

Rancang Bangun Sistem Penyerap Karbon dioksida (CO₂) Pada Aliran Biogas Dengan Menggunakan Larutan Ca(OH)₂

Aris Prasetya Masyhuri*, Ary Mustofa Ahmad, Gunomo Djojowasito

Jurusan Keteknikan Pertanian - Fakultas Teknologi Pertanian - Universitas Brawijaya
Jl. Veteran, Malang 65145

*Penulis Korespondensi, Email: kece_zid@yahoo.com

ABSTRAK

Biogas adalah gas campuran metana (CH₄), karbondioksida (CO₂) dan gas lainnya yang didapat dari hasil penguraian material organik seperti kotoran hewan, kotoran manusia, tumbuhan oleh bakteri pengurai metanogen pada sebuah biodigester. Jadi, Untuk menghasilkan biogas, dibutuhkan pembangkit biogas yang disebut biodigester. Proses penguraian material organik terjadi secara anaerob (tanpa oksigen). Biogas terbentuk pada hari ke 4 – 5 sesudah biodigester terisi penuh, dan mencapai puncak pada hari ke 20 – 25. Biogas yang dihasilkan oleh biodigester sebagian besar terdiri dari 50 – 70% metana (CH₄), 30 % – 40% karbondioksida (CO₂), dan gas lainnya dalam jumlah kecil. Kandungan CO₂ pada biogas sulit dipisahkan dengan unsur metan (CH₄), oleh karena itu perlu dibuat sistem pemisah CO₂ dari sistem aliran biogas yang kontinyu agar pemanfaatan biogas lebih berkualitas. Minimal dapat menurunkan kadar CO₂ dalam biogas. Keberadaan CO₂ yang cukup besar tadi sangat mengganggu dalam proses pembakaran, karena CO₂ sangat sulit untuk ikut terbakar bersama metana (CH₄), oleh karena itu keberadaan CO₂ perlu dikurangi. Kalsium hidroksida adalah senyawa kimia dengan rumus kimia Ca(OH)₂. Larutan Ca(OH)₂ disebut air kapur dan merupakan basa dengan kekuatan sedang. Larutan tersebut bereaksi hebat dengan berbagai asam, dan bereaksi dengan banyak logam dengan adanya air. Larutan tersebut menjadi keruh bila dilewatkan karbon dioksida, karena mengendapnya kalsium karbonat. Alat penyerap CO₂ yang digunakan terdiri dari 3 bagian utama : 1. Saluran pemasukan yang terdapat nozel untuk membuat gelembung-gelembung, 2. Toples plastik sebagai tempat larutan Ca(OH)₂, 3. Saluran pengeluaran. Penurunan prosentase kandungan CO₂ terbesar terjadi pada nozel berpori daripada nozel besar yaitu sebesar 8,904 % dari sample awal ke menit 30 (tahap I), dari menit 30 ke menit 60 sebesar 2,595 % (tahap II) dan dari menit 60 ke menit 90 sebesar 3,338 % (tahap III), sedangkan untuk nozel besar yaitu 8,883 % dari sample awal ke menit 30 (tahap I), dari menit 30 ke menit 60 sebesar 1,693 % (tahap II) dan dari menit 60 ke menit 90 kandungan CO₂ bertambah sebesar 0,261 % (tahap III), hal ini terjadi dikarenakan gelembung-gelembung gas yang dihasilkan oleh nozel berpori lebih banyak daripada nozel besar sehingga reaksi gas CO₂ dengan larutan Ca(OH)₂ pada nozel berpori lebih cepat dan lebih besar daripada reaksi pada nozel besar dan penambahan kadar CO₂ pada nozel besar dari menit 60 ke menit 90 dapat diakibatkan karena larutan Ca(OH)₂ mulai jenuh, sehingga kemampuan untuk bereaksi terhadap CO₂ berkurang. Peningkatan prosentase kandungan gas metana terbesar terjadi pada nozel berpori yaitu dari 44,814 % menjadi 69,871 % hal ini dikarenakan gelembung-gelembung gas yang dihasilkan oleh nozel berpori lebih kecil ukurannya daripada nozel besar, sehingga gas CO₂ yang terikat lebih banyak dan metana yang lolos lebih besar daripada nozel besar.

Kata kunci : Biogas, CO₂, dan Ca(OH)₂.

Design of Sorbent System of Carbon dioxide (CO₂) in biogas flow using Ca(OH)₂ Solution

ABSTRACT

Biogas is the mix of methane gas (CH₄), Carbondioxyde (CO₂), and other gas from organic materials disentangling such as animal feces, human feces, plant by bacterial disentangle of metanogen on the biodigester. Furthermore, resulting biogas, it needed biogas generator called biodegester. Disentangling process of organic material occur anaerobly (without oxygen). Biogases are formed on 4-5 days after biodigester full, and the high on 20-25. Biogases are resulted by biodegester, mostly from 50-70% methane (CH₄), 30%-40% Carbondioxyde (CO₂), and other gas in minimum scale. The contents of CO₂ on the biogas are difficult to be separated with methane unsure (CH₄). Because of that, it needs to make separated system CO₂ from biogas flow system which continuing for biogas's benefits having more quality. Minimally it can be reduced CO₂ in the biogas. Existing of CO₂ are big enough, it disturb the burning, because CO₂ are very difficult to burn with methane (CH₄). Moreover, it needs to be reduced. Calcium hydroxide is the chemical compound with Ca(OH)₂. Ca(OH)₂ solution is whitewash and it's liquid base with the middle power those solution have a attractiveness reaction with the variation of acid, and it have reaction with much metal by the water presenting. Those becomes muddy if combined with Carbondioxyda because be represented Calcium Carbonate. CO₂ absorber's tools are consisting of three main parts those are: (1) input channel that have nozzle for making bubble, (2) plastic topless as the place for Ca(OH)₂ solution, (3) out put channel. Reducing percentage of CO₂ contains the biggest occur on the porous nozzle than the big nozzle that is 8.904% from the first sample early 30 minutes (stage 1), from 30 minutes to 60 minutes 2.595% (stage 2), and from 60 minutes to 90 minutes 3.38% (stage 3). While for the big nozzle 8.883% than sample in the early minutes 30 (stage 1) from 30 minutes to 60 minutes 1.693% (stage 2), and from 60 minutes to 90 minutes CO₂ increase 0.261% (stage 3). It is happen because the gas bubble are produced by porous nozzle greater than CO₂ reaction with Ca(OH)₂ solution on the porous nozzle more quickly and bigger than reaction on the big nozzle and the addition of CO₂ on the big nozzle from minutes 60 to 90 minutes can be caused the Ca(OH)₂ solution start surfeited. Therefore, the ability for CO₂ reaction is reducing. The percentage of methane gas's contains becomes the bigger on the porous nozzle that is 44.814% becomes 69.871%. It is caused by the gas bubble are produced by porous nozzle smaller size than big nozzle. So, CO₂ gas that is associated very much and methane slip away bigger than the big nozzle.

Keywords : Biogas, CO₂, and Ca(OH)₂

PENDAHULUAN

Meningkatnya kebutuhan bahan bakar yang disebabkan oleh meningkatnya jumlah penduduk dan bertambahnya industri-industri yang menggunakan bahan bakar minyak, mendorong para ahli untuk mencari sumber energi lain sebagai pengganti bahan bakar minyak. Salah satu energi alternatif yaitu dengan memanfaatkan *renewable energy* atau energi yang dapat diperbaharui dan digunakan untuk menggantikan pemakaian bahan bakar minyak atau gas alam (*fossil fuels*).

Salah satu sumber *renewable energy* yang bisa membantu tersedianya bakar minyak selain bahan bakar minyak dan gas adalah biogas. Karena sumber bahan baku energi ini merupakan bahan non fosil, umumnya adalah limbah dari kotoran ternak. Biogas bahan bakar yang tidak menghasilkan asap, sehingga biogas ini bisa untuk menggantikan bahan bakar minyak atau gas alam. Biogas dihasilkan oleh suatu proses yang disebut proses dekomposisi anaerobik, hasilnya berupa gas campuran metan (CH₄), karbondioksida (CO₂), air, dan sedikit beberapa unsur seperti nitrogen, amonia, sulfur dioksida, hidrogen dan hidrogen sulfida.

Komposisi biogas yang dihasilkan dari fermentasi tersebut terbesar adalah gas Methan (CH_4) sekitar 54-70% serta gas karbondioksida (CO_2) sekitar 27-45%. Oleh karena itu usaha mengurangi CO_2 pada biogas diduga akan meningkatkan kualitas pembakaran dan kalori biogas (Nurhasanah dkk, 2008).

Keberadaan CO_2 pada biogas sulit dipisahkan dengan unsur metan (CH_4), oleh karena itu perlu dibuat sistem pemisah CO_2 dari sistem aliran biogas yang kontinyu agar pemanfaatan biogas lebih berkualitas. Minimal dapat menurunkan kadar CO_2 dalam biogas. Keberadaan CO_2 yang cukup besar tadi sangat mengganggu dalam proses pembakaran, karena CO_2 sangat sulit untuk ikut terbakar bersama metana (CH_4), oleh karena itu keberadaan CO_2 perlu dikurangi. Larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ disebut air kapur dan merupakan basa dengan kekuatan sedang. Larutan tersebut bereaksi hebat dengan berbagai asam, dan bereaksi dengan banyak logam dengan adanya air. Larutan tersebut menjadi keruh bila dilewatkan karbondioksida, karena mengendapnya kalsium karbonat.



Oleh karena itu pemanfaatan larutan kapur tohor pada sistem aliran biogas untuk mengurangi kadar CO_2 perlu diteliti. Dari uraian masalah tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut: (1) Bagaimana merancang bangun sistem penyerap gas CO_2 dari aliran biogas? (2) Bagaimana efektifitas larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dalam menurunkan kadar CO_2 pada aliran biogas?

Tujuan dari penelitian ini adalah: Merancang bangun sistem penyerap gas CO_2 dari aliran biogas dan Mempelajari efektifitas larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dalam menurunkan kadar CO_2 pada aliran biogas. Manfaat dari penelitian ini adalah dapat sebagai informasi pada pengembang dan pemanfaat biogas dalam meningkatkan kualitas biogas baik untuk kebutuhan sendiri maupun keperluan komersial.

Pelaksanaan penelitian ini dibatasi pada beberapa hal antara lain: (1) Penelitian dilaksanakan pada digester biogas milik masyarakat yang sudah beroperasi. (2) Penelitian pada rancang bangun sistem pengurangan atau pemisahan kadar CO_2 tanpa merubah sistem biogas milik warga. (3) Kualitas biogas yang dimanfaatkan dianalisa secara teknis bukan secara finansial, dan sosial. (4) Tidak membahas gesekan dan *head losses* pada pipa.

ALAT DAN BAHAN

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: Gergaji (digunakan sebagai alat pemotong pipa paralon), Kran (digunakan sebagai alat pengatur besar kecilnya masukan biogas pada alat dan mengatur pembuangan larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$), Manometer (digunakan untuk mengukur besarnya debit gas), Tabung plastik (digunakan sebagai tempat larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$), Timbangan (digunakan sebagai alat ukur massa CaCO_3), Gelas ukur (sebagai alat ukur volume air dan larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$) dan Kantong plastik (digunakan sebagai wadah sampel biogas sebelum dan sesudah masuk alat).

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: Pipa PVC $\frac{3}{4}$ inci (digunakan sebagai saluran biogas masuk dan keluar alat), Tutup pipa (digunakan sebagai penutup lubang pemasukan larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan membuat lubang kecil-kecil pada bagian pipa yang masuk pada tabung plastik), Air (untuk membuat larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$), Biogas (sebagai bahan utama yang akan diteliti), Sambungan pipa L (sebagai penghubung pipa), Sambungan pipa T (sebagai penghubung pipa), $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (sebagai larutan pengikat CO_2), Batu Gamping (sebagai bahan untuk membuat larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$), Lem Pipa (sebagai perekat antara pipa), Selotip (sebagai perekat supaya tidak terjadi kebocoran pada alat), Teflon PTFE (sebagai perekat bagian alat supaya tidak bocor), Batu aerator (sebagai penghasil gelembung-gelembung kecil).

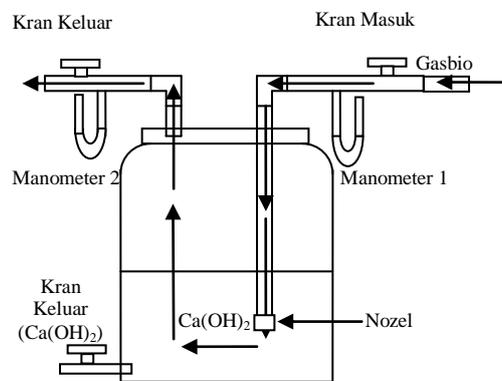
METODE PENELITIAN

Perlakuan

Penelitian ini dilakukan dengan cara membuat aliran biogas menuju tabung yang berisi larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dengan membuat pipa masukan menuju tabung melalui tutup tabung dan disatu sisi membuat pipa saluran keluaran gas. Pipa masukan masuk hingga hampir mencapai dasar tabung. Biogas dialirkan dengan cara membuka kran masukan, sebelumnya diukur kadar gas masuk, setelah itu kran keluaran dibuka dan gas keluaran dimasukkan plastik untuk dianalisa kandungan CO_2 dan lainnya dalam beberapa menit. Penelitian ini menggunakan perlakuan dua nozel yang berbeda (nozel berpori dan nozel besar) dan masing-masing nozel dilakukan tiga tahapan pengambilan data yaitu :

- Tahap I : pengambilan data pengurangan CO_2 pada 0-30 menit.
- Tahap II : pengambilan data pengurangan CO_2 pada 30-60 menit.
- Tahap III : pengambilan data pengurangan CO_2 pada 60-90 menit.

Rancangan Struktural



Gambar 4. Desain Alat Penelitian

Bagian-bagian dari alat penyaring CO_2 yaitu sebagai berikut:

1. Tabung toples plastik dengan ukuran diameter bawah 13 cm, tinggi 14 cm, tinggi leher tutup 2 cm, diameter tutup 11 cm.
2. Pipa $\frac{3}{4}$ inci 12;11;3,8;3,3;12,3 cm untuk bagian luar dan 14,3 cm untuk yang masuk ke dalam tabung.
3. Sambungan pipa L dan T untuk pipa $\frac{3}{4}$ inci.
4. Kran untuk pipa $\frac{3}{4}$ inci.

Rancangan Fungsional

1. Tabung plastik berfungsi sebagai tempat larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$
2. Pipa $\frac{3}{4}$ inci berfungsi sebagai saluran biogas menuju dan keluar tabung.
3. Sambungan pipa L berfungsi sebagai penyambung pipa dari digester / penampung menuju tabung.
4. Kran berfungsi untuk membuka dan menutup aliran biogas dari penampung atau digester.

Uji Kinerja Alat

Setelah alat penyerap karbondioksida selesai maka akan dilakukan pengujian alat. Pengujian alat tersebut yaitu pengujian debit biogas masuk dan keluar dan pengujian efektifitas penyerapan CO_2 oleh nozel yang berbeda.

Parameter yang Diteliti

Dari penelitian ini hal-hal yang akan diteliti yaitu :

1. Perubahan volume (massa) larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ setelah dilalui biogas.
2. Perubahan debit biogas masuk dengan biogas keluar dari tabung.

Rumus pendekatan yang digunakan oleh Church (1986) :

$$Q = \gamma AV \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

Q = debit air (m^3/dt)

A = luas penampang pipa (m^2)

γ = bobot spesifik (kg/m^3)

V = kecepatan rata-rata pada suatu penampang (m/dt^2)

Secara praktis γ dianggap konstan maka persamaan diatas menjadi $Q = AV$. Jadi, semakin kecil luas penampang pipa secara perlahan-lahan kecepatan akan bertambah dan juga sebaliknya.

Pada penelitian ini parameter yang langsung dapat dihitung adalah nilai A sedangkan nilai V belum bisa dihitung. Untuk itu dapat digunakan rumus (Church,1986):

$$V = \sqrt{2gH} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan :

g = Konstanta gravitasi (m/dt^2)

H = beda tinggi pada manometer(m)

3. Kandungan karbondioksida sebelum dan sesudah masuk tabung.
4. Efektifitas penyerapan CO_2 oleh larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$.
Efektifitas penyerapan CO_2 oleh larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dapat diketahui dengan membandingkan hasil CaCO_3 yang terbentuk antara nozel berpori dan nozel besar yang bisa menunjukkan semakin besar kandungan CaCO_3 yang terbentuk berarti semakin besar CO_2 yang terikat.
5. Kandungan CH_4 .

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Rancangan

Sistem Penyerap Karbondioksida (CO_2)

Rancangan sistem ini bisa dimanfaatkan untuk menyerap dan mengurangi kandungan karbondioksida pada biogas dengan menggunakan larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Pada penelitian ini sistem penyerap digunakan untuk mengurangi karbondioksida (CO_2) yang terkandung pada biogas yang keluar dari instalasi reaktor biogas (digester kubah).

Bahan yang digunakan dalam proses pengujian adalah biogas (berupa gas) yang baru keluar dari pipa pengeluaran digester kubah (instalasi reaktor biogas) dan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ yang dibuat dengan cara melarutkan 400 gr batu gamping yang mengandung CaCO_3 dengan air hingga volume larutan menjadi 2 liter lalu diambil larutan jernih di atas endapan sehingga didapatkan larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 2 M, kemudian dilakukan pengujian terhadap penyerapan karbondioksida (CO_2) yang terkandung pada biogas dengan 2 (dua) perlakuan yaitu nozel lembut dan nozel besar. Pada 2 (dua) perlakuan tersebut masing-masing dilakukan sebanyak 3 kali pengambilan data untuk mengetahui tingkat perubahan kandungan karbondioksida dalam biogas. Sebelum dilakukan proses penyerapan kandungan karbondioksida (CO_2) pada biogas, gas yang akan diproses diambil dahulu dengan menggunakan plastik sebagai karbondioksida (CO_2) awal (kontrol) dan metana (CH_4) awal (kontrol).

Bagian-Bagian Sistem Penyerap Karbondioksida (CO_2)

1. Toples Plastik

Toples plastik yang digunakan adalah dengan ukuran diameter bawah 13 cm, tinggi toples 14 cm, tinggi leher tutup 2 cm, dan diameter tutup 11 cm. ditinjau dari struktural toples plastik ini mampu berfungsi secara baik untuk mengamati perubahan larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ didalamnya, dan tidak korosif terhadap gas. Pada toples ini terdapat kran pengeluaran dengan panjang 5 cm, diameter lubang 1 cm dan tinggi 3,5 cm dari lubang ke tuas pembuka.

2. Saluran Pemasukan

- a) Pipa PVC $\frac{3}{4}$ inci 3,5 cm dari stop kran ke sambungan pipa T, 0,5 cm dari sambungan pipa T ke sambungan pipa $\frac{3}{4}$ inci berulir dalam, 9,6 cm dari sambungan pipa T ke sambungan pipa L, 12 cm dari sambungan pipa L ke sambungan pipa $\frac{3}{4}$ inci berulir dalam, 7 cm ke nozel besar dan 4 cm ke nozel berpori.
- b) Sambungan pipa T.
- c) Sambungan ke manometer terdiri dari 3 bagian :
 - Sambungan $\frac{3}{4}$ berulir dalam → merupakan sambungan yang berbahan dasar PVC dengan diameter (d) 1,905 cm ($\frac{3}{4}$ inci) dan panjangnya (p) 6 cm.
 - Sambungan besi berulir.
 - Sambungan kuningan. Sambungan ini memiliki total panjang (p_{total}) 4,5 cm dimana untuk panjang (p) ulir luarnya adalah 1,2 cm dan panjang ujungnya 3,3 cm.
- d) Stop kran $\frac{3}{4}$ inci yang terbuat dari plastik seperti pipa PVC merupakan pengatur masuknya biogas sekaligus juga mengatur tekanan yang akan masuk ke dalam alat penyerap.
- e) Sambungan pipa L, dimensi pipa L yang digunakan adalah yang berdiameter (d) 1,905 cm ($\frac{3}{4}$ inci) dengan panjang dua sisinya adalah 4,1 cm.
- f) Nozel adalah alat penghasil utama gelembung-gelembung gas dari biogas yang akan masuk ke dalam larutan Ca(OH)_2 . Nozel yang digunakan ada 2 macam yang pertama adalah nozel pori dengan diameter masuk 2 mm, yang kedua nozel dari tutup pipa PVC $\frac{3}{4}$ inci dengan 8 lubang berdiameter 3 mm.

3. Saluran Pengeluaran

- a) Pipa PVC $\frac{3}{4}$ inci 12 cm dari sambungan pipa L ke sambungan pipa $\frac{3}{4}$ inci berulir dalam, 9,6 cm dari sambungan pipa T ke sambungan pipa L, 3,5 cm dari stop kran ke sambungan pipa T, 0,5 cm dari sambungan pipa T ke sambungan pipa $\frac{3}{4}$ inci berulir dalam.
- b) Sambungan pipa L
- c) Sambungan pipa T
- d) Sambungan ke manometer terdiri dari 3 bagian :
 - Sambungan $\frac{3}{4}$ berulir dalam.
 - Sambungan besi berulir.
 - Sambungan kuningan. Sambungan ini memiliki drat luar yang nantinya akan disambung dengan sambungan besi berulir. Sambungan ini memiliki total panjang (p_{total}) 4,5 cm dimana untuk panjang (p) drat luarnya adalah 1,2 cm dan panjang ujungnya 3,3 cm.
- e) Stop kran $\frac{3}{4}$ inci.

4. Selang

- a. Selang yang digunakan dalam rangkaian alat pengabsorpsi CO_2 ini ada dua jenis yaitu yang berdiameter (d) 2,54 cm (1 inci) dengan panjang (p) 100 cm dan terdapat pula yang berdiameter (d) 0,8 cm (0,315 inci) dengan panjang (p) 100 cm. Untuk selang dengan diameter (d) 2,54 cm dipasang setelah kran output dari pipa paralon sedangkan yang berdiameter (d) 0,8 cm dipasang pada kran output untuk pengambilan sampel.
- b. Fungsi dari selang selain sebagai tempat mengalirnya biogas juga memudahkan proses penyaluran biogas dari alat pengabsorpsi CO_2 menuju kompor dan plastik sampel gas.

5. Kompor

- a. Kompor yang digunakan dalam penelitian ini merupakan kompor sederhana hasil buatan warga pemilik biogas sendiri dimana kompor tersebut terbuat dari kayu sebagai pelindung komponen utama dari kompor, seng sebagai bahan dasar pembuatan kompor, pipa $\frac{1}{2}$ inci (1,27 cm) sebagai jalan masuk biogas dari alat pengabsorpsi yang dilengkapi

oleh kran yang dirangkai dengan besi untuk memudahkan pengaturan keluar masuknya serta besar kecilnya kapasitas biogas ke dalam kompor. Dimensi dari kompor sederhana ini adalah memiliki panjang total (p_{total}) 30,5 cm, lebar total (l_{total}) 27 cm, dan tinggi total (t_{total}) 26,1 cm. Seng yang dijadikan sebagai bahan dasar dibentuk menjadi silinder berdiameter (d) 22 cm dengan tinggi (t) 21,4 cm. Pada bagian atas silinder seng ini dilengkapi alas yang nantinya digunakan untuk meletakkan peralatan masak.

- b. Fungsi kompor ini adalah sebagai media tempat pengaplikasian dari biogas hasil fermentasi dari kotoran ternak sapi perah yang telah diabsorpsi karbondioksida. Selain itu juga berfungsi sebagai media untuk melihat warna api yang timbul.

6. Manometer

Manometer yang digunakan adalah manometer air sederhana yang terbuat dari papan kayu berukuran 54,5 cm x 30,7 cm yang dilengkapi selang bening berdiameter (p) 0,8 cm dengan panjang satu meter.

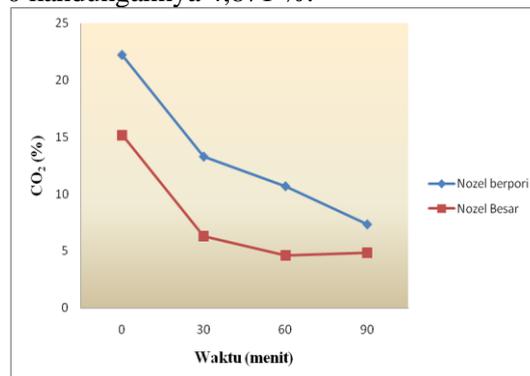
Hasil Pengujian

Analisa Data

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diperoleh data untuk perlakuan nozel berpori tekanan masuk sebesar 30 cmH₂O, tekanan keluaran sebesar 0,5 cmH₂O, sedangkan untuk nozel besar tekanan masuk sebesar 10 cmH₂O, tekanan keluaran sebesar 0,5 cmH₂O, tekanan pada nozel berpori dan nozel besar tersebut tidak berubah selama 1,5 jam, hal ini dikarenakan tekanan dari sumber biogas sangat besar sekali dan kran pemasukannya hanya dibuka ¼ putaran sehingga tekanan pada sistem penyerap tetap. Larutan Ca(OH)₂ yang digunakan pada setiap perlakuan adalah 1500 ml, larutan ini bermolaritas 2 M, larutan ini dibuat dengan melarutkan batu gamping 400 gr dengan air hingga volumenya mencapai 2 liter, lalu larutan tersebut didiamkan hingga terdapat larutan jernih di atas endapan, setelah itu diambil larutan jernih tersebut sebagai larutan Ca(OH)₂. Dan terjadi perubahan volume larutan pada nozel berpori dari 1500 ml menjadi 1450 ml dan pada nozel besar tidak terjadi perubahan tetap 1500 ml.

Persentase Hasil Pemisahan CO₂

Berdasarkan sampel gas yang diperoleh setelah dianalisis kandungan CO₂ nya didapatkan hasil untuk nozel berpori kandungan awal CO₂ sebesar 22,195 %, pada menit ke 30 kandungannya 13,291 %, pada menit ke 60 kandungannya 10,696 %, pada menit ke 90 kandungannya 7,358 %. Sedangkan untuk nozel besar didapatkan hasil kandungan awal CO₂ sebesar 15,186 %, pada menit ke 30 kandungannya 6,303 %, pada menit ke 60 kandungannya 4,610 %, pada menit ke 90 kandungannya 4,871 %.



Gambar 6. Grafik penurunan kandungan CO₂ pada proses penyerapan

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa pada nozel besar maupun nozel berpori terjadi penurunan kandungan CO₂. Penurunan terbesar terjadi pada nozel berpori daripada nozel besar yaitu sebesar 8,904 % dari sample awal ke menit 30 (tahap I), dari menit 30 ke menit 60 sebesar 2,595 % (tahap II) dan dari menit 60 ke menit 90 sebesar 3,338 % (tahap III), sedangkan

untuk nozel besar yaitu 8,883 % dari sample awal ke menit 30 (tahap I), dari menit 30 ke menit 60 sebesar 1,693 % (tahap II) dan dari menit 60 ke menit 90 kandungan CO₂ bertambah sebesar 0,261 % (tahap III), hal ini terjadi dikarenakan gelembung-gelembung gas yang dihasilkan oleh nozel berpori lebih banyak daripada nozel besar sehingga reaksi gas CO₂ dengan larutan Ca(OH)₂ pada nozel berpori lebih cepat dan lebih besar daripada reaksi pada nozel besar dan penambahan kadar CO₂ pada nozel besar dari menit 60 ke menit 90 dapat diakibatkan karena larutan Ca(OH)₂ mulai jenuh, sehingga kemampuan untuk bereaksi terhadap CO₂ berkurang.

Persentase Gas Metana

Berdasarkan sampel gas yang diperoleh setelah dianalisis kandungan CH₄ nya didapatkan hasil untuk nozel besar kandungan awal CH₄ sebesar 44,264 %, dan setelah menit ke 90 kandungannya 51,600 %. Sedangkan untuk nozel berpori kandungan awal CH₄ sebesar 44,814 %, dan setelah menit ke 90 kandungannya 69,871 % . Terjadi peningkatan kandungan gas metana baik untuk nozel berpori ataupun nozel besar, peningkatan terbesar terjadi pada nozel berpori yaitu dari 44,814 % menjadi 69,871 % hal ini dikarenakan gelembung-gelembung gas yang dihasilkan oleh nozel berpori lebih kecil ukurannya daripada nozel besar, sehingga CO₂ yang terikat jumlahnya besar dan gas metana yang lolos lebih banyak.

Perubahan Volume Larutan Ca(OH)₂

Berdasarkan data yang diperoleh telah terjadi penurunan volume larutan Ca(OH)₂ pada nozel berpori setelah dialiri biogas selama 90 menit. Untuk nozel berpori terjadi penurunan dari 1500 ml menjadi 1450 ml, hal ini disebabkan karena adanya larutan yang ikut terbawa oleh gelembung-gelembung biogas. Sedangkan pada nozel besar volumenya tetap yaitu 1500 ml karena larutan yang ikut terbawa oleh gelembung-gelembung biogas besarnya sama dengan uap air dari biogas yang masuk kedalam larutan dan terkondensasi.

Debit Biogas Masuk dan Keluar

Perhitungan data yang telah diperoleh didapatkan debit gas masuk pada nozel berpori $46,468 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3\text{H}_2\text{O/s}$ dan debit keluarannya $3,839 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3\text{H}_2\text{O/s}$, sedangkan untuk nozel besar debit gas masuk $7,919 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3\text{H}_2\text{O/s}$ dan debit keluaran $3,839 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3\text{H}_2\text{O/s}$ (dapat dilihat pada lampiran 2), dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa debit masuk pada nozel berpori lebih besar daripada nozel besar hal ini dikarenakan luas penampang nozel berpori lebih luas dan kecepatan aliran pada nozel berpori lebih besar dari nozel besar. Debit keluaran pada nozel berpori dan nozel besar nilainya sama, hal ini dikarenakan luas penampang pipa pengeluaran sama dan kecepatan alirannya sama.

Efektifitas Larutan Ca(OH)₂

Berdasarkan hasil analisa kalsium pada larutan Ca(OH)₂ setelah dilalui biogas dapat diperoleh kandungan kalsium karbonat. Semakin besar kandungan kalsium karbonat yang terbentuk maka semakin besar pula CO₂ yang terikat oleh larutan Ca(OH)₂. Kandungan kalsium karbonat diperoleh dengan mengkonversi hasil kandungan kalsium (kalsium karbonat = % Ca x (100/40)). Dari hasil konversi tersebut diperoleh kandungan kalsium karbonat untuk nozel besar 0,375 %, sedangkan untuk nozel berpori diperoleh kandungan kalsium karbonat sebesar 0,45 %. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa larutan Ca(OH)₂ pada nozel berpori lebih efektif dalam mengikat CO₂ daripada nozel besar, karena semakin besar kalsium karbonat yang terbentuk semakin besar pula CO₂ yang terikat.

Kapasitas Kerja Alat

Berdasarkan hasil analisa kandungan CO₂ yang diperoleh dapat ditentukan kapasitas kerja alat penyerap CO₂. Kapasitas kerja alat diperoleh dengan cara mencari selisih kandungan CO₂ awal dengan CO₂ akhir lalu membagi selisih kandungan tersebut dengan lamanya waktu reaksi (alat bekerja). Dari hasil perhitungan kapasitas kerja alat diperoleh pada nozel berpori sebesar 0,0165 grCO₂/menit sedangkan nozel besar 0,0115 grCO₂/menit (dapat dilihat pada lampiran

2). Hal ini menunjukkan bahwa alat ini bekerja lebih efektif pada nozel berpori daripada nozel besar karena kemampuan mengikat CO₂ pada nozel berpori lebih besar daripada nozel besar.

KESIMPULAN

Rancangan sistem penyerap krbondioksida pada biogas terdiri atas beberapa bagian utama yaitu: saluran pemasukan, toples plastik sebagai tempat larutan Ca(OH)₂, dan saluran pengeluaran. Persentase penyerapan karbondioksida terbesar terjadi pada perlakuan dengan nozel berpori dengan penurunan tahap I sebesar 8,904 %; tahap II sebesar 2,595 %, dan tahap III sebesar 3,338 %, sedangkan pada nozel besar penurunan tahap I sebesar 8,883 %; tahap II sebesar 1,693 % dan pada tahap III terjadi peningkatan kandungan karbondioksida sebesar 0,261 %. Peningkatan persentase kandungan gas metana terbesar terjadi pada perlakuan dengan menggunakan nozel berpori, yaitu dari kandungan awal sebesar 44,814 % menjadi 69,871 % setelah 90 menit dialirkan pada alat penyerap, sedangkan pada nozel besar kandungan awal sebesar 44,264 % menjadi 51,600 % setelah 90 menit dialirkan pada alat penyerap. Penurunan volume larutan Ca(OH)₂ terbesar setelah dialiri biogas selama 90 menit terjadi pada nozel berpori yaitu 50 ml, sedangkan nozel besar tidak terjadi penurunan. Kapasitas kerja alat terbesar terjadi pada nozel berpori yaitu 0,0165 grCO₂/menit sedangkan nozel besar 0,0115 grCO₂/menit.

DAFTAR PUSTAKA

- Church, Austin. 1986. **Pompa dan Blower Sentrifugal**. Erlangga. Jakarta.
- Dwi Argo, Bambang. 2008. **Diktat Kuliah Energi dan Elektrifikasi Pertanian**. Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya. Malang.
- Grant, Shanique and Alicia Marshalleck. 2008. **Energy Production and Pollution Mitigation from Broilers Houses on Poultry Farms in Jamaica and Pennsylvania**. International Journal for Service Learning in Engineering Vol. 3, No. 1, pp. 41- 52, Spring 2008. ISSN 1555-9033. Chemical Engineering University of Technology, Jamaica 237 Old Hope Road, Kingston.
- Gultom, Osmen. 2000. Pengendalian Gas Hasil Buangan Insenerator Menggunakan Kapur. Pusat Pengembangan Pengelolaan Limbah Radioaktif. digilib.batan.go.id/sipulitbang/fulltext/2621.pdf. Diakses tanggal 22 Desember 2008
- Haryati, Tuti. 2006. **Biogas : Limbah Peternakan yang Menjadi Sumber Energi Alternatif**. WART4ZOA Vol. /6 No. 3 Th . 2006. peternakan.litbang.deptan.go.id/publikasi/wartazoa/wazo163-5.pdf. Diakses tanggal 22 Desember 2008.
- Lingaiah dan Rajasekaran, 1986. **Biodigestion of cowdung and organic wastes mixed with oil cake in relation to energy in Agricultural Wastes 17**(1986). Institut Pertanian Bogor. Bogor. 161-173
- Nazir, M. 1988. **Metode Penelitian**. Ghalia Indonesia. Jakarta. Halaman 75-77.
- Nurhasanah, Ana. Teguh Wikan Widodo, Ahmad Asari, dan Elita Rahmarestia. 2006. **Perkembangan Digester Biogas Di Indonesia** (Studi Kasus di Jawa Barat dan Jawa Tengah). ntb.litbang.deptan.go.id/2006/NP/perkembangandigester.doc. Diakses tanggal 22 Desember 2008.
- Nurtjahya, Eddy, Sientje D. Rumetor, Jerry F. Salamena, Elvia Hernawan, Sri Darwati Sri dan Murni Soenarno. 2003. **Pemanfaatan Limbah Ternak Ruminansia untuk Mengurangi Pencemaran Lingkungan**. Makalah Pengantar Falsafah Sains. Program Pasca Sarjana / S3 Institut Pertanian Bogor.

- Simamora, S. 1989. **Pengelolaan Limbah Peternakan (Animal Waste Management)**. Teknologi Energi Gasbio. Fakultas Politeknik Pertanian IPB. Bekerjasama dengan Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan. Dirjen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen P dan K.
- Simamora, S., Salundik, Sri Wahyuni, dan Surajudin. 2006. **Membuat Biogas Pengganti Bahan Bakar Minyak dan Gas dari Kotoran Ternak**. PT. AgroMedia Pustaka. Jakarta. Halaman 26-34.
- Surachmad, W. 1975. **Dasar Dan Tehnik Research Pengantar Metodologi Ilmiah**. CV Tarsito. Badung. Halaman 141- 42
- Widodo, Wikan Teguh, Ahmad Asari, Ana Nurhasanah, dan Elita Rahmarestia. 2006 **Rekayasa Dan Pengujian Reaktor Biogas Skala Kelompok Tani Ternak**. Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian. http://mekanisasi.litbang.deptan.go.id/eng/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=32&Itemid=64. Diakses tanggal 9 Januari 2009.
- Widowati, Endang. 2006. **Pengaruh Lama Perendaman Dengan Larutan Kapur Tohor Ca(OH)₂ Pada Kulit Buah Manggis Terhadap Kualitas Kembang Gula Jelly**. <http://digilib.unnes.ac.id/gsd/collect/skripsi.1/import/1780.pdf>. Diakses tanggal 9 Januari 2009.
- Wiqoyah, Qunik. 2006. **Pengaruh Kadar Kapur, Waktu Perawatan dan Perendaman Terhadap Kuat Dukung Tanah Lempung**. *Dinamika TEKNIK SIPIL*, Volume 6, Nomor 1, Januari 2006 : 16 – 24. [eprints.ums.ac.id/272/1/\(4\)_Qunik.pdf](http://eprints.ums.ac.id/272/1/(4)_Qunik.pdf). Diakses tanggal 9 Januari 2009.