JRTPPI 7 (2) (2016)

Jurnal Riset
Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri

Journal homepage : ejournal.kemenperin.go.id/jrtppi

Kementerian Perindustrian
REPUBLIK INDONESIA

Pengaruh waktu kontak terhadap daya adsorpsi karbon aktif pada pengembangan teknologi proses purifikasi biogas

The influence of contact time on activated carbon adsorption toward the development of biogas purification

Nani Harihastuti*, Silvy Djayanti, Rame

Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri. Jl. Ki Mangunsarkoro No 6 PO Box: 829, Semarang 50136, Indonesia

INFO ARTIKEL

Sejarah Artikel :
Diterima 30 Maret 2016
Direvisi 3 Agustus 2016
Disetujui 8 Agustus 2016
Dipublikasikan online
23 November 2016

Keywords :
Contact time
Adsorption
Activated Carbon
Purification
Biogas

ABSTRAK

Penggunaan biogas sebagai bahan bakar secara langsung sering menimbulkan permasalahan yaitu terjadi bau tidak sedap, peralatan logam dan kompor cepat berkarat, dinding dapur terkikis dan nyala api sering padam. Hal ini disebabkan karena di dalam biogas terkandung gas-gas impurities seperti H_2S, NH_3, CO_2, dan uap air (H_2O) yang dapat menurunkan nilai kalori dari biogas dan merugikan lingkungan serta kesehatan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghilangkan gas impurities melalui proses purifikasi, sehingga diperoleh biogas yang mempunyai nilai kalor tinggi dan ramah lingkungan. Metode yang dilakukan dengan proses adsorpsi menggunakan adsorben karbon aktif dengan variabel waktu kontak, untuk mendapatkan daya adsorpsi yang optimum dari karbon aktif terhadap gas impurities yang ada dalam biogas. Hasil penelitian diperoleh data-data penghilangan/reduksi gas impuritis H_2S mencapai 99,99%, dari 4200 ppm menjadi 0,22 ppm, penghilangan gas NH_3 mencapai 94,96%, dari 12,7 ppm menjadi 0,65 ppm, penghilangan gas CO_2 mencapai 77,48%, dari 30,77 % menjadi 6,93 %, penghilangan uap air (H_2O) mencapai 97,95%, dari 0,584 mg/L menjadi 0,012 mg/L. Kenaikan konsentrasi metana (CH_4) dari 38,2 % menjadi 84,12 %. Hasil purifikasi metana (CH_4) dari biogas ini merupakan sumber energi terbarukan yang aman dan ramah lingkungan serta dapat di kembangkan lagi penerapannya di IKM tahu lainnya.Waktu jenuh adsorben karbon aktif diperoleh setelah 48 jam proses purifikasi berlangsung. Daya adsorpsi karbon aktif terhadap komponen gas impuritis adalah sebagai berikut : 10,98 mg H_2S/gram karbon aktif/menit, 0,016 mg NH_3/gram karbon aktif/menit, dan 0,090mg CO_2/gram karbon aktif/menit.

ABSTRACT

Direct utilization of biogas as fuel often cause problems, i.e bad odor, metal corrosive, wall erotion and frequent fire extinguished. This is due to the presence of gas impurities in biogas such as H_2S, NH_3, CO_2, H_2, CO and water vapor (H_2O), which will lower the value of calories from biogas and detrimental to the environment and health. The purpose of this research is to eliminate impurities gases, through a process called gas purification, until higher heat value of biogas is achieved. The Methods were undertaken by adsorption process using activated carbon adsorbent with variable time contacts, to obtain the optimum adsorption power of activated carbon toward gas impurities that are present in wastewater. The results showed that removal/reduction of H_2S of 99.99% was obtained, from 4200 ppm to 0.22 ppm, NH_3 removal reached 12.7%, from 94,96 ppm to 0.65 ppm, CO_2 removal reached 77.48%, from 30, 77% to 6.93%, water vapour (H_2O) removal reached 97,95%, from 0.584 mg/L to 0.012 mg/L, which increased methane concentration (CH_4) from 38.2% to 84.12%. This methane purification technology is renewable energy sources that is safe and environmentally friendly and also can be developed in other industries, i.e tofu industries. The saturation of activated carbon adsorbents obtained after 48 hours. Adsorption of each impurities gas components by activated carbon are written as follows: 10.98 mg H_2S/gram activated carbon/minute, 0.016 mg NH_3/gram of activated carbon/minute, 0.090 mg CO_2/gram activated carbon/minute.

© 2016 BBTPPI. All rights reserved.

*Alamat korepondensi :
E-mail : nanisoeharto@yahoo.com (N. Harihastuti)

e-ISSN 2503-5010/© 2016 BBTPPI. All right reserved.

1. PEDAHULUAN

Biogas adalah bioenergi yang sifatnya mudah terbakar yang dihasilkan dari proses penguraian bahan organik oleh bakteri/mikroorganisme secara *anaerobic* (tanpa udara) dengan melalui beberapa tahapan proses (Soerawidjaja, 2006). Energi biogas merupakan salah satu sumber energi alternatif yang dapat dihasilkan dari proses digestasi berbasis air limbah tahu dan dapat dimanfaatkan untuk industri itu sendiri (Kwartiningsih, 2007) dan (Sadzali, 2010).

Berbagai permasalahan yang dihadapi industri kecil menengah tahu selain masalah harga bahan baku kedelai, juga masalah harga bahan bakar minyak. Hal ini sangat berpengaruh pada volume produksi tahu. Selain kedua masalah tersebut, masalah limbah cair yang dihasilkan oleh industri tahu, oleh para pengrajin tahu pada skala industri rumah tangga (kecil), banyak yang tidak mampu untuk membiayai proses pengolahan limbah cair yang baik (Sadzali, 2010).

Suatu pemikiran apabila air limbah industri tahu dimanfaatkan, diolah dalam digester untuk menghasilkan biogas, maka akan diperoleh keuntungan ganda, yaitu menghasilkan sumber energi terbarukan yang dapat digunakan pada industri tahu itu sendiri, juga dapat mengendalikan pencemaran lingkungan perairan (Hozairi dkk., 2012).

Penggunaan biogas sebagai bahan bakar secara langsung sering menimbulkan permasalahan yaitu terjadi bau tidak sedap, peralatan logam dan kompor cepat berkarat, dinding dapur terkikis dan nyala api sering padam sendiri (Muryanto dkk, 2006). Menurut Harihastuti dkk (2010), proses digestasi air limbah tahu akan menghasilkan biogas yang didalamnya selain metana (CH_4) juga terkandung gas-gas lain H_2S, NH_3, CO_2, H_2 , CO dan uap air (H_2O). Hasil Analisis Laboratorium BBTPPI, 2010 kandungan biogas : (CH_4) sebesar 53,45-56,89%, karbondioksida (CO_2) 31,48-34,10%, hidrogen sulfida (H_2S) 6,04-10,69%, amoniak (NH_3) 0,001-0,003%, karbon monoksida (CO) 0,0027-0,0030%, uap air 2,17-3,37%, dan gas lainnya 0,80-1,0 %. Beberapa gas yang bersifat impurities dan berbahaya bagi lingkungan adalah H_2S dan NH_3 yang disyaratkan keberadaannya di lingkungan sesuai dengan PP. No.41 Tahun 1999 dan Kep-50/MenLH/11/1996), selain itu komponen gas CO_2 merupakan pemicu efek gas rumah kaca (Protokol Kyoto, 2007) dan uap air (H_2O) juga akan menurunkan nilai kalori dari biogas sebagai gas pembakar yang mempunyai komponen terbesar CH_4. Gas-gas impurities harus dihilangkan untuk memperoleh biogas sebagai bahan bakar yang mempunyai nilai kalor tinggi dan ramah lingkungan (Biernat dan Samson-Brek, 2011).

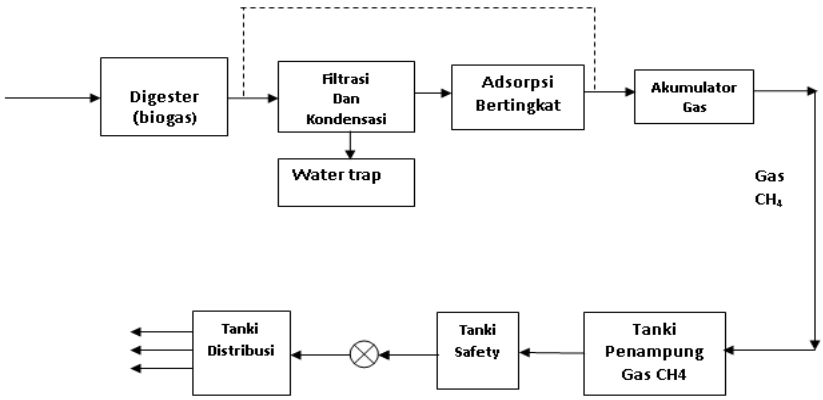
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh data awal kualitas komponen biogas berbasis air limbah tahu setelah proses anaerob dan keluar digester, memperoleh data kemampuan penyerapan adsorben karbon aktif untuk menghilangkan gas impuritis (H_2S, NH_3, CO_2) dan untuk memperoleh kondisi operasi terbaik proses purifikasi dengan unit peralatan purifikasi yang telah terpasang di salah satu pengrajin tahu sumber rejeki tahun 2011 dengan beberapa penyempurnaan (Harihastuti dkk., 2011).

2. METODE PENELITIAN

2.1.Bahan dan Alat

Bahan penelitian biogas diperoleh dari keluaran digester pengolahan air limbah tahu proses anaerob, bahan kimia digunakan untuk analisis komponen biogas sebelum dan sesudah proses purifikasi (H_2S, NH_3, CO_2 dan uap air/H_2O), bahan adsorben karbon aktif yang digunakan untuk proses purifikasi, berbentuk granul ukuran mesh 6 x 12 mm.

Peralatan penelitian berupa satu unit rangkaian peralatan purifier biogas yang terpasang di salah satu pengrajin tahu terdiri dari kondensor, *water trap*, *adsorber*, akumulator, *storage tank* dan *safety tank* dengan kelengkapan *flow rate*, thermo indikator, *pressure control*, manometer serta *safety valve*. Selain itu peralatan untuk pengambilan sampel dan analisis biogas: *impinger set, gas chromatografi, gastec tube detector, bag sampler, vacum pump, balance*, konektor, spektrofotometer, *weather station* dan *stop watch.*



Gambar 1. Rangkaian peralatan proses purifikasi biogas

2.2. Prosedur Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di salah satu pabrik tahu dengan skala Industri Kecil Menengah (IKM) yang terletak di Kartosuro, dengan kapasitas produksi 300-400 kwintal kedelai perhari. Pabrik tahu tersebut telah mempunyai digester biogas yang telah beroperasi secara kontinue dan telah mencapai kondisi *steady state*.

Biogas yang keluar dari digester masih mengandung gas impuritis dan uap air yang menyebabkan penurunan nilai kalori dan pencemaran lingkungan sehingga perlu dilakukan upaya penghilangan gas impurities tersebut sebelum digunakan sebagai bahan bakar yaitu dengan proses pemurnian (purifikasi).

Proses purifikasi dilakukan secara kontinue dengan metode adsorpsi menggunakan adsorben karbon aktif yang dilakukan secara bertingkat (Siriwardane at all, 2001 a, 2001 b), dengan variabel waktu kontak biogas dengan karbon aktif yang diproses secara kontinyu. Penghilangan kandungan uap air (H_2O) dilakukan dengan proses kondensasi. Gas H_2S, NH_3 dan CO_2 dihilangkan dengan proses adsorpsi bertingkat.

Hasil purifikasi ditampung sementara dalam akumulator kemudian disimpan dalam tangki *storage* yang siap didistribusikan ke pengguna. Tangki *storage* dilengkapi dengan *selenoid valve* untuk mengatur aliran penyimpanan gas berdasarkan kompresi/tekanan gas dalam tanki serta mengatur aliran gas keluar tanki secara otomatis dengan Prinsip."*NO CLOSED*". Volume 1000 liter ($1m^3$) , tekanan maximum 10 Bar, minimum 4,5 Bar. Setelah tekanan *storage tank* mencapai 10 bar, maka aliran gas secara otomatis mengalir ke pengguna, dan setelah tekanan turun sampai 4,5 Bar maka *valve* solenoid akan terbuka, gas bersih dari tanki akumulator secara otomatis akan masuk ke tanki *storage*.

Setelah melewati tangki penampung, gas metan masuk ke tangki *safety* yang berfungsi sebagai pengaman kalau kemungkinan terjadi ada percikan api disekitarnya, dirancang tidak dapat balik masuk ke tanki *storage*/penyimpan. Pada tanki *safety* 40% diisi air bersih. Selanjutnya tanki distribusi untuk mengalirkan gas metana bersih ke pengguna disiapkan dengan 5 (lima) saluran pengguna.

Analisis gas hasil purifikasi dilakukan setiap 3 jam sekali hingga tercapai waktu jenuh adsorben. Data tersebut digunakan sebagai dasar perhitungan daya reaktif karbon aktif dalam penyerapan setiap komponen gas impurities yang terkandung dalam campuran biogas (H_2S, NH_3, CO_2) persatuan waktu dengan formula neraca massa impuritis gas.

$$Fin.Cin - Fout.Cout = \frac{d(q.W)}{dt}$$

Keterangan :

Fin = laju alir gas impurities masuk (L/menit)
Fout = laju alir gas impurities keluar (L/menit)
Cin = konsentrasi gas impurities masuk (mg/Nm3)
Cout = konsentrasi gas impurities keluar (mg/Nm3)
q = jumlah gas impurities teradsorpsi mg / gram adsorben
W = berat adsorben yang digunakan (gram)
dt = perubahan waktu adsorpsi (menit)

(Siriwardane dkk., 2001 a, 2001 b)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Analisis Karakteristik Biogas yang akan diolah.

Sebelum proses purifikasi, dilakukan analisis bahan baku biogas keluar dari digester pengolahan air limbah tahu proses anaerob yang sudah *steady state*. Adapun hasil dari karakteristik biogas seperti berikut dibawah ini :

Tabel 1. Hasil analisis karakteristik biogas yang akan diolah

No.	Parameter	Satuan	Nilai
1.	Flowrate biogas masuk Purifier	L/menit	47
2.	Flowrate biogas keluar Purifier	L/menit	25,5
3.	Metana (CH_4)	%	38,2
4.	Hidrogen Sulfida (H_2S)	Ppm	4200
5.	Karbon Dioksida (CO_2)	Ppm	30,77
6.	Amoniak (NH_3)	12,70	12,70
7.	Uap Air (H_2O)	mg/liter	584

Karaketristik biogas tersebut diatas digunakan sebagai asumsi kondisi awal sebelum proses purifikasi berlangsung. Konsentrasi H_2S pada biogas 4200 ppm dan NH_3 sebesar 12,7 ppm. Nilai ambang batas H_2S adalah 2 ppm dan NH_3 adalah 0,2 ppm (KEP-50/MENLH/11/1996), sehingga harus di hilangkan, dalam penelitian ini melalui proses purifikasi. Berikut adalah hasil analisis gas-gas impurities keluar adsorber setelah proses purifikasi. Analisis dilakukan pada setiap variabel waktu kontak 3 (tiga) jam sekali.

3.2 Pengaruh Waktu kontak terhadap keluaran gas impurities dari absorber

a. Gas NH_3 (Amoniak) dan Gas H_2S (Hidrogen Sulfida)

Hasil analisis penurunan konsentrasi gas impurietis NH_3 dan H_2S ditunjukkan pada tabel 2. Hasil analisis konsentrasi NH_3 pada awalnya 12,7 ppm dan konsentrasi H_2S pada awalnya 4200 ppm, setelah mengalami proses adsorpsi terlihat keduanya mempunyai kecenderungan menurun, Untuk NH_3 pada sampel ke -16 sampai sampel ke-18 telah menunjukkan hasil yang konstan 0,65 ppm sampai dengan 0,64 ppm. Hal ini disebabkan oleh terjerapnya gas tersebut ke dalam rongga pori karbon aktif, sehingga semakin lama waktu kontak akan terjadi deposit senyawa gas masuk ke pori pori karbon aktif tersebut, sampai terjadi kejenuhan (Hamidi dkk., 2011).

Tabel 2. Hasil analisis konsentrasi gas NH_3 dan H_2S setelah purifikasi.

Pengambilan sampel waktu ke-	KONSENTRASI GAS			
	NH_3 (ppm)	NH_3 (%)	H_2S (ppm)	H_2S (%)
0 (awal)	12,71	0,001271	4200	0,42
1	12,22	0,001222	3000	0,30
2	6,61	0,000661	2800	0,28
3	3,50	0,000350	2600	0,26
4	2,99	0,000299	2500	0,25
5	2,85	0,000285	1000	0,10
6	2,67	0,000267	27,48	0,002748
7	2,65	0,000265	20,65	0,002065
8	2,65	0,000265	15,44	0,001544
9	2,21	0,000221	9,54	0,000954
10	2,15	0,000215	7,21	0,000721
11	2,13	0,000213	4,27	0,000427
12	2,09	0,000209	0,23	0,000023
13	2,05	0,000205	0,25	0,000025
14	2,00	0,000200	0,22	0,000022
15	1,76	0,000176	0,21	0,000021
16	0,65	0,000065	0,20	0,000020
17	0,64	0,000064	0,19	0,000019
18	0,64	0,000064	0,20	0,000020

Untuk reduksi konsentrasi H_2S konstan pada hasil analisis pengambilan sampel ke 16 sampai ke 18 yaitu 0,20 ppm sampai 0,19 ppm yang mana telah menunjukkan kecenderungan konstan.

Konsentrasi kedua gas H_2S dan NH_3 hasil purifikasi terlihat konstan mulai pengambilan sampel ke 16, berarti adsorben telah mencapai waktu jenuh pada proses purifikasi yang telah berlangsung 3x16 jam = 48 jam. Adsorben karbon aktif dapat segera diganti untuk diaktifasi atau di regenerasi kembali (Alwathan dkk., 2013). Regenerasi diakukan dengan memanaskan adsorben karbon aktif pada suhu 300°C selama 2 jam. Proses purifikasi tetap dapat berlangsung dengan memindahkan *switch* ke *line* kedua.

b. Gas Karbon Dioksida (CO_2)

Berikut adalah data persentase kandungan gas karbon dioksida CO_2 dalam biogas setelah mengalami purifikasi ditampilkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil analisis konsentrasi gas CO_2 setelah proses purifikasi

Pengambilan Sampel Waktu Ke-	Konsentrasi CO_2 (%)
0 (awal)	30,77
1	30,09
2	29,02
3	28,93
4	28,73
5	28,36
6	27,9
7	27,78
8	26,01
9	25,71
10	25,04
11	24,70
12	21,02
13	19,89
14	16,95
15	16,88
16	7,43
17	6,93
18	6,90

Dari Tabel 3 diatas menunjukkan hasil analisis gas Karbon Dioksida (CO_2) yang terkandung pada biogas mula-mula sebelum dilakukan proses purifikasi yaitu 30,77 %, kemudian terjadi pengurangan kandungan gas Karbon dioksida (CO_2) pada biogas setelah mengalami proses adsorpsi. Hasil analisis CO_2 pada sampel ke 17 (tujuh belas) terlihat sudah mencapai reduksi optimal dengan konsentrasi turun menjadi 6,93%, berarti telah mencapai waktu kontak 17x 3 jam = 51 jam dengan penurunan sebesar 77,48 %. Besarnya nilai reduksi CO_2 disebabkan karena karbon aktif mempunyai pH basa, sedangkan gas CO_2 bersifat asam, sehingga menjerap cukup baik kedalam pori-pori karbon aktif untuk gas impurieties CO_2 (Widyastuti dkk., 2013) yang ditunjukkan pada hasil ujicoba tersebut diatas. Saat ini suatu indikasi karbon aktif telah mengalami kejenuhan setelah proses adsorpsi 51 (lima puluh satu) jam proses purifikasi maka adsorben karbon aktif dapat segera diganti untuk diaktifasi atau di regenerasi kembali. Regenerasi dlakukan dengan memanaskan adsorben karbon aktif pada suhu 300°C selama 2 jam. Proses purifikasi tetap dapat berlangsung dengan memindahkan *switch* ke *line* kedua.

Untuk penentuan waktu jenuh adsorben karbon aktif pada proses purifikasi ini dipilih waktu terpendek dari waktu jenuh yang diperoleh masing masing jenis gas impuritis H_2S, NH_3 dan CO_2 yaitu 48 jam. Hal ini dengan pertimbangan lebih ramah lingkungan. Pabrik beroperasi selama 8 jam perhari, sehingga secara aktual regenerasi adsorben dapat dilakukan setiap 6 (enam) hari sekali.

c. Penghilangan Kandungan Uap Air (H_2O)

Biogas diproses berbahan baku dari limbah cair tahu, sehingga pada analisis awal biogas mengandung uap air (H_2O) yang sangat signifikan. Adanya uap air ini sangat mempengaruhi dalam proses pembakaran, menyebabkan korosi dan api sering padam, sehingga harus dihilangkan.

Pada rangkaian proses pemurnian biogas ini penghilangan uap air telah di antisipasi dengan membuat kondensor yang dipasang sebelum adsorber, dengan harapan supaya tidak mempengaruhi kinerja karbon aktif. Karbon aktif yang basah akan menurunkan kinerjanya. Uap air di kondensasikan dengan air pendingin yang disirkulasi, sehingga mengembun dan menjadi cair yang masuk dalam *water trap*, kemudian di buang lewat pipa drain. Adapun data mengenai hasil reduksi uap air dengan cara kondensasi tersaji pada Tabel 4.

Tabel 4. Penurunan kadar uap air pada proses kondensasi

Pengambilan sampel waktu ke	Penurunan Kadar uap air mg/L	Kadar uap air gr/L
0 (awal)	584	0,584
1	342	0,342
2	223	0,223
3	112	0,112
4	84	0,084
5	64	0,064
6	60	0,060
7	23	0,023
8	12	0,012

Analisis kadar uap air dilakukan pada awal sebelum biogas masuk kondensor diperoleh dengan konsentrasi 584 mg/lt = 0,584 gr/l dengan metode *gravimetri* dengan bahan penyerap $CaCl_2$. Pada proses kondensasi dapat direduksi hanya dapat mencapai kadar akhir 0,012 gr/l, sehingga uap air yang terkondensasi 97,95 %.

d. Kenaikan Konsentrasi Gas CH_4

Pada proses purifikasi biogas pada awalnya konsentrasi metana menunjukkan 38,2% didalam biogas. Selanjutnya dilakukan proses purifikasi untuk menghilangkan gas-gas impuritiesnya. Bersamaan dengan berkurangnya atau reduksinya gas-gas impuritis, maka konsentrasi CH_4 akan mengalami kenaikan seperti dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Kenaikan konsentrasi CH_4 pada proses purifikasi

PENGAMBILAN SAMPEL WAKTU KE-	KONSENTRASI GAS CH_4 (%)
0 (awal)	38,2
1	45,12
2	46,04
3	46,36
4	48,4
5	48,71
6	50,6
7	51,56
8	52,33
9	55,62
10	61,67
11	63,73
12	64,45
13	67,63
14	72,72
15	81,94
16	84,12
17	83,09
18	80,32

Dari tabel 5 terlihat konsentrasi CH_4 cenderung mengalami kenaikan, dari hasil analisis sampel ke-1 sampai sampel ke-18. Kenaikan ini disebabkan karena gas impuritis biogas seperti CO_2, NH_3, dan H_2S telah tereduksi diserap oleh karbon aktif, sedangkan uap air telah mengalami kondensasi.

Pada pengambilan sampel ke 16 diperoleh kenaikan kadar CH_4 tertinggi sebesar 84,12%, kemudian mengalami penurunan pada analisis ke 17 dan ke 18. Hal ini merupakan kondisi optimum karbon aktif dalam melakukan proses adsorpsi untuk penghilangan semua gas impuritis untuk menaikkan konsentrasi metana.

Hari ke 16 merupakan kinerja adsorben karbon aktif secara kontinyu 3x16 = 48 jam. Kondisi optimum dimana gas impurities teradsorbsi ke dalam karbon aktif menempati rongga-rongga porous sehingga gas CH_4 keluar reaktor dalam keadaan kemurnian yang tinggi.

Selanjutnya, pada hasil analisis pengambilan sampel ke 17 dan 18 konsentrasi gas methan cenderung turun lagi, karena karbon aktif sudah mengalami kejenuhan, ini merupakan indikasi adsorben harus diregenerasi karena sudah jenuh. Langkah selanjutnya adalah segera dilakukan aktifasi karbon aktif dengan memanaskan 300° C selama 2 jam setelah itu dapat digunakan kembali.

3.3 Laju perpindahan massa untuk setiap komponen gas impurities.

Berikut adalah hasil perhitungan laju perpindahan massa atau kemampuan daya reaktif karbon aktif dalam penyerapan komponen gas impuritis yang ada dalam campuran biogas.

a. Daya Reaktif karbon aktif dalam penyerapan gas H_2S dalam biogas

Dari hasil perhitungan pada tabel 6 dilihat pada hasil analisis pengambilan sampel yang ke 16 pada kondisi waktu jenuh adsorben, diperoleh daya adsorpsi dari karbon aktif terhadap gas H_2S pada kondisi optimum 48 jam adalah 10,98 mg H_2S /gram karbon aktif / menit.

b. Daya Reaktif karbon aktif dalam penyerapan gas NH_3 dalam biogas

Dari hasil perhitungan pada tabel 7 dilihat pada hasil analisis pengambilan sampel yang ke 16 pada kondisi waktu jenuh adsorben, diperoleh daya adsorpsi dari karbon aktif terhadap gas NH_3 pada kondisi optimum 48 jam adalah 0,016 mg NH_3 /gram karbon aktif / menit.

Tabel 6. Perhitungan daya adsorpsi karbon aktif terhadap H_2S persatuan waktu

Waktu pengambilan sampel (menit)	Cin H_2S (mg/Liter)	Fin (Liter/ menit)	C out	F Out (liter/menit)	Fin.Cin-Fout.Cout	W (gram)	Q (mg/gr)
0	5840,49	47,0	5562,37	25,5	132662,58	25000	5,31
180	5840,49	47,0	4171,78	25,5	168122,70	25000	6,72
360	5840,49	47,0	3893,66	25,5	175214,72	25000	7,01
540	5840,49	47,0	3615,54	25,5	182306,75	25000	7,29
720	5840,49	47,0	3476,48	25,5	185852,76	25000	7,43
900	5840,49	47,0	1390,59	25,5	239042,94	25000	9,56
1080	5840,49	47,0	38,21	25,5	273528,62	25000	10,94
1260	5840,49	47,0	28,72	25,5	273770,82	25000	10,95
1440	5840,49	47,0	21,47	25,5	273955,56	25000	10,96
1620	5840,49	47,0	13,27	25,5	274164,78	25000	10,97
1800	5840,49	47,0	10,03	25,5	274247,40	25000	10,97
1980	5840,49	47,0	5,94	25,5	274351,65	25000	10,97
2160	5840,49	47,0	0,32	25,5	274494,91	25000	10,98
2340	5840,49	47,0	0,35	25,5	274494,20	25000	10,98
2520	5840,49	47,0	0,31	25,5	274495,27	25000	10,98
2700	5840,49	47,0	0,29	25,5	274495,62	25000	10,98
2880	5840,49	47,0	0,28	25,5	274495,98	25000	10,98
3060	5840,49	47,0	0,26	25,5	274496,33	25000	10,98
3240	5840,49	47,0	0,28	25,5	274495,98	25000	10,98

Tabel 7. Perhitungan daya adsorpsi karbon aktif terhadap NH_3 persatuan waktu

Waktu pengambilan sampel (menit)	C in NH3 (mg/Liter)	Fin (Liter/ menit)	C out	F Out (liter/menit)	Fin.C in-Fout.C out	W (gram)	Q (mg/gr)
0	8,84	47,0	8,84	25,5	190,00	25000	0,008
180	8,84	47,0	8,50	25,5	198,64	25000	0,008
360	8,84	47,0	4,60	25,5	298,15	25000	0,012
540	8,84	47,0	2,43	25,5	353,29	25000	0,014
720	8,84	47,0	2,08	25,5	362,34	25000	0,014
900	8,84	47,0	1,98	25,5	364,76	25000	0,015
1080	8,84	47,0	1,86	25,5	368,01	25000	0,015
1260	8,84	47,0	1,84	25,5	368,36	25000	0,015
1440	8,84	47,0	1,84	25,5	368,36	25000	0,015
1620	8,84	47,0	1,54	25,5	376,17	25000	0,015
1800	8,84	47,0	1,50	25,5	377,22	25000	0,015
1980	8,84	47,0	1,48	25,5	377,58	25000	0,015
2160	8,84	47,0	1,45	25,5	378,29	25000	0,015
2340	8,84	47,0	1,43	25,5	379,00	25000	0,015
2520	8,84	47,0	1,39	25,5	379,89	25000	0,015
2700	8,84	47,0	1,22	25,5	384,14	25000	0,015
2880	8,84	47,0	0,45	25,5	403,82	25000	0,016
3060	8,84	47,0	0,44	25,5	404,00	25000	0,016
3240	8,84	47,0	0,44	25,5	404,00	25000	0,016

Tabel 8. Perhitungan Daya adsorpsi karbon aktif terhadap CO_2 persatuan waktu

Waktu (menit)	Cin CO_2 (mg/Liter)	Fin (Liter/menit)	C out	F Out (liter/menit)	Fin.Cin-Fout.Cout	W (gram)	Q (mg/gr)
0	55,37	47,0	55,37	25,5	1190,53	25000	0,048
180	55,37	47,0	54,15	25,5	1221,73	25000	0,049
360	55,37	47,0	52,22	25,5	1270,84	25000	0,051
540	55,37	47,0	52,06	25,5	1274,97	25000	0,051
720	55,37	47,0	51,70	25,5	1284,14	25000	0,051
900	55,37	47,0	51,04	25,5	1301,12	25000	0,052
1080	55,37	47,0	50,21	25,5	1322,23	25000	0,053
1260	55,37	47,0	49,99	25,5	1327,74	25000	0,053
1440	55,37	47,0	46,81	25,5	1408,96	25000	0,056
1620	55,37	47,0	46,27	25,5	1422,73	25000	0,057
1800	55,37	47,0	45,06	25,5	1453,48	25000	0,058
1980	55,37	47,0	44,45	25,5	1469,08	25000	0,059
2160	55,37	47,0	37,83	25,5	1637,95	25000	0,066
2340	55,37	47,0	35,79	25,5	1689,81	25000	0,068
2520	55,37	47,0	30,50	25,5	1824,72	25000	0,073
2700	55,37	47,0	30,38	25,5	1827,93	25000	0,073
2880	55,37	47,0	13,37	25,5	2261,59	25000	0,090
3060	55,37	47,0	12,53	25,5	2283,16	25000	0,091
3240	55,37	47,0	12,42	25,5	2285,91	25000	0,091

c. *Daya Reaktif karbon aktif dalam penyerapan gas CO_2 dalam biogas*

Dari hasil perhitungan pada tabel 8 dilihat pada hasil analisis pengambilan sampel yang ke 16 pada kondisi waktu jenuh adsorben, diperoleh daya adsorpsi dari karbon aktif terhadap gas CO_2 pada kondisi optimum 48 jam adalah 0,090 mg CO_2 /gram karbon aktif / menit.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini didapatkan kesimpulan mengenai penghilangan gas impurities antara lain H_2S mencapai 99,99% (4200 ppm - 0,22 ppm), NH_3 mencapai 94,96% (12,7 ppm - 0,65 ppm), CO_2 mencapai 77,48 % (30, 77 % - 6,93 %) dan Uap air (H_2O) mencapai 97,95% (0,584 gr/lt - 0,012 gr/lt.). Penurunan konsentrasi impurities tersebut berdampak pada kenaikan konsentrasi metana (CH_4) dari 38,2 % menjadi 84,12 %. Waktu jenuh adsorben karbon aktif diperoleh setelah 48 jam proses purifikasi berlangsung dan waktu regenerasi dapat dilakukan setelah 6 (enam) hari. Daya adsorpsi karbon aktif terhadap masing masing komponen gas impuritis dihitung sampai saat waktu jenuh, untuk H_2S adalah 10,98 mg H_2S/gram karbon aktif/menit, NH_3 adalah 0,016 mg NH_3/gram karbon aktif/menit, dan CO_2 adalah 0,090mg CO_2/gram karbon aktif/menit. Hasil purifikasi metana (CH_4) dari biogas ini merupakan sumber energi terbarukan yang aman, murah dan ramah lingkungan serta mempunyai nilai kalor yang tinggi dan dapat di kembangkan lagi dalam penerapannya di pengrajin tahu lainnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada salah satu pengusaha tahu Sumber Rejeki di Kartosuro Kabupaten Sukoharjo yang digunakan sebagai lokasi penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Alwathan Mustafa., dan Ramli Thahir., 2013, Pengurangan Kadar H2S dari Biogas Limbah Cair Rumah Sakit dengan Metode Adsorpsi, Jurnal Konversi Vol. 2 (1) pp.1-6.

Biernat K. dan Samson-Brek I., 2011, Review of Technology for Cleaning Biogas to Natural Gas Quality.*Chemik*, 65 (5), pp. 435-444.

Hamidi, Nurkholis., Wardana ING., dan Denny Widhiyanuriyawan., 2011, Peningkatan Kualitas Bahan Bakar Biogas Melalui Proses Pemurnian dengan Zeolit Alam. Jurnal Rekayasa Mesin Vol. 2 (3), pp. 227-231.

Harihastuti N., Sari IRJ., Sukani., Jaswadi., dan Christyanto HY., 2010, Aplikasi Teknologi Adsorpsi untuk Purifikasi Gas Methane (CH4) dari Biogas yang Dihasilkan pada Proses Pengolahan Air Limbah Industri Tahu Sistem Anaerob. Laporan Penelitian Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri No. 2024.0122/BPKIMI/BBTPPI/A.3/2010.

Harihastuti N., Djayanti S., Prasetio A., Faturakhman JA., Jaswadi., Hidayat AF,. 2011, Penerapan Teknologi Purifikasi gas methane (CH4) dari Proses Biogas Pengolahan Air limbah Industri tahu sebagai sumber Energi Alternatif, Laporan Penelitian Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri No. 873.01.011 /BPKIMI /BBTPPI/B/2011.

Hozairi, Bakir, dan Buhari., 2012, Pemanfaatan Kotoran Hewan Menjadi Energi Biogas Untuk Mendukung Pertumbuhan UMKM di Kabupaten Pamekasan. Prosiding InSINas 2012, Hal 93-98.

Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. KEP-50/MENLH/11/1996 tentang Baku Tingkat Kebauan.

Kwartiningsih E., 2007, Pemurnian Biogas dari Kandungan Hidrogen Sulfida (H2S) Menggunakan Larutan Absorben dari Besi Bekas (Besi Rongsok). http://lppm.uns.ac.id// diakses pada tanggal 23 Februari 2014.

Muryanto J., Pramono., 2006, Biogas, Energi Alternatif Ramah Lingkungan. Cetakan 1. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Jawa Tengah. Ungaran

Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara.

Protokol Kyoto., 2007. Kyoto Protocol To The United Nations Framework Convention On Climate Change in Bali, Bali - Indonesia.

Sadzali I., 2010, Potensi Limbah Tahu Sebagai Biogas, Jurnal UI Untuk Bangsa Seri Kesehatan, Sains, dan Teknologi, Vol I, Desember 2010.

Soerawidjaja TH., 2006, Potensi Sumber Daya Hayati Indonesia dalam Penyediaan Berbagai Bentuk Energi. http://www.dikti.org/biogas diakses pada tanggal 1 Oktober 2014.

Siriwardane RM., Shen E., Fisher J., Poston., dan A Shamsi., 2001a, Adsorption and desorption of CO2 on solid sorbents. www.netl.doe.gov diunduh pada tanggal 28 Januari 2015.

Siriwardane RM., Shen E., Fisher J., Poston,, dan DH Smith., 2001b, Adsorption of CO2 on Molecular Sieves and Activated Carbon.

Widyastuti A., Berlian S., dan Afghani J., 2013, Karbon Aktif dari Limbah Cangkang Sawit sebagai Adsorben Gas dalam Biogas Hasil Fermentasi Anaerobik Sampah Organik. JKK Vo. 2 (1), pp.30-33.