

PROSES BRAZING Cu-Ag BERBAHAN BAKAR BIOGAS TERMURNIKAN

Oleh:

Ali Kusrijadi¹, Budi Triyono², Riswanda²

¹ Jurusan Pendidikan Kimia FPMIPA
Universitas Pendidikan Indonesia
Email: ali_koes@yahoo.co.id

² Program Studi Teknik Mesin
Politeknik Negeri Bandung,
Email: Boedi3ono@yahoo.com

ABSTRAK

Pemanfaatan biogas sebagai salah satu alternatif bahan bakar pada proses *brazing* merupakan langkah diversifikasi biogas, yang diharapkan dapat meningkatkan tingkat efisiensi dan keramahan teknologi. Permasalahan yang bersifat teknis dan menjadi kendala dalam pemanfaatan biogas ini adalah rendahnya konsentrasi CH₄ dikarenakan adanya pengotor utama berupa air, karbondioksida dan asam disulfida. Penelitian dilakukan melalui dua tahap yaitu tahap *pressureized storage process* meliputi pemisahan komponen pengotor yang terdapat dalam biogas melalui teknik absorpsi sehingga dihasilkan biogas yang berkualitas gas alam terbarukan dan proses injeksi ke dalam suatu tangki penyimpanan, dan tahap selanjutnya adalah menggunakan biogas tersebut pada proses *brazing* logam Cu (tembaga) dengan bahan tambah Ag (silver). Analisis hasil *brazing* dilakukan melalui analisis struktur mikro (metalografi) untuk melihat kualitas tampak dari hasil *brazing*, serta analisis kekerasan mikro dan analisis parameter fisik standar terhadap hasil proses *brazing*. Penelitian ini telah menghasilkan perangkat alat pemurnian biogas yang dapat memurnikan biogas menjadi metana mendekati 100% dan sistem pengemasan (*storage system*) biogas bertekanan hingga 2 bar. Dari hasil analisis struktur mikro dan uji kekerasan mikro diketahui bahwa hasil proses *brazing* dengan biogas menghasilkan kualitas yang sama dengan hasil proses *brazing* dengan gas *acetylene* sehingga disimpulkan bahwa biogas dapat menjadi bahan bakar alternatif untuk proses *brazing*, khususnya untuk logam Cu dengan bahan tambah Ag.

Kata kunci : *Biogas, Pressureized Storage, Brazing*

PENDAHULUAN

Krisis energi yang terjadi beberapa dekade akhir mengakibatkan bahan bakar utama berbasis energi fosil menjadi semakin mahal dan langka. Mengacu pada kebijaksanaan pemerintah untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar minyak, pemerintah telah menerbitkan Peraturan presiden republik Indonesia nomor 5 tahun 2006 tentang kebijakan energi nasional untuk mengembangkan sumber energi alternatif sebagai pengganti bahan bakar minyak (Tim Nasional Pengembangan BBN, 2007).

Salah satu sumber energi alternatif adalah biogas. Gas ini berasal dari berbagai macam limbah organik seperti sampah biomassa, kotoran manusia, kotoran hewan yang dapat dimanfaatkan menjadi energi melalui proses mikrobial bersifat anaerobik. Mengingat sebagian besar penduduk Indonesia masih mengandalkan pada sektor pertanian dan peternakan untuk menggerakkan roda perekonomian, maka pengembangan biogas merupakan peluang besar untuk menghasilkan energi alternatif yang akan mengurangi dampak penggunaan bahan bakar fosil. Komposisi Bio gas yang terdiri dari 55 % -75 % gas metana mempunyai kemiripan komposisi dengan Liquid Natural Gas (LNG) salah satu sumber energi yang terdiri dari gas metan (C1) (Oran , 2003). Peluang pengembangan biogas yang masih terbuka luas dan tingginya nilai kalor yang dihasilkan dari biogas, memerlukan langkah diversifikasi kehandalan biogas yang harus terus dikembangkan tidak hanya sebagai bahan bakar alternatif untuk kalangan rumah tangga tetapi untuk keperluan industri dan proses industri. Pengkajian tentang penggunaan biogas sebagai bahan bakar pada proses las khususnya brazing adalah suatu keniscayaan sebagai suatu langkah pemanfaatan sumber energi terbarukan yang dapat meningkatkan tingkat efisiensi proses menuju teknologi hijau di segala bidang.

Berdasarkan analisis produk. biogas yang dihasilkan masih mengandung beberapa komponen senyawa yang dapat menurunkan nilai kalor dari biogas, sehingga diperlukan beberapa langkah yang dapat meningkatkan mutu bio gas menjadi gas alam terbaharui (Oran, 2003 ; Vijay, 2007; Ofori, 2005). Langkah lain yang penting dari pemanfaatan biogas adalah penyediaan biogas yang bersifat mudah untuk dipindah dan didistribusikan. Oleh karena itu perlu dilakukan *storage process* biogas yang telah memiliki kemurnian tinggi ke dalam wadah bertekanan yang lebih mudah didistribusikan.

Salah satu proses teknik yang digunakan dalam industri yang memerlukan sediaan energi dalam bentuk gas adalah proses *brazing*. Terdapatnya peluang penggunaan biogas sebagai bahan bakar alternatif dalam proses *brazing*, perlu disertai dengan langkah analisis mikro hasil proses tersebut. Data analisa mikro yang meliputi informasi terjadinya aliasi logam yang berhubungan dengan perubahan tingkat kekerasan campuran, dapat memberikan penguatan terhadap kemampuan biogas sebagai bahan alternatif pada proses *brazing*.

1. Pemurnian dan proses penyimpanan Biogas

Biogas adalah gas hasil fermentasi bahan organik oleh mikroorganisme anaerobik. Proses ini terdiri dari dua tahap sub proses dengan bantuan dua jenis bakteri. Tahap pertama material organik akan didegradasi menjadi asam-asam lemah dengan bantuan bakteri pembentuk asam. Tahap kedua setelah material organik berubah menjadi asam-asam, adalah pembentukan gas metana dengan bantuan bakteri pembentuk metana seperti *methanococcus*, *methanosarcina*, *methano bacterium*. Perkembangan proses *anaerobik digestion* telah berhasil pada banyak aplikasi. Proses ini memiliki kemampuan untuk mengolah sampah/ limbah yang keberadaanya melimpah dan tidak bermanfaat menjadi produk yang lebih bernilai. Aplikasi *anaerobik digestion* telah berhasil pada pengolahan limbah industri, limbah pertanian dan limbah peternakan

Komposisi biogas bervariasi tergantung dengan asal proses anaerobik yang terjadi, namun rata-rata dapat menghasilkan biogas dengan kadar CH_4 sebesar 55-75%. Selain metana terdapat beberapa senyawa yang dihasilkan yang sifatnya dapat menurunkan kualitas dari pembakaran biogas. Komposisi komponen biogas dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Biogas

Komponen	%
Metana (CH_4)	55-75
Karbon dioksida (CO_2)	25-45
Nitrogen (N_2)	0-0.3
Hidrogen (H_2)	1-5
Hidrogen sulfide (H_2S)	0-3
Oksigen (O_2)	0.1-0.5

Nilai kalori 1 meter kubik biogas sekitar 6000 jam 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, batubara, maupun bahan-bahan lain yang berasal dari fosil.

Jika biogas dibersihkan dari pengotor secara baik akan memiliki karakteristik yang sama dengan gas alam atau LNG. Komponen pengotor berupa air (H_2O), hidrogen sulfida (H_2S), karbondioksida (CO_2) dan partikulat harus dihilangkan

untuk mencapai gas kualitas *pipeline*. Secara teknis pemakaian biogas yang belum mengalami pemurnian, biasanya dicampur dengan gas alam untuk meningkatkan pembakaran.

Proses penghilangan pengotor dalam biogas dapat dilakukan dengan proses desorpsi. Desorpsi air dan CO₂ dapat menggunakan adsorber yang berbasis alkali, silika atau polimer (Eyng dan Fileti, 2009). Proses eliminasi H₂S dapat dilakukan dengan menggunakan absorber yang dibuat dari besi yang direaksikan dengan asam klorida dan larutan NaEDTA membentuk Fe-EDTA (Iron Chelated Solution). Penelitian lain dilakukan dengan proses penyerapan asam disulfida dengan menggunakan absorber berbasis Besi-oksida (Bedall et. al., 1996).

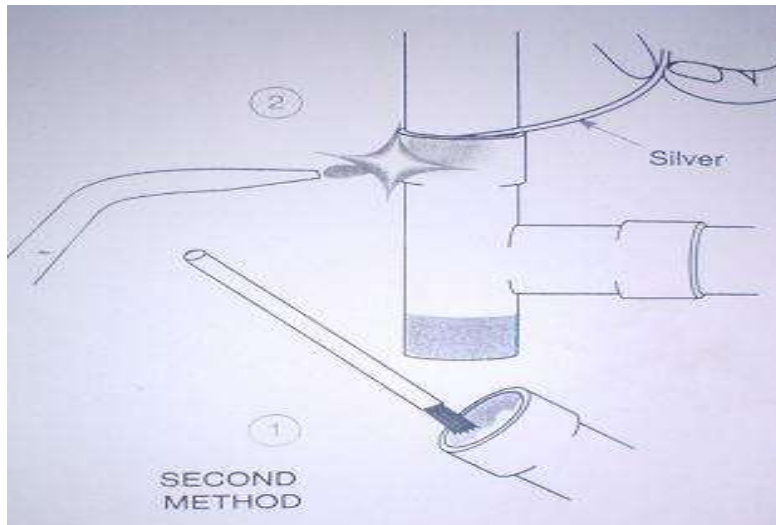
Abdul Kareem (2003) menggunakan arang aktif sebagai absorber gas CO₂ dengan karbon aktif berukuran 6 mesh, 10 mesh dan 14 mesh dalam kolom adsorpsi berukuran tinggi 180 cm, dan diameter kolom 3,75 cm. Ukuran karbon aktif yang memberikan hasil terbaik adalah karbon aktif berukuran 14 mesh dengan efisiensi removal CO₂ optimum 59,61%, dengan kecepatan biogas masuk absorber 1000 ml/menit, kandungan gas CO₂ masuk = 18,42% volume, CH₄ masuk = 76,32% volume dan gas CO₂ keluar pada posisi kesetimbangan = 7,44% volume, CH₄ keluar pada posisi kesetimbangan = 69,99% volume. Biogas yang dihasilkan dalam penelitian ini mempunyai komposisi CH₄ = 76,32%, CO₂ = 18,42%, NH₃ = 1,62%, dan H₂S = 0,28%.

Ofori (2005) telah melakukan proses pemurnian dan pengemasan bertekanan biogas dan aplikasinya pada proses pembangkitan energi listrik dan pengganti bahan bakar fosil. Menunjukkan hasil pemurnian biogas mendekati 100% CH₄ dengan tingkat efisiensi hasil listrik dan pembakaran pada mesin mobil mencapai 97 %. Bajracharya (2009) telah melakukan pemurnian biogas dan peningkatan tekanan dalam sistem penyimpanannya, memperlihatkan tingkat efisiensi pemanasan meningkat sampai 97 %. Hal ini menunjukkan keberhasilan pemurnian biogas dengan menggunakan CaO, Ca(OH)₂ dan NH₄OH sebagai penyerap CO₂ serta penyerap gas H₂S.

2. Penggunaan biogas pada proses *Brazing*

Brazing adalah proses penyambungan logam seperti pada proses “*Oxy Acetylene Welding*” (OAW), perbedaannya pada proses *brazing* temperatur yang diperlukan relatif kecil karena pada umumnya proses ini tidak membutuhkan titik lumer/ titik cair pada logam yang akan disambung. Sekalipun proses *brazing* ini bisa digunakan untuk penyambungan berbagai macam logam seperti : Baja, baja lapis seng, besi cor serta baji tahan karat (*steel, galvanized steel, cast iron, and stainless steel*), dan lain-lain, tetapi proses ini tidak bisa digunakan untuk rangka konstruksi karena tidak kuat menahan gaya besar (gaya konstruksi). Proses *brazing*

umumnya digunakan pada aliran fluida dan gas tekanan kecil (maksimal 12 bar) banyak digunakan pada sistem-sistem hidrolik, pneumatik serta sistem refrigerasi dan tata udara (*refrigeration and air conditioning system*). Sumber energi yang biasa digunakan dalam proses ini adalah jenis asetilen dan LPG. Secara teknis penggunaan biogas sebagai bahan bakar pada proses brazing tidak berbeda dengan penggunaan asetilen ataupun LPG.

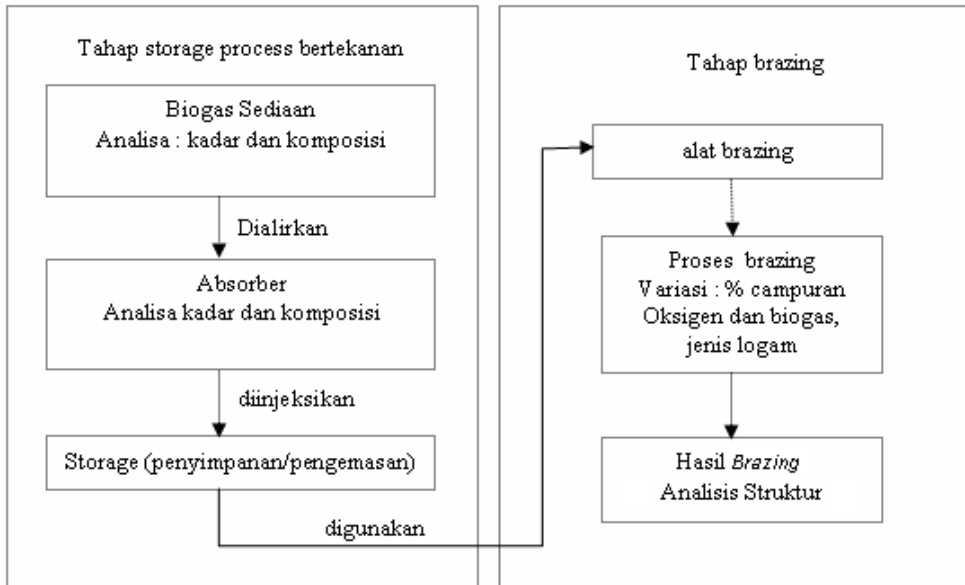


Gambar 1 Proses *brazing*

Biogas dapat digunakan dengan cara yang sama seperti gas-gas mudah terbakar lain. Pembakaran biogas dilakukan dengan mencampur sebagian oksigen (O_2). Panas pembakaran campuran metana-oksigen adalah 3.000 derajat sentigrad sedangkan panas pembakaran asetilen-oksigen 3.200-3.500 derajat sentigrade. Temperatur yang dihasilkan ini dapat digunakan pada proses *brazing* (*hard soldering*) (The Biogas/Biofertilizer Business Handbook (Peace Corps, 1985).

METODE

Desain penelitian ini adalah sebagai berikut :



Gambar 2. Desain Penelitian

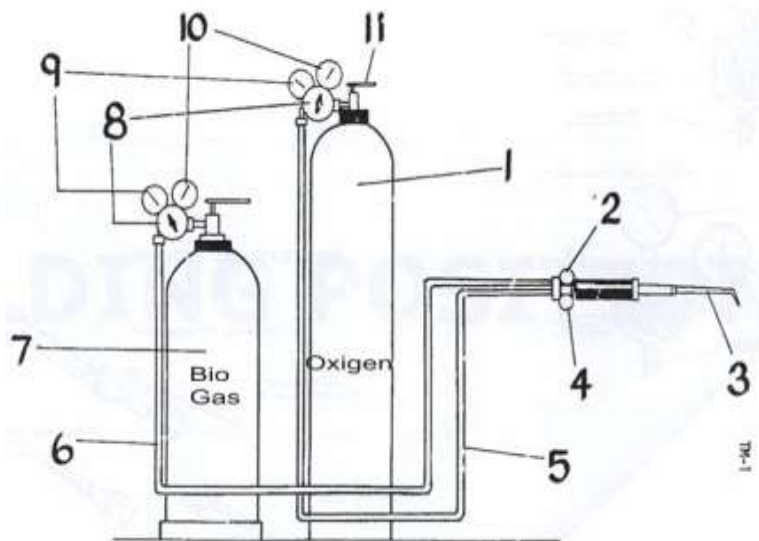
Tahapan penelitian terbagi menjadi dua tahapan yang berjalan secara bersamaan yaitu :

1. Tahap pembuatan proses pengemasan (*storage process*) bertekanan
 - a. Pada tahapan ini dilakukan pengambilan sediaan biogas yang dihasilkan dari daerah Cipageran kota Cimahi. Pembuatan set alat pemurnian biogas dengan menggunakan sstem absorpsi menggunakan absorber untuk CO₂, H₂O dan H₂S.

Jenis absorber yang akan digunakan untuk H₂O dan CO₂ adalah absorber berbasis silica, sedangkan untuk H₂S menggunakan absorber berbasis Fe. Absorber ini mempunyai kelebihan mudah untuk didapatkan, murah, memliki kapasitas absorb yang tinggi pada suhu dan tekanan rendah.

2. Tahap *Brazing*

- a. Rancangan alat brazing didasarkan pada proses pereaksian oksigen-metana yang setara dengan alat las oksi-asetilen.
- b. Pelaksanaan *brazing* dilakukan dengan menggunakan biogas hasil pemurnian Parameter yang divariasikan adalah perbandingan antara biogas dan oksigen, jenis paduan logam yang digunakan dalam proses *brazing*.
- c. Analisis hasil *brazing* dengan menggunakan analisis kualitatif mikroskopis permukaan menggunakan alat metalografi dan variabel fisik hasil *brazing*.



Gambar 3. Rancangan alat *brazing*

Keterangan :

1. Tabung oksigen
2. Katup (kran stelan biogas)
3. *Torch*
4. Katup (kran stelan oksigen)
5. Selang oksigen
6. Selang biogas
7. Tabung biogas
8. Regulator
9. Manometer tekanan kerja
10. Manometer tekanan tabung
11. Katup Tabung

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pelaksanaan penelitian yang telah dilakukan, dapat dihasilkan rancangan dan prototipe alat pemurni biogas, alat penyimpan dalam bentuk tabung bertekanan dan alat pengkompresi gas metan hasil pemurnian biogas. Hasil dari proses brazing juga dapat diketahui melalui analisis mikrostruktur.

1. Pemurnian Biogas

Sesuai dengan tujuan untuk meningkatkan kualitas biogas dengan cara mengurangi gas-gas yang bersifat korosif dan bernilai energi rendah (air, asam sulfida dan karbon dioksida), maka dirancang alat absorber seperti terlihat pada gambar 4.



Gambar 4. Alat absorber

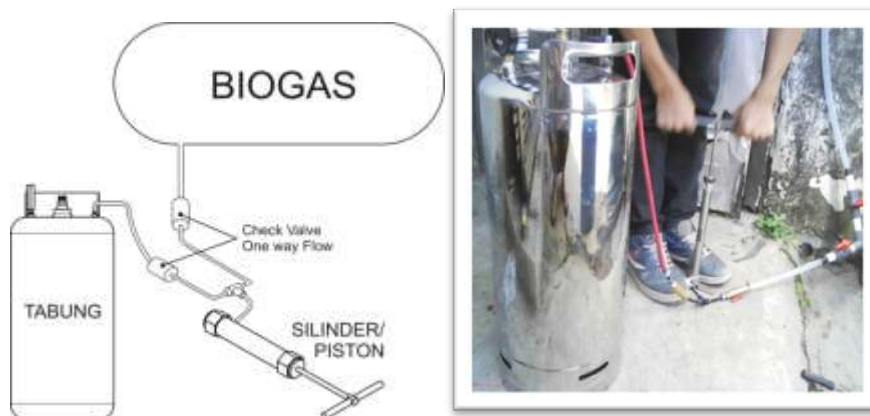
Set alat absorber ini terdiri dari tabung 1 berfungsi sebagai absorber air yang berisi padatan silika gel suatu absorber yang umum dikenal dengan tingkat absorpsi yang tinggi terhadap air, dan arang aktif berfungsi sebagai absorber CO₂ (Elev, 2009). Tabung 2 berfungsi sebagai absorber H₂S yang berisi larutan Fe-EDTA. Set alat ini dihubungkan dengan sumber penghasil biogas (digester) dan alat penaik tekanan (kompresor).

Analisis biogas yang dilakukan dengan menggunakan instrumen pengukuran Chromatografi Gas sesuai dengan yang telah dilakukan oleh Adulkareem (2003) dan Watanabe (2006).

Komposisi biogas awal dari biogas adalah 40 % CH_4 , 20% H_2O , 24% CO_2 dan 10% H_2S . Besarnya kadar gas pengotor berupa air, CO_2 dan H_2S yang tidak biasa dimungkinkan terjadi karena jenis makanan yang dikonsumsi oleh ternak dan efektivitas sistem biodigestif yang berlangsung dalam reaktor (Watanabe, 2006) . Hasil pemurnian menggunakan kombinasi absorber silika gel, arang aktif dan Fe-EDTA memperlihatkan adanya proses pemurnian gas yang baik. Data menunjukkan ketiga komponen CO_2 , H_2O dan H_2S dapat terabsorb dengan baik. Data Analisis GC menunjukkan kadar CH_4 mendekati 100% kondisi ini sesuai dengan hasil pemurnian yang telah dilakukan oleh Vijay (2007), Ofori (2005). Hal ini menunjukkan telah terjadinya absorpsi maksimum dari komponen pengotor oleh absorber yang digunakan. Waktu kontak yang cukup lama (5 menit) sebelum biogas tersebut di kumpulkan sebagai bahan analisis, memberikan kesempatan absorber untuk menyerap gas-gas air, CO_2 dan H_2S . Secara fisik hasil pemurnian gas ditunjukkan oleh hilangnya bau dari biogas, yang menunjukkan telah hilangnya komponen gas yang berbau khas yaitu H_2S .

2. Proses Penyimpanan Biogas

Rancangan dan cara pengisian gas bertekanan dengan menggunakan Silinder Pneumatik dapat dilihat pada Gambar 5.




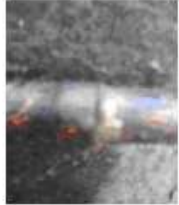


Gambar 5 Rancangan alat pengisian dengan Silinder Pneumatik

Dengan Menggunakan silinder/piston pneumatik dapat dihasilkan tekanan hingga 2 bar.

3. Proses *Brazing*

Penggunaan biogas yang bertekanan diuji cobakan pada proses *brazing* dan dibandingkan dengan gas asetilen (OAW) . Parameter yang dijadikan pembanding adalah kondisi api yang dihasilkan, suhu, dan hasil penyambungan dari proses *brazing*.

No.	Parameter Pembanding	Gas yang Digunakan	
		Asetilin	Biogas
1	Api yang dihasilkan		
2	Temperatur	720° C	720° C
3	Tekanan	2 bar <i>Acetylene</i> (ditambah dengan 1 bar oksigen)	2 bar biogas (ditambah dengan 1 bar oksigen)
4	Hasil <i>brazing</i>	 terjadi penyambungan	 terjadi penyambungan

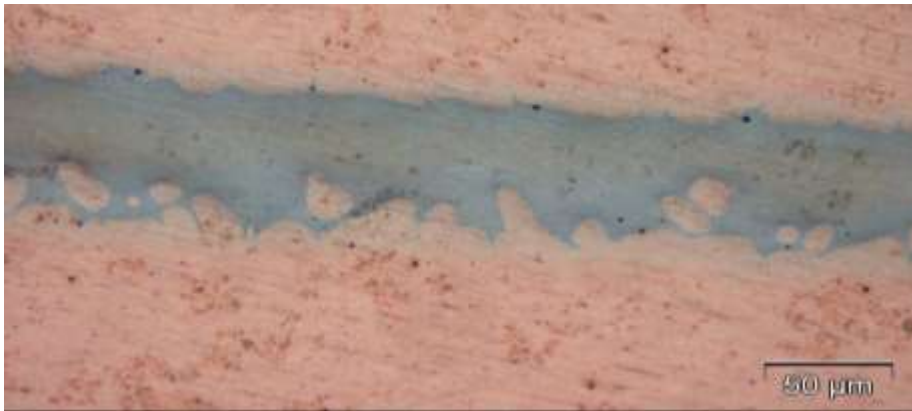
Percobaan dilakukan dengan memanfaatkan biogas yang dikompresi menggunakan pompa silinder pneumatik yang menghasilkan tekanan 2 bar dan ditambah dengan oksigen bertekanan 1 bar. Hasil percobaan menunjukkan api yang dihasilkan **telah dapat** mencapai temperatur yang dibutuhkan untuk proses *brazing* dengan bahan tambah silver yaitu 720°C, sehingga dapat terjadi penyambungan. Dari hasil pengukuran lebih lanjut diketahui bahwa hasil pembakaran biogas yang telah melalui proses pemurnian dengan tekanan 2 bar dan ditambah oksigen bertekanan 1 bar dapat menghasilkan panas dengan temperatur maksimum hingga 1064°C. Berdasarkan hasil percobaan tersebut dapat diprediksi dengan peningkatan tekanan

biogas maka temperatur yang dihasilkan juga semakin meningkat hingga dapat diaplikasikan untuk pengelasan logam (steel).

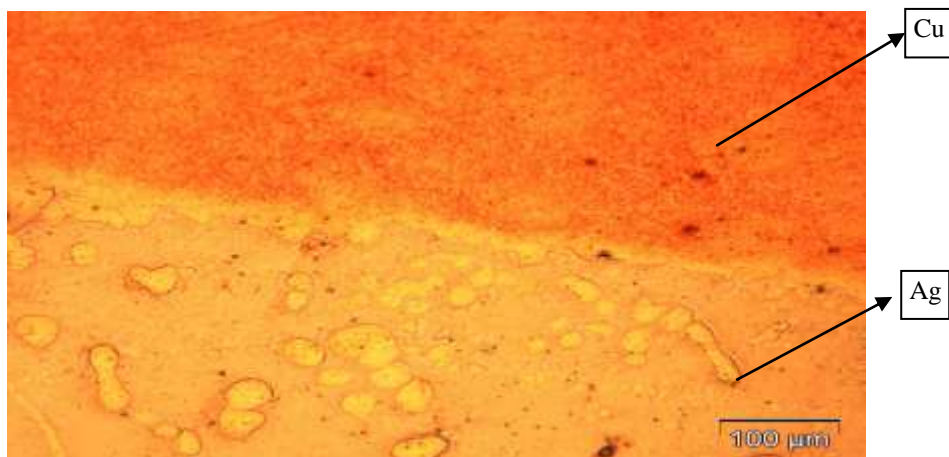
4. Analisa Struktur Mikro Hasil Proses *Brazing*

a. Analisa *Metalografi* (struktur mikro) Hasil *Brazing* dengan Biogas

Gambar-gambar dibawah ini merupakan gambar hasil uji *metalografi* struktur mikro hasil pengelasan dengan menggunakan Biogas ditambah oksigen.



Gambar 6. Struktur Mikro Sebelum Etsa (Pembesaran 50X)



Gambar 7. Struktur Mikro Setelah Etsa Pembesaran (50X)

Pada struktur mikro di atas tampak terlihat logam tembaga (logam inti) yang berwarna orange dan juga perak (bahan tambah). Pada bagian logam perak muncul seperti dendrite yang menunjukkan adanya peleburan perak terhadap tembaga akibat dari panas yang dihasilkan proses *brazing* tersebut.

Pemunculan gambar struktur mikro setelah dilakukan etsa dengan menggunakan larutan NH_4OH (ammonia) ditambah dengan air. Hal ini dilakukan karena untuk lebih memperjelas perbedaan antara tembaga dengan perak. Pada struktur di atas juga terdapat bagian yang berwarna lebih terang. Ini dapat mengindikasikan bahwa daerah tersebut telah mendapatkan suatu panas dari proses *brazing*.

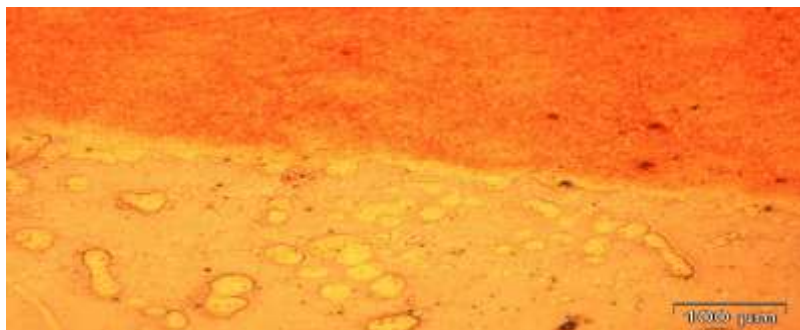
b. Analisa Perbandingan Struktur Mikro Hasil Brazing OAW dan Biogas

Berdasarkan data Gambar 8 dan 9, kedua gambar menunjukkan warna dan ifat daerah pembentukan aliansi logam yang hampir sama. Pada batas pertemuan logam Cu dan Ag tampak warna yang berbeda dari kedua jenis logam yang menunjukkan terjadinya paduan dari kedua logam. Hal ini menunjukkan bahwa pada kedua proses baik OAW maupun *brazing* terjadi difusi logam Ag ke Cu sehingga terjadi ikatan yang kuat. Pada kedua gambar juga terlihat pemunculan dendrit-dendrit yang diakibatkan adanya penetrasi logam Ag (sebagai bahan tambah) terhadap Cu (logam inti) yang disebabkan hasil panas dari proses *brazing dan OAW*.

Hasil kedua proses *brazing* secara fisik juga menunjukkan performa yang sama, hal ini ditunjukkan dengan tidak adanya *porosity* (rongga udara) diantara logam inti (Cu), di mana seluruh rongga/celah diantara logam inti terisi penuh oleh logam tambah (Ag). Data kualitatif dari kajian metalografi ini menunjukkan proses *brazing dan OAW* berlangsung dengan sempurna.



Gambar 8. Struktur mikro hasil *brazing* dengan OAW setelah dietsa



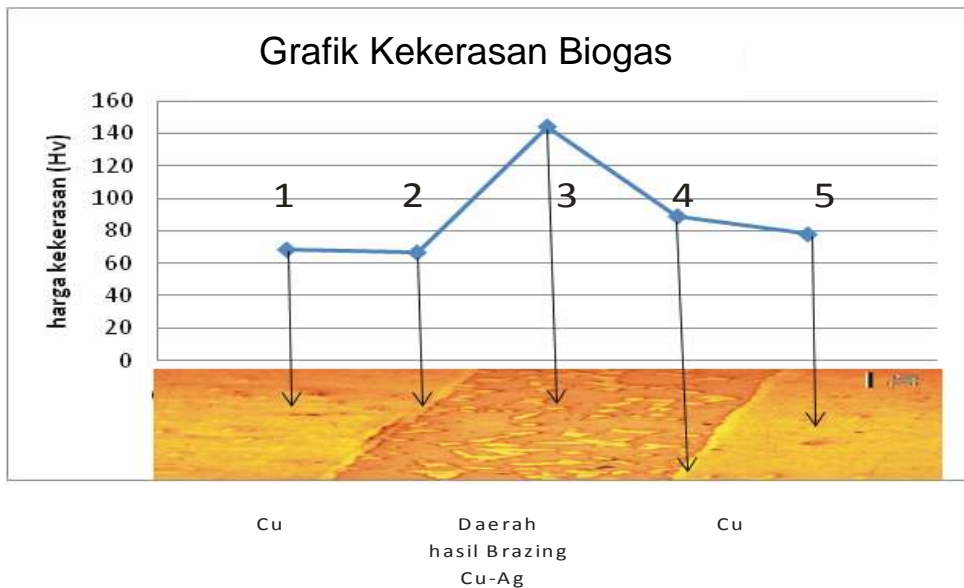
Gambar 9. Struktur mikro hasil *brazing* dengan OAW setelah dietsa

c. Analisa Pengujian Kekerasan Mikro Hasil *Brazing* dengan Biogas

Data pengujian keras hasil proses *brazing* pipa tembaga dengan Biogas menggunakan bahan tambah perak dapat dilihat pada Table 2.

Tabel 2 Hasil Pengujian Keras dengan Mesin Uji Keras Mikro

Parameter Keras								
Tembaga	1	2	3	rata-rata	4	5	6	rata-rata
d1	24,3	28,14	26,61		24,44	24,64	25,13	
d2	24,35	26,89	26,69		22,92	24,33	25,2	
Hv	78,4	61,2	65,3	68,3	82,7	77,3	73,2	77,73
Perak								
d1	18,07	17,37	19,95					
d2	16,41	18,32	17,81					
Hv	155,9	145,6	130,1	143,867				
Cu-Ag								
d1	26,38	21,95						
d2	26,41	23,76						
Hv	66,6	88,8		77,7				



Gambar 10. Grafik Harga Kekerasan Biogas

Dari ketiga hasil pengujian kekerasan dari logam bahan dasar Cu dan Ag serta hasil aliasinya dihasilkan data tingkat keras Cu pada titik 1 adalah 68,3 dan pada daerah titik 5 adalah 77,73, sedangkan data tingkat keras Ag pada titik 3 sebesar 143,8. Tingkat kekerasan dari setiap bagian dipengaruhi oleh unsur-unsur yang menyusun setiap logam dan juga dapat diakibatkan oleh hasil pemanasan proses *brazing*. Pada daerah batas yaitu titik 2 dan titik 4 menunjukkan data tingkat keras aliansi Cu-Ag rata-rata adalah 77,7, data ini menunjukkan telah terbentuknya tingkat kekerasan baru sebagai hasil aliansi Cu-Ag yang dihasilkan dari proses brazing Cu dengan menggunakan filler logam Ag. Dari hasil uji kekerasan ini maka kita dapat memperoleh data mengenai sifat kekerasan yang terbentuk pada daerah batas sebagai indikasi terjadinya difusi dan pembentukan aliansi Cu dan Ag. Hasil uji keras dari proses brazing ditunjukkan dengan kekerasan didaerah batas yang relatif lebih tinggi dari kekerasan logam Cu yang menunjukkan proses brazing telah terjadi secara sempurna.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Penggunaan absorber arang aktif, silika gel dan Fe-EDTA dapat menurunkan kadar air H₂S dan CO₂ secara simultan menghasilkan biogas murni dengan tingkat konsentrasi CH₄ ~ 100%.
2. Penyimpanan biogas bertekanan dapat digunakan dengan menggunakan silinder/piston pneumatik, dihasilkan tekanan 2 bar.
3. Proses *brazing* dapat dilakukan menggunakan biogas bertekanan 2 bar dengan penambahan oksigen bertekanan 1 bar pada temperatur 1208C.
4. Berdasarkan data analisis mikro baik pada penggunaan asetilen dan biogas terlihat pemunculan dendrit-dendrit sebagai indikasi adanya penetrasi logam Ag (sebagai bahan tambah) terhadap Cu (logam inti) hasil panas dari proses *brazing* .
5. Berdasarkan analisis tingkat kekerasan hasil *brazing* menggunakan asetilen dan biogas terjadi pergeseran harga kekerasan yang berbeda-beda antara logam yang satu dengan yang lainnya yang menunjukkan terbentuknya logam paduan sebagai akibat terjadinya difusi Cu dan Ag di daerah batas.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulkareem, A. S., (2003). *Refining Biogas Produced from Biomass: An Alternative to Cooking Gas*, <http://www.ima-eu.org/en/usestext.htm> , (tersedia on-line) 24 Oktober 2009
- Anonim, (2009). *Biogas as vehicle fuel, a Trend Setter report*. <http://www.novem.nl/> (tersedia on-line) 25 Oktober 2009
- Anonim, (1985), *Biogas/Biofertilizer Business Handbook*, Toronto : Peace Corps
- Bedall S. A., Hammond C. A. Kirby L.H., and Oostwouder S. P., (1996). *H₂S Abatement in Geothermal Power Plants*, London : the Geothermal Resources Council .
- Dubey A. K. (2000) *Wet scrubbing for carbon dioxide removal from biogas*. Annual report of Central Institute of Agricultural Engineering, Bhopal, India.
- Eyn, E. and A.M.F. Fileti, *Influence of Measurement Uncertainties on Absorption Coloumns Control*, www.actapress.com, [tersedia-on line], 28 Maret 2009

- Gary J. Nagl,(1996), Controlling H₂S Emissions in Geothermal Power Plants, A Substantial Commitment to the Environment Pays Off, *GRC Bulletin*, June, 1996, 233-235.
- Glaub J. C. and Digz L. F. (1981) Biogas purification processes. Biogas and alcohol fuels production. Vol. II. Biocycle Journal of waste recycling. Emmous the J P Press Inc.
- Kishore V. V. N. and Srinivas S. N. (2003) Biofuels of India. Journal of Scientific & Industrial Research, Vol. 62, 106-123, Jan.-Feb
- Mittal, K.M., (1996.) Biogas Systems-Principal and Applications. New Age International Private Limited Publications, New Delhi.
- Nonhebel G. (1964) Gas Purification Processes. George Newness Ltd., London.
- Ofori dan Kwofie (2009), Water Scrubbing: A Better option for purification and Biogas storage, *Journal World Applied Science (Special issue for Environment)*, 122-125
- Stewart D J (1981), . Anaerobic Digestion in New Zealand. Invermay Agriculture Research Centre, Mosgiel, New Zealand, 1981
- Watanabe Takuro, Kenji Kato, Nobuhiro Matsumoto, and Tsuneaki Maeda,(2006), Development of a Precise Method for the Quantitative Analysis of Hydrocarbons Using Post-Column Reaction Capillary Gas Chromatography, *Chromatography, Vol.27 No.2 (2006)*
- Wellinger A. and Lindeberg A. (1999) Biogas upgrading and utilization. Available online at <http://www.novaenergie.ch/ieabioenergy-task37/documente/biogas.pdf>, (tesedia on-line) 20 oktober 2009.