

PENINGKATAN KUALITAS BIOGAS MELALUI PROSES PURIFIKASI CO₂ DENGAN VARIASI MOLARITAS

(INCREASE QUALITY BIOGAS BY PROCESS PURIFICATION CO₂ WITH VARIATION MOLARITY)

Dani Hari T.P¹, Nasrul Ilminnafik², Ahmad Syuhri²

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember

²Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember

Jln. Kalimantan 37, Jember 68121

E-Mail: nasrul.teknik@unej.ac.id

Abstrak

Biogas adalah gas yang dihasilkan dari penguraian bahan-bahan organik oleh mikroorganisme dalam keadaan anaerob. Kadar kandungan biogas terdiri dari CH₄, CO₂, N₂, O₂, H₂S, dan H₂. CO₂ merupakan kandungan gas pada biogas yang dapat menghambat reaksi pembakaran. Dengan demikian maka kandungan CO₂ pada biogas harus dikurangi agar laju reaksi pembakaran menjadi lebih sempurna. Untuk mengurangi kadar CO₂ maka dibutuhkan zat pemurnifikasi yaitu Ca(OH)₂ agar CO₂ dapat berikatan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh molaritas Ca(OH)₂ sebagai larutan pemurnifikasi CO₂ untuk mengetahui cepat rambat api dan jarak antar flame. Penelitian dilakukan secara eksperimen dengan mencampurkan bahan bakar biogas yaitu metana sebelum dan setelah dipurifikasi dengan udara. Hasil dari penelitian ini adalah molaritas saat purifikasi mempengaruhi cepat rambat api dan jarak antar flame akibat dari berkurangnya CO₂ pada biogas.

Kata Kunci: Cepat Rambat Api, Karbon dioksida, Molaritas Ca(OH)₂

Abstract

Biogas is gas produced from the decomposition of organic materials by microorganisms in the anaerobic state. The content of biogas, CH₄, CO₂, N₂, O₂, H₂S, and H₂. CO₂ is the gas content in the biogas that can inhibit the combustion reaction. Thus, CO₂ in biogas should be reduced so that the combustion reaction rate becomes more perfect. Reduced CO₂ levels is needed purification substances that Ca(OH)₂ in order to bind CO₂. This study aims to determine the effect of molarity of Ca(OH)₂ as a solution purification rapid propagation of CO₂ to know the distance between the fire and flame. Research conducted experiments by mixing fuel after purified biogas is methane with air. The results of this study are molarity distance between the fire and the flame as a result of reduced CO₂ in the biogas.

Keywords: Creep Fast Fire, Carbon dioxide, Molarity of Ca(OH)₂

Pendahuluan

Jumlah penduduk Indonesia mengalami kenaikan dengan rata-rata mencapai 1,49% per tahun. Jumlah penduduk pada tahun 2012 mencapai 244.775.796 jiwa. Diprediksikan jumlah penduduk akan meningkat setiap tahunnya. Dengan meningkatnya jumlah penduduk maka kebutuhan terhadap energi terutama energi fosil juga ikut meningkat. Ketergantungan masyarakat terhadap energi fosil khususnya pada saat ini cukup tinggi. Dengan peningkatan jumlah penduduk maka jumlah kebutuhan energi akan meningkat, sehingga dibutuhkan langkah alternatif untuk menjawab kebutuhan energi yaitu dengan memanfaatkan energi terbarukan. Biogas merupakan salah satu energi terbarukan.

Biogas merupakan gas yang dihasilkan dari dekomposisi bahan organik secara anaerobik (tertutup dari udara bebas) untuk menghasilkan suatu gas yang sebagian besar berupa metan (yang memiliki sifat mudah terbakar)

dan karbon dioksida. Gas yang terbentuk disebut gas rawa atau biogas. Proses dekomposisi anaerobik dibantu oleh sejumlah mikroorganisme, terutama bakteri metan. Suhu yang baik untuk proses fermentasi adalah 30o-55oC. Pada suhu tersebut mikroorganisme dapat bekerja secara optimal merombak bahan-bahan organik. Pembentukan dilakukan dengan fermentasi feses (kotoran) ternak, misalnya sapi, kerbau, kuda, babi, dll dalam suatu ruangan yang disebut "digester". Didalam digester tersebut kotoran dicerna dan difermentasi oleh bakteri yang menghasilkan gas metan serta gas-gas lain. Adapun unsur-unsur yang terkandung dalam biogas didominasi gas metana yang terdiri dari CH₄ (55-75%), CO₂ (24-45%), N₂ (0-0.3%), O₂ (0.1-0.5%), H₂S (0-3%), dan H₂ (1-5%) [1].

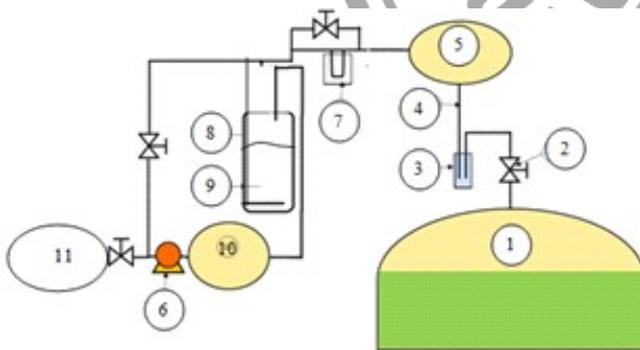
Pada kandungan biogas terdapat zat pengotor (inhibitor) yaitu CO₂. Kadar CO₂ pada biogas sebanyak (25 – 45%). Karbondioksida merupakan molekul yang dapat menghambat dan menurunkan laju reaksi pembakaran, karena karbondioksida akan mengganggu rantai reaksi kimia

pembakaran, sehingga reaksi kimia pembakaran terhambat. Pada biogas perlu dilakukan pemurnian yang bertujuan untuk mengurangi kadar gas CO₂. Pemurnian tersebut dilakukan dengan cara menyerap CO₂ yang terdapat dalam biogas menggunakan Ca(OH)₂ yang dilarutkan pada air dengan tingkat molaritas yang bervariasi. Kemudian larutan Ca(OH)₂ tersebut digunakan untuk mengikat CO₂ yang ada pada biogas sehingga kadarnya dapat berkurang[2].

Penelitian sebelumnya tentang purifikasi biogas telah banyak dilakukan. Penelitian oleh Masyhuri dengan merancang bangun sistem penyerap karbon dioksida (CO₂) pada aliran biogas dengan menggunakan larutan Ca(OH)₂. Pada penelitian ini, variabel yang diteliti adalah pengaruh laju alir Ca(OH)₂ terhadap CO₂ yang terserap dan CH₄ yang dihasilkan[3] dan penelitian tentang laju rambat api oleh Uwar yang meneliti laju rambat api dengan memvariasikan penambahan CO₂ dalam CH₄[1]. Pada penelitian sebelumnya telah dikembangkan berbagai macam purifikasi CO₂ sebagai inhibitor pada biogas sehingga diharapkan dapat menjadi acuan purifikasi yang lebih optimal melalui pengaruh molaritas Ca(OH)₂ dan waktu purifikasi pada biogas

Metode Penelitian

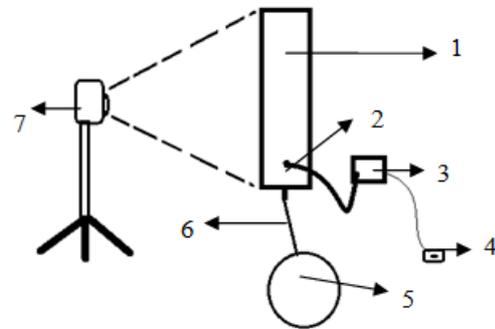
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, yaitu suatu metode yang digunakan untuk menguji pengaruh variasi molaritas Ca(OH)₂ terhadap kualitas pemurnian biogas dengan menggunakan larutan Ca(OH)₂. Alat purifikasi terbuat dari kaca 2 mm dengan dimensi panjang 15 cm x lebar 15 cm x tinggi 25 cm proses pemurnian biogas dilakukan dengan sistem penyerapan absorpsi kandungan gas karbon dioksida (CO₂) menggunakan Ca(OH)₂ yang telah divariasikan molaritasnya sebanyak 2M, 3M dan 4M. Biogas disirkulasikan ke alat purifikasi dengan sistem kontinu untuk menyerap gas CO₂ menggunakan larutan Ca(OH)₂ dengan waktu 40 menit dengan skema pemurnian yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema pemurnian biogas. 1. *digester*, 2. *stop kran*, 3. *Water trap*, 4. *Pipa PVC*, 5. *Gas holder*, 6. *Pump*, 7. *Manometer pipa U*, 8. *Alat purifikasi*, 9. *Larutan NaOH*, 10. *Purified gas holder*, 11. *Kantong biogas*.

Biogas hasil purifikasi (*purified biogas*) digunakan sebagai bahan bakar pada alat uji cepat rambat api. Pengujian tahap ini adalah untuk mengetahui pengaruh purifikasi biogas terhadap cepat rambat api. Untuk mengetahui cepat rambat api menggunakan ruang bakar

yang terbuat dari akrilik 4 mm dengan dimensi panjang 20cm x lebar 1cm x tinggi 60cm. Campuran biogas yang telah dimurnikan dicampur dengan udara dengan AFR 4. Setelah terisi penuh maka api dipercikkan dengan menggunakan pemantik sehingga terjadi pembakaran pada *helle-shaw cell* dan secara bersamaan merekam dengan menggunakan kamera. Dengan skema perekaman rambat api yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema perekaman rambat api. 1. *Helle-Shaw Cell*, 2. *Titik api*, 3. *Pemantik*, 4. *Saklar pemantik*, 5. *Kantong biogas*, 6. *Selang*, 7. *High speed camera*

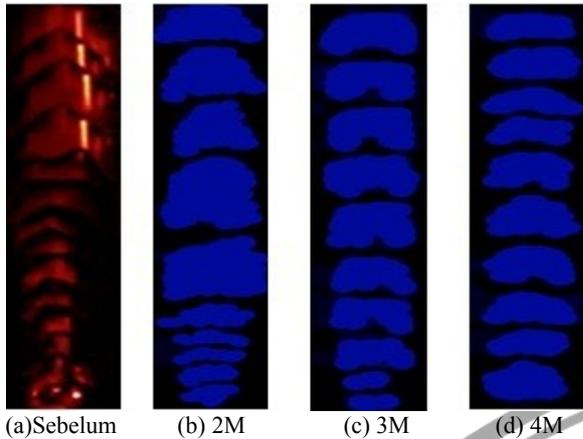
Cepat rambat api yang terekam dari kamera video dipindah ke komputer menjadi file AVI dengan program *DVDVideoSoft Free Studio* kemudian video dipotong sehingga mendapatkan video yang lebih pendek dengan menggunakan *Kate's Video Splitter 7.0* dari hasil potongan video diekstraksi menjadi gambar diam dalam sejumlah frame yang tersusun berurutan dari saat menyala pertama sampai padam menggunakan program *DVD VideoSoft Free Studio*. Setelah mendapatkan gambar maka dihitung jumlah *frame* dari titik nyala sampai titik dimana api telah sampai di ujung alat. Jumlah *frame* diketahui dan dapat dihitung dengan program *Paint*. *Frame* awal nyala dan *frame* terakhir dijadikan pedoman jarak *frame*. Untuk menghitung jarak api maka tampilan *Paint* harus diperbesar hingga 600x, kemudian mengukur titik nyala sampai titik dimana api berhenti dan mengukur *pixel* yang ada di atas gambar. Dari satuan *pixel* tersebut dikonversi menjadi satuan cm. Setelah proses pengujian dan pengambilan data selesai, langkah selanjutnya adalah merekam dan menyimpan data pengujian rambat api.

Hasil Penelitian

Hasil penelitian purifikasi biogas dengan menggunakan Ca(OH)₂ menghasilkan gambar cepat rambat api, cepat rambat api sesaat dan cepat rambat api total. Dari data-data tersebut dapat dibandingkan pengaruh variasi molaritas Ca(OH)₂ terhadap cepat rambat api sehingga menghasilkan gambar rambat api dan kecepatan rambat api sesaat dan total.

Hasil Pengujian Cepat Rambat

Dari hasil penelitian biogas sebelum dan setelah purifikasi menggunakan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dengan variasi molaritas 2M, 3M dan 4M dapat dilihat pada Gambar 3

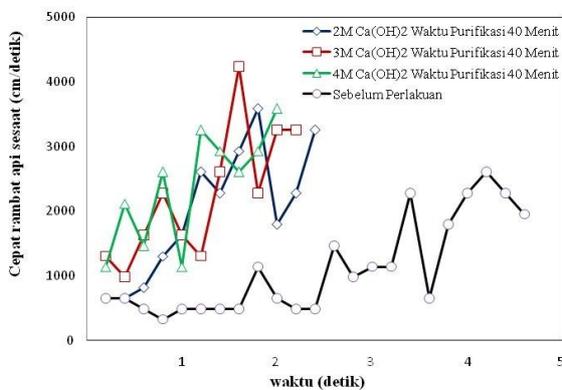


Gambar 3. Rambat api sebelum dan setelah purifikasi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ waktu purifikasi 40 menit dengan molaritas 2M, 3M, dan 4M

Pada Gambar 3 sebelum purifikasi terlihat jarak antar *flame* sangat berdekatan. Rambat api setelah purifikasi dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 2M pada waktu purifikasi 40 menit jarak antar *flame* mulai berjauhan jika dibandingkan dengan *flame* sebelum purifikasi yang ditunjukkan pada Gambar 3 (b). Pada rambat api setelah purifikasi dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 3M mulai ada beberapa *flame* dengan jarak lebih jauh jika dibandingkan dengan purifikasi larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 2M yang ditunjukkan pada Gambar 3 (c). Rambat api setelah purifikasi dengan larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 4M yang ditunjukkan pada Gambar 3 (d) jarak antar *flame* lebih berjauhan dibandingkan saat purifikasi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 3M yang dapat dilihat dengan membandingkan Gambar 3 (c) dan (d).

Hasil Cepat Rambat Api Sesaat

Untuk dapat mengetahui kecepatan rambat api sesaat, maka akan ditampilkan gambar grafik cepat rambat api sesaat sesuai variasi molaritas $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan lama waktu purifikasi 40 menit sebagai berikut:

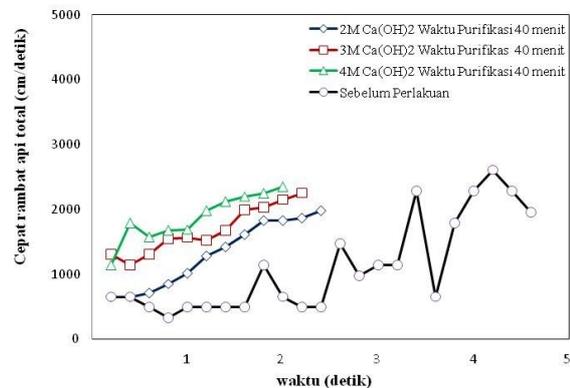


Gambar 4. Grafik cepat rambat api sesaat sebelum dan setelah purifikasi dengan molaritas $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 2M, 3M dan 4M pada waktu purifikasi 40.

Pada Gambar 4 cepat rambat api sesaat biogas sebelum dan setelah purifikasi dengan larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 2M, 3M dan 4M pada waktu purifikasi 40, terlihat alur grafik yang semakin meningkat pada setiap kenaikan waktu purifikasi yang ditunjukkan pada Gambar 4. Grafik warna hitam merupakan data percobaan biogas sebelum dipurifikasi dan terlihat data pada grafik percobaan cepat rambat api sesaatnya sangat rendah dibandingkan dengan data hasil percobaan setelah dipurifikasi yang ditunjukkan dengan warna biru, merah dan hijau dengan perlakuan molaritas $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 2M, 3M dan 4M. Pada molaritas $\text{Ca}(\text{OH})_2$ cepat rambat api lebih cepat jika dibandingkan sebelum purifikasi dan lebih cepat purifikasi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 3M jika dibandingkan dengan purifikasi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 2M Dengan berkurangnya pengotor/inhibitor (CO_2) pada biogas maka proses pembakaran menjadi lebih sempurna jika dibandingkan dengan sebelum perlakuan dan cepat rambat api sesaat semakin cepat. Namun terjadi penurunan cepat rambat api sesaat pada molaritas larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 4M. Hal ini dikarenakan larutan telah jenuh pada molaritas $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 4M. Terjadi perubahan fisik pada larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 4M dengan perubahan warna menjadi keruh/kecoklatan.

Hasil Cepat Rambat Api Total

Untuk dapat mengetahui kecepatan rambat api total, maka akan ditampilkan gambar grafik cepat rambat api total sesuai variasi molaritas $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan lama waktu purifikasi 40 menit sebagai berikut:



Gambar 5. Grafik Cepat rambat api total sebelum dan setelah purifikasi dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 2M, 3M dan 4M pada waktu purifikasi 40 menit

Pada Gambar 5 cepat rambat api total biogas sebelum dan setelah dipurifikasi dengan larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 2M, 3M dan 4M pada waktu purifikasi 40 menit terlihat alur grafik yang semakin meningkat pada setiap kenaikan waktu purifikasi yang ditunjukkan pada Gambar 5. Grafik warna hitam merupakan data percobaan biogas sebelum dipurifikasi dan terlihat data percobaan tentang cepat rambat api total sangat rendah dibandingkan dengan data hasil percobaan setelah dipurifikasi yang ditunjukkan dengan warna biru, merah dan hijau dengan perlakuan 40 menit yang menghasilkan data percobaan berbanding lurus dengan waktu purifikasi, semakin tinggi molaritas semakin berkurang kadar CO_2 sehingga cepat rambat api total pada biogas semakin cepat

rambat api totalnya. Namun pada molaritas larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 4M terjadi penurunan kecepatan yang disebabkan karena larutan telah jenuh.

Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari hasil penelitian penurunan kadar CO_2 pada purifikasi biogas dengan larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ terhadap kecepatan rambat api sebagai berikut:

1. Semakin besar molaritas $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan semakin lama maka kadar CO_2 berkurang yang ditunjukkan oleh jarak antar api semakin jauh. Pada gambar rambat api sebelum perlakuan jarak antar api sangat berdekatan, sedangkan setelah *dipurifikasi* dengan larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 2M pada waktu purifikasi 40 menit menunjukkan tingkat kerapatan antar *flame* semakin jauh. Pada molaritas $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 3M menunjukkan tingkat kerapatan antar *flame* yang lebih baik dari pada sebelum *purifikasi* dan setelah *purifikasi* dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 2M. Pada *purifikasi* $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 4M menunjukkan jarak antar api yang lebih baik tetapi cenderung berdekatan jarak rambat api yang dikarenakan larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 4M telah jenuh pada 20 menit.
2. Larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 4M jenuh yang ditunjukkan dengan perubahan fisik pada larutan dengan warna menjadi kecoklatan dan purifikasi cepat rambat api tidak optimal.

Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan oleh penulis dari hasil penelitian ini yaitu antara lain:

1. Dalam pembuatan alat purifikasi sebaiknya melihat tingkat kekuatan materialnya terhadap larutan NaOH dengan konsentrasi yang besar.
2. Dalam percobaan menggunakan *Helle-Shaw Cell* sebaiknya dilakukan di ruang yang gelap agar terlihat rambat api oleh kamera.
3. Pemilihan *high speed camera* dapat berpengaruh dengan kualitas gambar.

Daftar Pustaka

- [1] Uwar, Aini. 2012, Karakteristik Pembakaran CH_4 Dengan Penambahan CO_2 Pada Model *Helle-Shaw Cell* Pada Penyalaan Bawah, Jurnal Rekayasa Mesin Vol.3, No.
- [2] Sugiarto, 2013. *Purifikasi Biogas Sistem Kontinyu Menggunakan Zeolit*. Jurnal Rekayasa Mesin Vol.4, No.1 Tahun 2013 1-10. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.
- [3] Masyhuri, Aris Prasetya. 2013. Rancang Bangun Sistem Penyerap Karbon dioksida (CO_2) Pada Aliran Biogas Dengan Menggunakan Larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$, Jurnal Keteknikaan Pertanian Tropis dan Biosistem Vol.1 No