

**KAJI EKSPERIMENTAL SISTEM PENYIMPANAN BIOGAS DENGAN
METODE PENGOMPRESIAN DAN PENDINGINAN PADA TABUNG
GAS SEBAGAI BAHAN BAKAR PENGGANTI GAS LPG**

Dian Fadli¹⁾ Muhammad Irsyad²⁾, M. Dyan Susila E.S.²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Lampung,

²⁾Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Lampung,
Jl. Prof. Soemantri Brodjonegoro, No.1, Bandar Lampung 35145

Abstract

The potential of biogas from cattle dung in Lampung province is big enough that 227 792 kg / day based on the number of cattle and buffalo tails as much as 742.8. During this shelter biogas only placed in plain tubes which are then piped into the pipeline for use as lighting and gas stove. This study intends to outline the principles of storage technology in LPG cylinder biogas, biogas and testing by cooling and compressing. Based on the results of testing at constant pressure 6 bar with the lowest temperature variation 7 ° C the amount of mass is 36.4 grams stored while based on calculations using the ideal gas law mass quantities stored at a temperature of 7 ° C is 36.7 grams. And the highest temperature of 10 ° C the amount of stored mass of 34 grams, while based on the calculation of the amount of mass stored at a temperature of 10 ° C for 36 grams. This is an effective way to increase the density of the biogas. And a beginning reference for researchers who want to conduct research on biogas biogas by changing to a liquid phase.

Keywords: *Biogas, storage systems, compressing and cooling, Ideal Gas*

PENDAHULUAN

Program konversi minyak tanah ke LPG merupakan program pemerintah terkait dengan pengalihan penggunaan bahan bakar minyak tanah ke bahan bakar gas LPG. Tujuan diberlakukannya program ini adalah untuk mengurangi subsidi minyak tanah. Karena LPG dinilai lebih hemat, bersih, dan cepat daripada penggunaan minyak tanah. Sejak awal digulirkannya program konversi Minyak Tanah ke LPG tahun 2007 pemerintah telah mendistribusikan sebanyak 50.503 ribu paket perdana. Perinciannya adalah, tahun 2007 didistribusikan 3.976 ribu paket, tahun 2008, 15.078 ribu paket, 2009 sebanyak 24.355 ribu paket, tahun 2010 sebanyak 4.715 ribu paket, tahun 2011 hingga bulan Mei 2011 terdistribusi sebanyak 2.379 ribu paket, dan tahun 2012 direncanakan akan didistribusikan paket perdana lpg 3 kg sebesar 800.000 paket dan isi ulang lpg 3 kg sebesar 3,61 juta metrik ton. (jaring new.com- 29 Februari 2012).

Untuk masyarakat pedesaan peralihan bahan bakar ke gas elpiji masih menjadi

kendala, karena adanya pengeluaran tambahan untuk membeli gas elpiji. Selama ini masih banyak masyarakat menggunakan bahan bakar kayu untuk memasak. Disisi lain daerah pedesaan memiliki potensi besar untuk menghasilkan bahan bakar gas berupa gas methane. Salah satu potensi penghasil gas methane adalah kotoran ternak. Dengan menggunakan teknologi yang sederhana kotoran ternak dapat menghasilkan biogas yang kaya dengan gas methane. Dari ternak besar saja (sapi perah, sapi potong dan kerbau) dengan populasi 13.680.000 ekor (pada tahun 2004) dan struktur populasi populasi (anak, muda, dewasa) kotoran segar rata-rata 12 kg/ekor/hari, dapat menghasilkan kotoran segar 164 160 000 ton per hari atau setara dengan 8,2 juta liter minyak tanah/hari (Syamsuddin dan Iskandar, 2005).

Berdasarkan hasil Pendataan Sapi Potong, Sapi Perah, dan Kerbau (PSPK) 2011, populasi sapi dan kerbau Indonesia sebanyak 16, 7 Juta ekor atau tepatnya 16.707.204 Ekor. Jumlah tersebut terdiri dari populasi sapi potong sebanyak 14.805.053 Ekor, sapi perah

sebanyak 597. 135 Ekor dan kerbau sebanyak 1. 305.016 Ekor. Adapun persebaran wilayah untuk sapi potong adalah, Jawa Timur 4,7 juta ekor, Jawa Tengah 1,9 Juta ekor, Sulawesi Selatan 984 Ribu ekor, NTT 778, 2 Ribu Ekor, Lampung 742,8 Ribu ekor, NTB 685,8 Ribu ekor, Bali 637, 5 Ribu ekor dan Sumatera Utara 541, 7 Ribu ekor. (Kementerian Pertanian, 12 Agustus 2011).

Dari data diatas Provinsi Lampung merupakan pemasok terbesar sapi dan kerbau di Sumatra dengan jumlah 742,8 ribu ekor ini menunjukkan potensi biogas di Provinsi Lampung yang terbentuk melalui fermentasi kotoran ternak adalah 495.200,02 m³ atau setara dengan 227.792 Kg LPG/hari.

Selama ini penampungan biogas hanya di tempatkan di tabung tabung biasa yang kemudian di alirkan ke pipa- pipa penyalur untuk di gunakan sebagai penerangan dan kompor gas. Oleh karena itu penelitian ini bermaksud menguraikan prinsip teknologi penyimpanan biogas, dan pengujian biogas dengan cara pendinginan dan pengkompresian untuk menghasilkan densitas biogas lebih besar agar ketika dimasukkan ke tabung LPG massa yang tersimpan lebih besar. Tujuan dimasukkannya biogas kedalam tabung adalah untuk mengetahui jumlah massa yang tersimpan di dalam tabung LPG, dan untuk mempermudah pendistribusian biogas ke masyarakat yang jauh dari tempat proses pembuatan biogas. Perlu kajian lebih lanjut untuk mendapatkan teknologi yang efektif dalam proses penyimpanan biogas ke dalam tabung.

TINJAUAN PUSTAKA

A. Biogas

Biogas adalah gas yang dihasilkan oleh aktivitas anaerobik atau fermentasi dari bahan-bahan organik termasuk diantaranya, kotoran manusia dan hewan, limbah domestik (rumah tangga), sampah biodegradable atau setiap limbah organik yang biodegradable dalam kondisi anaerobik. Kandungan utama dalam biogas adalah methana dan karbon dioksida. (Juniper biogas yield compansion, 2012)

Komposisi biogas bervariasi tergantung dengan asal proses anaerobik yang terjadi. Bila proses pembentukannya dengan proses gas

landfill memiliki konsentrasi methana sekitar 50 %, sedangkan bila menggunakan system pengolahan limbah maju dapat menghasilkan biogas dengan komposisi 55-75 % CH₄.

Tabel 1. Komposisi biogas

Komponen	%
Methana (CH ₄)	55 – 75
Karbon dioksida (CO ₂)	25 – 45
Nitrogen (N ₂)	0 – 0,3
Hydrogen (H ₂)	1 – 5
Hydrogen Sulfida (H ₂ S)	0 – 3
Oksigen (O ₂)	0,1 – 0,5

(basic information on biogas, 2012)

Nilai kalori dari 1 meter kubik (m³) biogas sekitar 6000 watt perjam yang setara dengan setengah liter minyak diesel. Oleh karena itu biogas sangat cocok digunakan sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan pengganti minyak tanah, LPG, butana, batu bara, maupun bahan-bahan lain yang berasal dari fosil.

Tabel 2. Kesetaraan biogas dengan sumber bahan bakar lain

Bahan Bakar	Kesetaraan
Elpiji	0,46 Kg
Minyak Tanah	0,62 Liter
Minyak Solar	0,52 Liter
Bensin	0,80 Liter
Gas Kota	1,50 m ³
Kayu Bakar	3,50 Kg

(basic information on biogas, 2012)

B. Gas methane (CH₄)

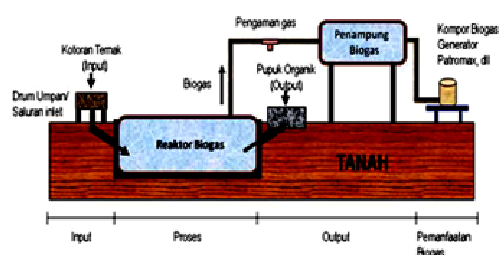
Metana adalah hidrokarbon paling sederhana yang berbentuk gas pada kondisi STP dengan rumus kimia CH₄. Metana murni tidak berbau, tapi jika digunakan untuk keperluan komersial, biasanya ditambahkan sedikit bau belerang untuk mendeteksi kebocoran yang mungkin terjadi.

Sebagai komponen utama gas alam metana adalah sumber bahan bakar utama. Pembakaran satu molekul metana dengan oksigen akan melepaskan satu molekul CO₂ (karbon dioksida) dan dua molekul H₂O (air):

$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$
(basic information on biogas, 2012.)

C. Reaktor Biogas

Peralatan penghasil biogas terdiri dari; bak pengaduk slurry, saluran masuk, digester atau reaktor, saluran pembuangan, bak penampungan kotoran, tabung/kantong penampungan biogas, dan instalsi pemipaan biogas. Skema sederhana instalasi biogas seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Skema instalasi sederhana biogas

Jenis-jenis reaktor biogas

1. Reaktor Vertikal
2. Reaktor Horizontal
3. Reaktor Fixed Dome (kubah)

D. Persamaan Gas Ideal

Penggunaan paling umum dari sebuah persamaan keadaan dalam memprediksi keadaan gas dan cairan Salah satu persamaan keadaan paling sederhana dalam penggunaan ini adalah hukum gas ideal. Yang cukup akurat dalam memprediksi keadaan gas pada tekanan rendah dan temperatur tinggi. Tetapi persamaan ini menjadi semakin tidak akurat pada tekanan yang makin tinggi dan temperatur yang makin rendah, dan gagal dalam memprediksi kondensasi dari gas menjadi cairan. Namun demikian, sejumlah persamaan keadaan yang lebih akurat telah dikembangkan untuk berbagai macam gas dan cairan. Saat ini, tidak ada persamaan keadaan tunggal yang dapat dengan akurat memperkirakan sifat-sifat semua zat pada semua kondisi.

$$pV_m = R(T_C + 273,15) \quad (1)$$

Dimana :
P = tekanan

V = volume
n = jumlah mol zat
 $V_m = V/n =$ volume molar, volume 1 mol gas atau cairan
T = temperatur (K)
R = tetapan gas ideal (8.314472 J/(mol•K))
(van der Waals, J. D.1873)

E. Kompresor

Kompresor merupakan peralatan mekanik yang berfungsi sebagai peningkat tekanan fluida mampu mampat, seperti gas atau udara. Dimana prinsip kerja dari kompresor ini yaitu memberikan energi mekanik (gerak) kepada fluida (gas/udara) sehingga fluida mengalami energi tekanan (potensial) dan energi thermal. Ketika tekanan fluida meningkat fluida ini dapat mengalir dari suatu tempat ke tempat lain secara kontinyu, dengan tujuan di simpan di reservoir tank atau dialirkan untuk kebutuhan proses dalam suatu sistem proses yang lebih besar seperti pabrik-pabrik kimia untuk kebutuhan reaksi, pemompa bahan pendingin (refrigeran) agar tetap bersirkulasi di dalam sistem, dan lain-lain.

1. Daya Kompresi

Untuk sebuah kompresor udara satu tingkat dengan kerja tunggal(single acting), kerja yang dilakukan per siklus w dinyatakan dengan luas diagram p-v. Garis kompresi mengikuti persamaan $p_v^n = \text{konstan}$. Udara dikompresikan dari tekanan p_1 mencapai p_2 , volume sisa diabaikan.

- a. Kerja yang dilakukan persiklus

$$w = \frac{n}{(n-1)} P_1 V_1 \left(\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right) \quad (2)$$

- b. Daya isothermis,

$$(w_i) = P_1 V_1 \ln \left(\frac{P_2}{P_1} \right) \quad (3)$$

- c. Daya adiabatik P_k

Kerja adiabatik dari diagram p-v dinyatakan sebagai:

1. Kerja adiabatik

$$w_k = \frac{k}{k-1} (P_2 V_2 - P_1 V_1) \quad (4)$$

2. Daya adiabatik

$$P_k = \frac{w_k}{4700} \quad (5)$$

- d. Daya udara P_u

Untuk mencari daya udara, P_u adalah daya yang dibutuhkan untuk

menekan udara dalam keadaan umum secara kompresi politropik dari suhu dan tekanan awal mencapai suhu dan tekanan buang (tekan).

1. Kerja politropik

$$W_k = \frac{m(P_2 V_2 - P_1 V_1)}{n-1} \quad (6)$$

2. Daya udara, daya yang dihasilkan di dalam silinder kompresor seperti yang digambarkan dalam diagram indikator.

$$P_i = \frac{m \dot{W}}{4300} \quad (7)$$

2. Efisiensi Kompresor

- a. Efisiensi isotermis

Untuk menghitung efisiensi isotermis, η_i adalah perbandingan antara daya isotermis terhadap daya udara.

$$\eta_i = \left(\frac{P_i}{P_u} \right) \quad (8)$$

- b. Efisiensi kompresi

Untuk mencari efisiensi kompresi, η_k adalah perbandingan antara daya yang dibutuhkan untuk mengkompresikan (menekan) udara secara adiabatik terhadap daya udara.

$$\eta_k = \left(\frac{P_i}{P_u} \right) \quad (9)$$

(Dietzel, Fritz. 1990)

- F. Koil Pendingin

Sebuah kumparan pipa atau tubing yang digunakan sebagai bahan penukar panas dalam atau di luar kumparan dengan cara fluida dingin melewati atau melalui kumparan pipa tersebut. Biasa mesin ini digunakan dengan skala kecil, karena laju perpindahannya sangat kecil. Pada pembahasan penelitian ini coil pendingin digunakan sebagai Heat Exchanger (Alat penukar Kalor) dengan gambar dan persamaan sebagai berikut.



$$U_{in} = U_{out} \quad (10)$$

$$m.C_p. \Delta T_{in} = m.C_p. \Delta T_{out} \quad (11)$$

$$q = UAF\Delta T_{lmC} \quad (12)$$

$$U = \frac{q}{A\Delta T_{lmC}}$$

(Prank Incropera, 2005)

METODOLOGI PENELITIAN

A. Tempat Penelitian

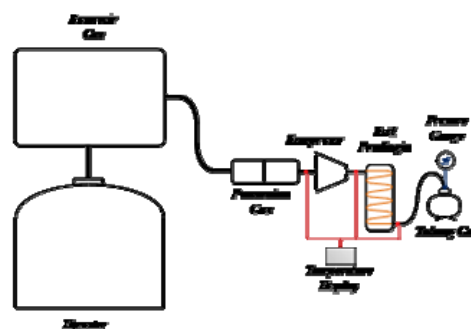
Penelitian sekaligus pengambilan data dilakukan di kandang ternak sapi di rumah pak Katno di desa Karang Endah Kecamatan Terbanggi Besar Lampung Tengah. Dengan skala jumlah sapi 21ekor.

B. Alat Penelitian

Untuk Mendukung terlaksananya penelitian ini juga menggunakan berbagai macam peralatan baik yang terdapat di pasaran atau di daerah sekitar kandang Beberapa alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Kompresor
2. Koil Pendingin
3. Tabung LPG
4. Termometer digital
5. Pemurni biogas
6. Stopwatch
7. Timbangan digital
8. Pressure gauge

Skema alat uji



Gambar 2. Skema alat uji

HASIL DAN PEMBAHASAN

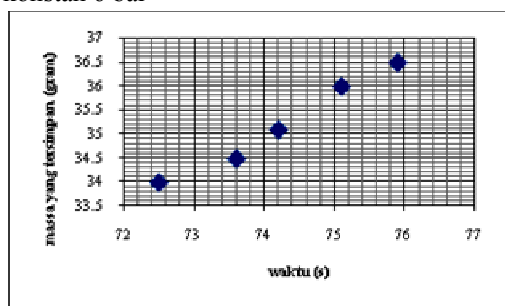
Biogas hasil aneorob yang bersumber dari kotoran sapi tidaklah murni gas methane yang terkandung, Oleh karena itu diperlukan pengujian komposisi kimia untuk membuktikan unsur apa sajakah yang tergabung di dalam biogas tersebut. Berikut ini adalah komposisi unsur yang terkandung dari biogas kotoran sapi yangdi ambil dari sample di biogas di Desa Karang Endah Kecamatan Terbanggi Besar Kabupaten Lampung Tengah

Tabel 3. Komposisi kimia biogas

No	Komponen	Persentasi kandungan biogas sebelum pemurnian %	Persentasi kandungan biogas setelah pemurnian %
1	Methana (CH ₄)	50	71
2	Karbon Dioksida (CO ₂)	45	26
3	Nitrogen (N ₂)	5	3

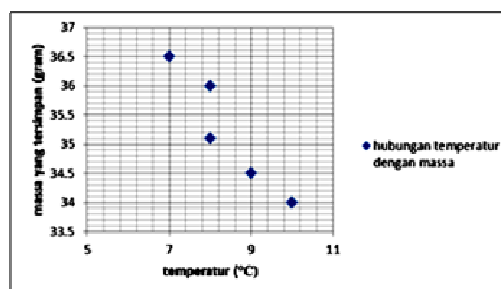
Pembahasan

Biogas digolongkan menjadi salah satu fluida yang berbentuk gas, dimana biogas ini mengalami deformasi atau perubahan bentuk ketika diberi tegangan geser, jika biogas ini diasumsikan sebagai gas ideal dengan menggunakan persamaan yang telah ada maka kita dapat menghitung massa yang tersimpan di dalam tabung LPG dengan data yang telah di ketahui yaitu berupa tekanan, temperatur, volume dll. Berikut ini hubungan temperatur biogas dengan massa yang tersimpan didalam tabung LPG dalam kondisi isobar atau tekanan konstan 6 bar



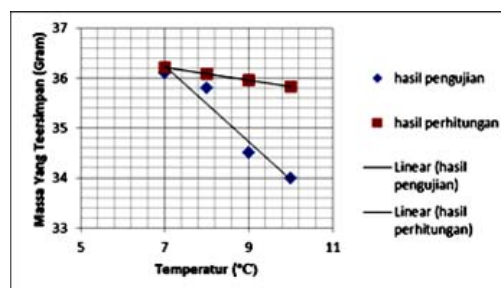
Gambar 3. Grafik hubungan waktu dengan massa yang tersimpan

Dari grafik diatas menunjukkan semakin lama waktu penyimpanan maka semakin banyak massa yang tersimpan di dalam tabung LPG. Begitupun sebaliknya semakin dikit waktu penyimpanan maka semakin dikit pula massa yang tersimpan di dalam tabung LPG.



Gambar 4. Grafik hubungan temperatur dengan massa yang tersimpan

Dari grafik diatas menunjukkan semakin rendah temperatur biogas maka massa yang tersimpan semakin banyak. Ini dikarenakan semakin rendahnya temperatur biogas maka semakin besar densitas biogas tersebut dengan mengetahui volume tabung yang tetap.



Gambar 5. Grafik perbandingan hasil pengujian dengan hasil perhitungan

Berdasarkan hasil pengujian pada tekanan konstan 6 bar dengan variasi temperatur terendah sebesar 7°C jumlah massa yang tersimpan adalah 0,0364 Kg atau 36,4 gram sedangkan berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan hukum gas ideal jumlah massa yang tersimpan pada temperatur 7°C adalah sebesar 0,0367 Kg atau 36,7 gram. Dan pada temperatur tertinggi sebesar 10°C jumlah massa yang tersimpan adalah 0,034 Kg atau 34 gram, sedangkan berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan hukum gas ideal jumlah

massa yang tersimpan pada temperatur 10°C adalah sebesar 0,036 Kg atau 36 gram.

Tujuan akhir dari penelitian ini adalah untuk menaikkan densitas dari biogas tersebut, dengan harapan ketika densitasnya menaik maka semakin dekat mendekati titik cair dari biogas. Berdasarkan eksperimental pengujian biogas dengan sistem pengkompresian dan pendinginan ini penulis mencoba menjelaskan bagaimana cara pengkompresian dan pendinginan biogas berjalan. Dari hasil pengujian di atas menunjukkan bahwa tabung LPG hanya mampu menahan tekanan biogas sebesar 6 Bar, dan koil pendingin mampu mendinginkan biogas pada temperatur paling rendah sebesar 7°C. tentunya dengan batasan kondisi alat pendukung tersebut tidak mampu menghasilkan biogas menjadi cair. Karena titik kritis dari biogas adalah pada temperatur 190.7 K atau -83°C dan 4.5 MPa. Sedangkan titik didih dari metana adalah pada temperature -161 °C pada tekanan 1 atmosfer.

KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang didapat setelah melakukan penelitian tentang sistem pengkompresian dan pendingin biogas ini adalah sebagai berikut:

1. Kandungan persentase senyawa dan unsur yang tersimpan pada biogas sebelum dilakukan pemurnian adalah Methana (CH₄) 49 %, Karbon Dioksida (CO₂) 45 %, Nitrogen (N₂) 5 %, sedangkan setelah dilakukan pemurnian menggunakan arang aktif dan gram besi kandungannya adalah Methana (CH₄) 71 %, Karbon Dioksida (CO₂) 26 %, Nitrogen (N₂) 3 %, ini menunjukkan terjadi penurunan kandungan Karbon Dioksida (CO₂) sebesar 19 % ini sesuai dengan tujuan dari pemurni bioagas yaitu sebagai penyaring dan CO₂ dan H₂S.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik Indonesia. 2011. Hasil Pendataan Sapi dan Kerbau di Indonesia. Departemen Pertanian Indonesia
- [2] Bayu Asep. 2007. Biogas Sebagai peluang pengembangan energi alternaif
- [3] Biogas Support Programe (BSP). NetherlandSs Development Organition(SNV/NEPAL). Lalitpur, Nepal
- [4] Cengel dan Boles. 2006. Thermodynamic An Engineering Approach Fifth Edition. Mc Graw Hill. Singapore
- [5] Chem-Is-Try. Org _ Situs Kimia Indonesia _htm. Hukum gas ideal
- [6] Cucu Sektiani A.N. dan Putri Sakti O . 2010. Pengaruh Pemanasan Membran, Perbedaan Tekanan Dan Waktu Permeasi Pada Pemisahan Co₂/Ch₄ Untuk Pemurnian Biogas Menggunakan Membran Polyimide Dan Membran Campuran Polyimide-Zeolit. Skripsi. Universitas Dipenogoro.
- [7] Dietzel, Fritz. 1990. Turbin Pompa Dan Kompresor. Penerbit Erlangga : Jakarta
- [8] Fox Robet W. Induction To Fluid Mechanic Sixth Edition. Jhon Willey n Son. New York
- [9] Hamidi N ,ING.Wardana, Widhiyanuriyawan D. 2011. Peningkatan Kualitas Bahan Bakar Biogas Melalui Proses Pemurnian Dengan Zeolit Alam. Jurnal Rekayasa Mesin. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang
- [10] Incropera Prank. 2005. Fundamental Of Mass And Heat Transfer. willey and son
- [11] Irsyad Muhammad. 2011. Laporan akhir IbM Gabungan Kelompok Tani Peternak Sapi di Jati Agung Kabupaten Lampung Selatan. Unila
- [12] Kwartiningsih, Endang . 2007. Pemurnian Biogas Dari Kandungan Hidrogen Sulfida (H S) Menggunakan Larutan Absorben Dari Besi Bekas (Besi Rongsok). Fakultas Teknik UNS. Penelitian Dikti. Hibah Bersaing
- [13] Oktario Cahyo M. 2011. Pemanfaatan Sistem Pemampatan Gas Untuk Penyimpanan Biogas dari Kotoran Ternak. Skripsi. Teknik Mesin Universitas Lampung
- [14] Munandar Ahmad PS. 2012. Mengetahui Prinsip Kerja Dan Menghitung Efisiensi Energi Kompresor Screw Atlas Copco GA 250 Di Tenaris SPIJ. Laporan kerja

- Praktek.Unila
- [15] Putra Ardhian N. 2005. Efek Susunan Pipa Selang Seling Terhadap Unjuk Kerja Penukar Kalor Berkas Pipa (Tube Bank) Aliran Menyilang Dengan Geometri Pipa Modifikasi. Skripsi. Teknik Mesin. Universitas Lampung
- [16] Saiful,2005. Unjuk Kerja Sistem Sistem Air Cooled Chiller Dengan Evaporator Spiral Menggunakan Refrigan Hcr 22. Jurnal Rotasi
- [17] Syamsuddin, A. Rahman Mappangaja dan Asmuddin Natsir. 2011. Benefit Analysis of Biogas Program with the Community Animal Origin (BATAMAS) Palopo City (A Study Case on Farmer Group Kampulang Songka Village District Wara Southern Palopo City).Palopo
- [18] Widodo teguh W. Rekayasa dan Pengujian Reaktor Biogas Skala Kelompok Tani Ternak. Balai Besar pengembangan Mekanisme Pertanian.
- [19] _____2012. Gas Methane. tersedia pada www.wikipedia.-metane.com/ diakses pada tanggal 13 Maret 2012
- [20] Juniper. 2012. Biogas Yield Compansion, tersedia pada [www.basicinformaton.-biogas.com\](http://www.basicinformaton.-biogas.com/) di akses tanggal 6 Maret 2012
- [21] _____2012. Hukum gas ideal, tersedia pada www.wikipedia.-gasideal.com/ diakses pada tanggal 13 Maret 2012
- [22] _____2012. Konversi Minyak Tanah Ke Gas. tersedia pada [www. Jaringnew.com/](http://www.Jaringnew.com/) diakses pada tanggal 29 Februari 2012
- [23] _____2012. Thermophysical Properties of Fluid Systems. tersedia pada (www.webbook.nist.gov) diakses pada 1-30 Agustus 2012.