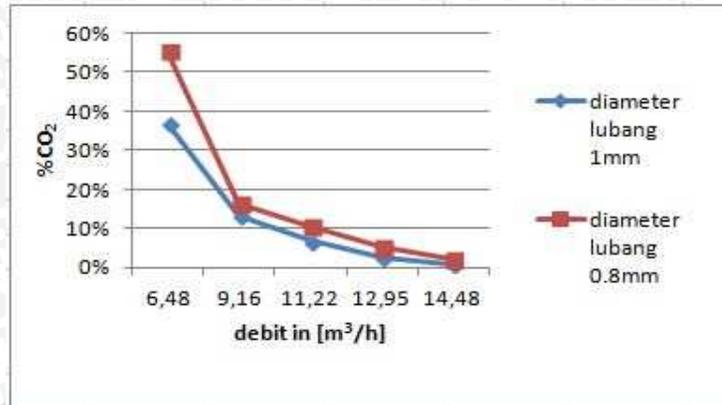
Dalam penelitian ini, data yang didapatkan dari hasil penelitian akan ditampilkan dalam bentuk grafik sehingga penelitian tentang peningkatan biogas melalui proses pemurnian menggunakan metode *bubble purification* dengan variasi besar lubang *bubble generator* dapat dianalisa dan dibahas. Sebelum menuju menggunakan gas biogas disini kita lebih dulu menggunakan gas CO₂ dan gas CH₄ murni. Untuk mengetahui kinerja lubang *bubble generator* terhadap peningkatan gas CH₄ dan CO₂. Adapun grafik dari hasil penelitian tersebut ditunjukkan pada gambar 4.1 hingga gambar 4.4.



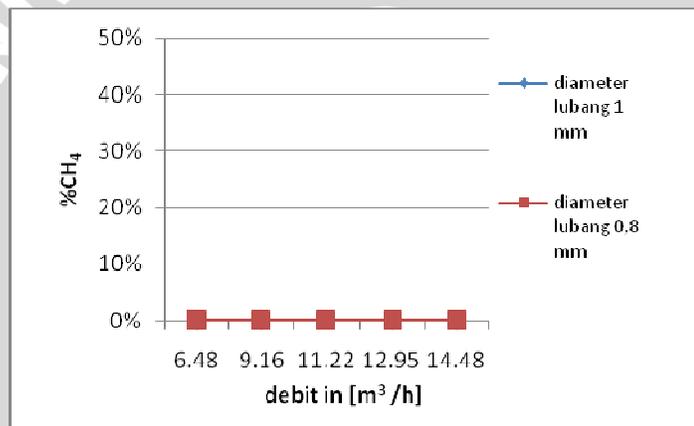
Gambar 4.1 : Hubungan Antara waktu tinggal *Bubble* Terhadap CO₂ yang Terserap dengan Variasi Lubang *bubble generator*



Gambar 4.2 : Hubungan Antara waktu tinggal *Bubble* Terhadap CH₄ yang Terserap dengan Variasi Lubang *bubble generator*



Gambar 4.3 : Hubungan Antara debit yang masuk Terhadap CO₂ yang Terserap dengan Variasi Lubang *bubble generator*



Gambar 4.4 : Hubungan Antara debit yang masuk) Terhadap CH₄ yang Terserap dengan Variasi Lubang *bubble generator*

Dapat dilihat pada hasil dari penelitian yang dilakukan setelah dilakukan pengelompokan data dan kemudian dikonversikan menjadi sebuah grafik. Dari hasil diatas terlihat bahwa gambar 4.1 menunjukkan semakin kecilnya lubang diameter *bubble generator* yang dipakai maka semakin baik pula digunakan untuk menyerap gas CO₂ yang diinginkan. Begitu juga dengan pengaruh lama *bubble* tinggal dalam larutan dimana semakin lama waktu yang kita gunakan maka dapat dilihat pada gambar grafik dapat menyerap gas CO₂ yang baik. Terlihat mula-mula pada data awal disitu pada debit yang masuk awal memiliki $Q_{in} = 1.1216 \text{ (m}^3\text{/h)}$ kemudian menurun menjadi $8.191 \text{ (m}^3\text{/h)}$ pada lama waktu

terendah yaitu 2 detik disini sudah terlihat berpengaruh dari larutan yang digunakan. Kemudian melihat perbandingan dengan data terakhir pada gambar 4.1 disitu terlihat dari lama waktu tinggal 5 detik memiliki tingkat pemurnian yang bagus dibandingkan dengan yang memiliki waktu lama tinggal *bubble* yang lebih cepat. Hal ini disebabkan karena dengan lamanya tinggal *bubble* di dalam larutan maka semakin baik kandungan *bubble* tersebut untuk dilarutkan dalam larutan.

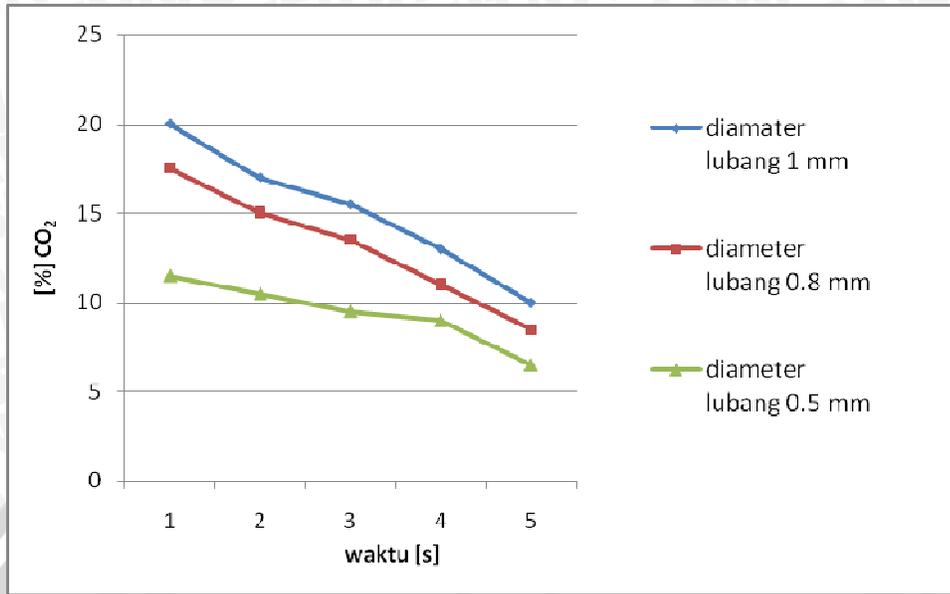
Akan tetapi lebih baiknya lagi kita lihat pada gambar 4.2 dimana dari keseluruhan variasi yang digunakan sama sekali tidak menyebabkan CH_4 terikat. Terlihat mula-mula dari lama waktu tinggal 5 detik antara debit yang masuk dengan debit yang keluar memiliki nilai yang sama juga. Berarti pada angka yang terlihat di atas menunjukkan bahwa tidak ada CH_4 yang terikat dalam larutan dengan variasi lubang *bubble generator* yang berbeda.

Dan kemudian berlanjut pada pengaruh debit yang dimasukan. Disini kita dapat melihat pada gambar 4.3 dimana disitu debit yang dimasukan divariasikan. bisa kita lihat pada penyerapan larutan CO_2 murni apabila lubang *bubble generator* semakin kecil dapat menyerap lebih baik. terlihat pada saat kita melakukan percobaan awal. Akan tetapi apabila debit yang kita masukan semakin tinggi maka akan membuat larutan sulit dalam menyerap gas CO_2 sehingga kita perlu memperhatikan debit yang akan kita masukan nanti pada penelitian yang dilakukan.

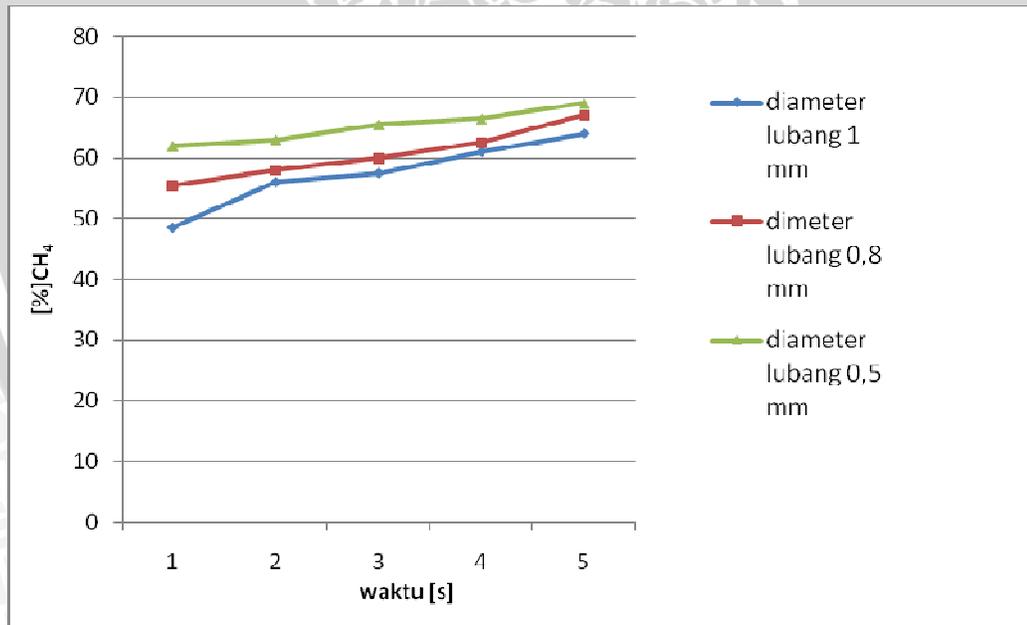
Akan tetapi keseluruhan variasi tidak berpengaruh pada penyerapan CH_4 yang terlihat pada gambar 4.4. Sehingga besarnya debit yang dimasukan tidak berpengaruh atau tidak menyerap CH_4 .

4.3.2 Analisa Grafik dan Pembahasan Penelitian Menggunakan Biogas

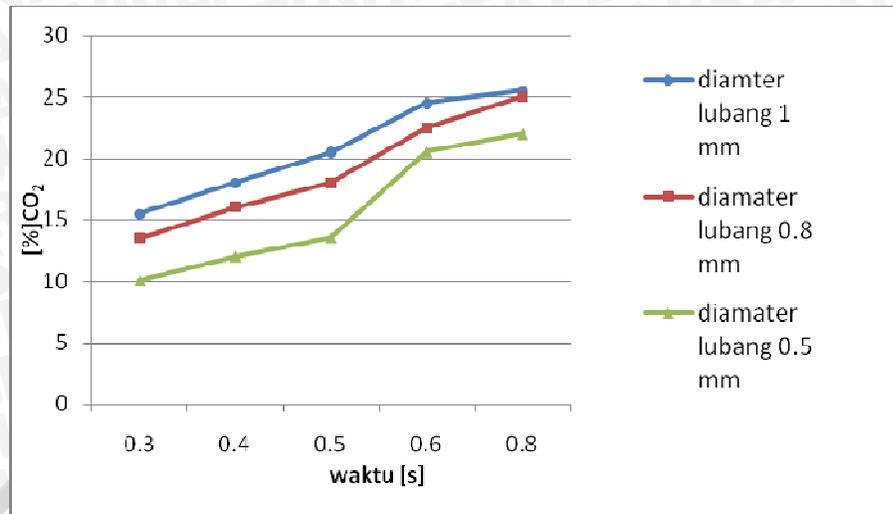
Dalam penelitian ini, data yang didapatkan dari hasil penelitian akan ditampilkan dalam bentuk grafik sehingga penelitian tentang peningkatan biogas melalui proses pemurnian menggunakan metode *bubble purification* dengan variasi besar lubang *bubble generator* dapat dianalisa dan dibahas. Adapun grafik dari hasil penelitian tersebut ditunjukkan pada gambar 4.5 hingga gambar 4.8.



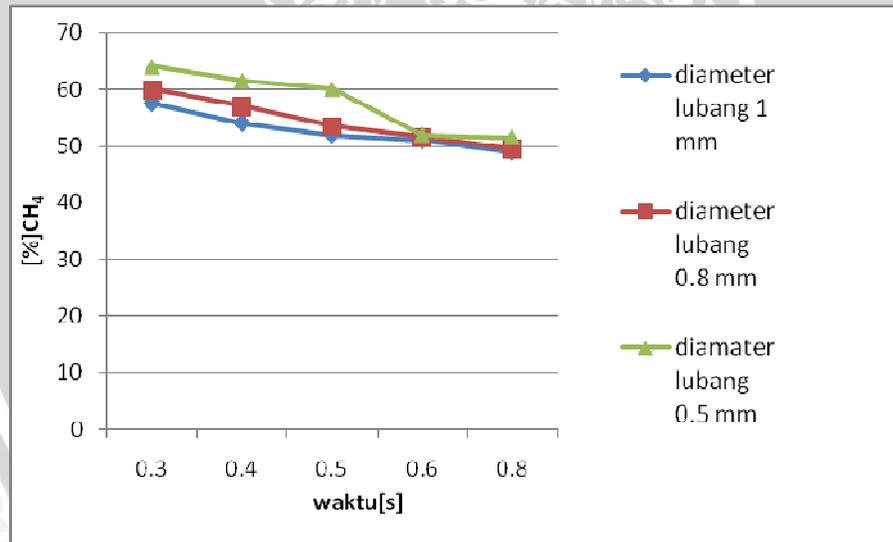
Gambar 4.5 : Hubungan Antara Lama Tinggal *Bubble* Terhadap Kandungan CO₂ sesudah pemrosesan dengan Variasi Lubang *bubble generator*



Gambar 4.6 Hubungan Antara Lama Tinggal *Bubble* (s) Terhadap Kandungan CH₄ (%) sesudah pemrosesan dengan Variasi Lubang *bubble generator*



Gambar 4.7 : Hubungan Antara Debit masuk Terhadap Kandungan CO₂ sesudah pemrosesan dengan Variasi Lubang bubble generator



Gambar 4.8 : Hubungan Antara Debit Terhadap Kandungan CH₄ sesudah pemrosesan dengan Variasi Lubang bubble generator

Hasil penelitian diatas adalah hasil dimana disini sudah menggunakan gas biogas yang di uji. dari hasil diatas pertama dapat kita lihat pada gambar 4.5 pengaruh besar lubang diameter bubble generator pada kandungan gas CO₂

adalah semakin kecilnya besar lubang maka semakin baik menyerap kandungan CO_2 yang ada pada biogas dan di ikuti semakin tinggi larutan yang digunakan maka dalam menyerap gas CO_2 juga semakin baik. Dan berlanjut pada grafik 4.6 menunjukkan semakin kecilnya kandungan CO_2 maka meningkat kandungan gas CH_4 yang menunjukkan kemurnian dari gas tersebut meningkat apabila gas CO_2 yang terikat semakin baik. Hasil dari gambar 4.6 membuktikan hal tersebut

Dan kemudian pada grafik 4.7 memvariasikan debit yang masuk berpengaruh pada proses pemurnian. Terlihat pada grafik 4.7 semakin besar debit yang digunakan maka semakin besar pula kandungan CO_2 nya. Hal ini disebabkan karena debit yang semakin besar pasti mempengaruhi besar gelembung yang ditimbulkan dan banyaknya biogas yang masuk juga mempengaruhi hal itu. Akan tetapi pada pengaruh lubangnya masih terlihat bahwa semakin kecil lubang *bubble generator* yang digunakan dapat menyerap CO_2 semakin baik dibandingkan dengan lubang yang lebih besar.

Karena pada proses penambahan debit semakin buruk untuk mencapai pemurnian gas CO_2 yang baik. Maka di tunjukan pada tabel 4.8 gas CH_4 yang dikandung oleh gas biogas tersebut setelah pemrosesan juga semakin kecil. Jadi disini sudah dapat menjawab hipotesa dari penelitian yang dilakukan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang sudah dilakukan. Dapat diambil sebuah kesimpulan untuk melihat hal-hal yang terjadi pada saat penelitian. Semakin kecil lubang *bubble generator* maka semakin baik untuk menyerap gas CO₂. Dan dengan semakin banyak terserap gas CO₂ maka akan meningkatkan kemurnian dari gas CH₄ yang dapat memperbaiki nilai kalor dari gas biogas.

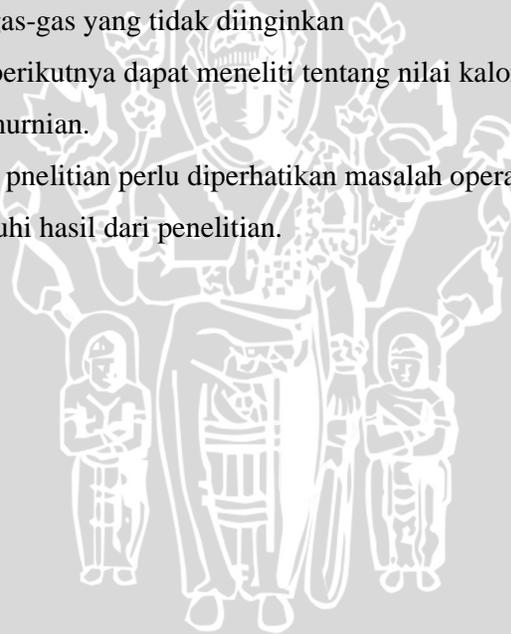
Selain pengaruh dari besar lubang *bubble generator*. Ada hal lain yang berpengaruh dalam metode *bubble purification*. Yaitu pengaruh dari lama tinggal *bubble* dalam larutan KOH + H₂O. Semakin lama *bubble* tinggal dalam larutan. Maka akan semakin lama terserap dengan larutan. Sehingga gas CO₂ dapat berikatan lebih lama sehingga semakin gas CO₂ banyak yang terserap. Sehingga gas CH₄ dapat meningkat. Dengan begitu nilai kalor pada biogas dapat meningkat.

Dari kedua pengaruh diatas. Ada variabel lain yang berpengaruh. Yaitu variabel debit yang masuk. Dari variabel debit yang masuk didapatkan kesimpulan semakin besar debit yang masuk semakin kecil dalam mengikat gas CO₂. Hal itu dikarenakan semakin banyak debit yang masuk maka semakin banyak kandungan gas CO₂ yang masuk. Sehingga semakin sulit dalam menyerap gas CO₂. Dan menyebabkan kandungan gas CH₄ semakin rendah. Jadi dalam pemilihan debit yang masuk harus memilih debit yang sekecil-kecilnya agar semakin dapat menyerap gas-gas yang tidak diinginkan dengan baik.

5.2 Saran

Ada beberapa hal yang menjadi berkaitan dalam penelitian ini. Dan ada beberapa hal yang harus ditambahkan agar kedepannya penelitian ini bisa sempurna dan bisa menjadi bermanfaat bagi kehidupan masyarakat. Hal-hal yang perlu ditambahkan atau diperbaiki dalam penelitian ini di tulis dalam saran. Saran-saran dari penelitian ini antara lain :

1. Dalam melakukan penelitian dengan menggunakan metode *bubble purification* pilihlah debit sekecil-kecilnya. Agar *bubble* bisa terserap dengan baik dalam larutan.
2. Pilih lubang *bubble generator* yang paling kecil. Karena dengan semakin kecilnya lubang *bubble generator* akan menimbulkan *bubble* yang kecil sehingga sangat baik untuk proses penyerapan gas-gas yang tidak diinginkan
3. Untuk penyempurnaan dari penelitian dengan metode *bubble purification* dapat dilakukan dengan menambahkan waktu tinggal *bubble*, memperkecil tekanan, dan memilih bahan-bahan penelitian yang dapat membantu dalam penyerapan larutan.
4. Untuk penelitian berikutnya dapat mengganti variabel terikat larutan KOH + H₂O dengan larutan yang lain agar dapat mengetahui larutan yang paling baik dalam menyerap gas-gas yang tidak diinginkan
5. Untuk penelitian berikutnya dapat meneliti tentang nilai kalor yang dihasilkan setelah proses pemurnian.
6. Dalam melakukan penelitian perlu diperhatikan masalah operasional karena dapat mempengaruhi hasil dari penelitian.



DAFTAR PUSTAKA

- Apriyanti eny.2013, *jurnal ilmiah pemurnian biogas dengan metode adsorpsi dengan menggunakan zeolit*
- Cao, Chun, R. Wang, T. S. Chunga and Y. Liu, *Formation Of High-Performance 6FDA-2,6-DAT Asymmetric Composite Hollow Fiber Membranes For CO₂ / CH₄ Separation*, Journal of Membrane Science, 2002, vol. 209, pp. 309 – 319.
- Harasimowicz, M., P. Orluk , G. Zakrzewska-Trznadel and A.G. Chmielewski, *Application of Polyimide Membranes for Biogas Purification and Enrichment*, Journal of Hazardous Materials, 2007, vol. 144, pp. 698 – 702.
- Ismaila, A. F., I.R. Dunkinb, S.L. Gallivanb and S.J. Shiltonc, *Production of Super Selective Polysulfone Hollow Fiber Membranes for Gas Separation*, Polymer, 1999, vol. 40, pp. 6500.
- Lastella, G., C. Testa, G. Cornacchia, M. Notornicole, F. Voltasio and V. K. Sharma, *Anaerobic Digestion of Semi-Solid Organic Waste : biogas production and its purification Energy Conversion ang management*, Vol 43, Issue I, 2002, pp. 63 – 75.
- Mulder, Marcel, *Basic Principles of Membrane Technology*, Kluwer Academic Publishers, London, 1996, pp. 51 – 59, pp. 307 – 319, pp. 465 – 479.
- Noverri, Prayudi.2007. *Aplikasi Membran Kontaktor untuk Pemisahan CO₂*
- Pabby, Anil K, S. S. H. Rizvi and A. M. Sastre, *Handbook of Membrane Separations Chemical, Pharmaceutical, Food, and Biotechnological Applications*, CRC Press Taylor & Francis Group, New York, 2009, pp. 66 – 100.
- Price,E.C and Cheremisinoff,P.N.1981.*Biogas Production and Utilization*.Ann Arbor Science Publishers, Inc .United States of America
- Wellinger, A. and A. Lindeberg, *Biogas Upgrading and Utilization – IEA Bioenergy*, Task 24, International Energy Association, France, 2000, pp.20.
- Kapdi, S.S, V.K. Vijay, S.K. Rajesh and R.Prasad, *Biogas Scrubbing, Compression and Storage: Perspective and Prospectus in Indian Context*, Renewable Energy, 2005, vol. 30, pp. 1196 – 1199.
- WEB
- <http://id.scribd.com/doc/106926548/Laporan-Skripsi-Penelitian-Membran>

http://www.membrane-guide.com/images/x_separation.jpg

http://4.bp.blogspot.com/_IG5_sq1QJC0/S42dgXMbh9I/AAJQ/907aLWH_U_g/s400/membran3.JPG

<http://id.scribd.com/doc/106926548/Laporan-Skripsi-Penelitian-Membran>

<http://id.scribd.com/doc/106926548/Laporan-Skripsi-Penelitian-Membran>

