

PENURUNAN KADAR CO₂ PADA BIOGAS DENGAN ABSORPSI NaOH TERHADAP KECEPATAN RAMBAT API

As'adi GA¹, Nasrul Iminnafik², Ahmad Syuhri²

¹ Alumni Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember

² Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember

Jl. Kalimantan 37 Jember 68121

nasrul.teknik@unej.ac.id

ABSTRACT

Biogas is produced from the fermentation process and generate gases: CH₄, CO₂, H₂, N₂, O₂, and H₂S. The biogas content on there are still many impurities (inhibitors) in affecting the quality of the biogas biogas, one of which is CO₂. Carbon dioxide is a molecule that can inhibit and decrease the rate of the combustion reaction, because the carbon dioxide would disrupt the chain of chemical reactions of combustion, so the chemical reaction of combustion is inhibited. This study was to determine the effect of variations in the concentration and duration of contact NaOH to the reduction of CO₂ levels shown in the figure the distance between the flame propagation speed of propagation of fire and flame. Observations carried out experiments with burning stoichiometric mixture (methane and air) that has been purified in the combustion chamber Helle-Shaw Cell 1cm x 20cm x 60cm. The results showed that the concentration and contact time can reduce the levels of CO₂ in the biogas yield faster flame propagation speed.

Keywords: Cepat Rambat Api, Karbon dioksida, Konsentrasi NaOH, Waktu kontak

PENDAHULUAN

Energi sangat diperlukan dalam menjalankan aktivitas perekonomian Indonesia, baik untuk kebutuhan konsumsi maupun untuk aktivitas produksi berbagai sektor perekonomian. Dari aspek penyediaan, Indonesia merupakan negara yang kaya dengan sumber daya energi baik energi yang bersifat *unrenewable resources* maupun yang bersifat *renewable resources*. Namun demikian, eksplorasi sumber daya energi lebih banyak difokuskan pada energi fosil yang bersifat *unrenewable resources* sedangkan energi yang bersifat *renewable* relatif belum banyak dimanfaatkan. Kondisi ini menyebabkan ketersediaan energi fosil, khususnya minyak mentah, semakin langka yang menyebabkan Indonesia saat ini menjadi net importir minyak mentah. Bioenergi yang terus dikembangkan salah satunya adalah biogas. Biogas merupakan sumber energi terbarukan yang dihasilkan secara *anaerobic digestion* atau fermentasi anaerob dari bahan organik seperti sampah, sisa-sisa makanan, kotoran ternak dan limbah industri makanan. Pemanfaatan limbah organik sebagai bahan baku biogas tentu akan memberikan efek ganda dalam menyediakan energi yang dapat diperbaharui ramah lingkungan dan dapat menciptakan lingkungan peternakan yang lebih bersih dan sehat [1]. Hal ini tentu saja menjadi suatu permasalahan besar yang harus segera dicarikan solusinya.

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. Dari kandungan biogas di atas masih terdapat banyak zat pengotor (*inhibitor*) dalam biogas yang mempengaruhi kualitas

dari biogas, salah satunya adalah CO₂ (25 – 45%). Karbon dioksida merupakan molekul yang dapat menghambat dan menurunkan laju reaksi pembakaran, karena karbon dioksida akan mengganggu rantai reaksi kimia pembakaran, sehingga reaksi kimia pembakaran terhambat. Oleh sebab itu perlu dilakukan pemurnian biogas yang bertujuan untuk mengurangi kandungan gas CO₂. Pemurnian tersebut dilakukan dengan cara menyerap CO₂ yang terdapat dalam biogas menggunakan NaOH serpihan yang telah dilarutkan dalam air. Kemudian larutan NaOH tersebut digunakan untuk mengikat CO₂ yang ada dalam biogas [2].

Penelitian-penelitian terdahulu mengenai purifikasi biogas telah banyak dilakukan. Penelitian oleh Maarif dengan absorpsi gas CO₂ dengan larutan NaOH secara kontinyu dalam suatu reaktor (*absorber*). Pada penelitian ini, variabel yang diteliti adalah pengaruh laju alir NaOH terhadap CO₂ yang terserap dan CH₄ yang dihasilkan [3], lalu penelitian oleh Mara dengan menganalisa penyerapan gas CO₂ dengan larutan NaOH terhadap kualitas biogas kotoran sapi dengan permasalahan yang akan diteliti yaitu bagaimana kualitas dan kuantitas biogas kotoran sapi setelah penyerapan gas CO₂ dengan larutan NaOH [2] dan penelitian tentang laju rambat api oleh Uwar yang meneliti laju rambat api dengan memvariasikan penambahan CO₂ dalam CH₄[4]. Dari beberapa penelitian dapat dikembangkan sehingga dapat diketahui pengaruh variasi konsentrasi dan lama kontak NaOH terhadap penurunan kadar CO₂ yang ditunjukkan jarak antar *flame* pada gambar rambat api dan cepat rambat api

sehingga dapat dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai acuan purifikasi biogas yang telah ada di rumah-rumah masyarakat.

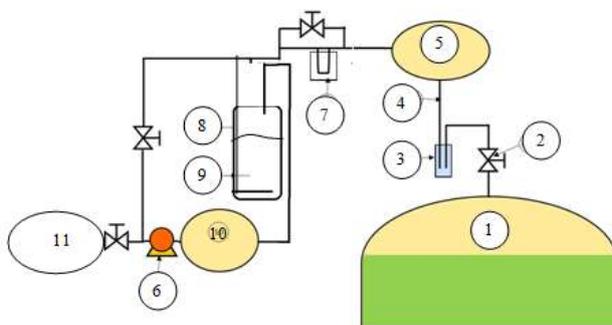
METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, yaitu suatu metode yang digunakan untuk menguji pengaruh variasi konsentrasi NaOH dan waktu kontak terhadap kualitas pemurnian biogas dengan menggunakan larutan NaOH, dalam penelitian ini, proses pemurnian biogas dilakukan dengan sistem penyerapan absorpsi kandungan gas karbon dioksida (CO₂) menggunakan NaOH yang telah divariasikan konsentrasinya. Biogas disirkulasikan ke alat purifikasi sistem kontinyu untuk menyerap gas CO₂ menggunakan larutan NaOH.

Biogas hasil purifikasi (*purified biogas*) digunakan sebagai bahan bakar pada alat uji cepat rambat api. Pengujian tahap ini adalah untuk mengetahui pengaruh *purified biogas* terhadap cepat rambat api. Metode penelitian dilakukan dengan merekam proses nyala api secara visual menggunakan *high speed camera*. Penelitian pemurnian biogas dilakukan dengan memanfaatkan instalasi biogas di *biogas plant* Desa Senduro Kecamatan Senduro Kabupaten Lumajang.

Peralatan dan bahan yang digunakan dalam pengujian adalah sebagai berikut:

- Alat bantu eksperimen, seperti gergaji, tang, dan lain sebagainya.
- Timbangan digital dan gelas ukur.
- *high speed camera* 480 frame/s dengan *pixel* 224x168.
- Komputer
- Water mur
- Pemantik 20.000 volt
- Ruang Bakar Model *Helle-Shaw Cell* 1cm x 20cm x 60cm
- *Cylinder Pneumatic* diameter 5cm dan panjang 30cm
- Alat purifikasi dari kaca tebal 5mm dengan dimensi 15 cm x 15cm x 25cm.



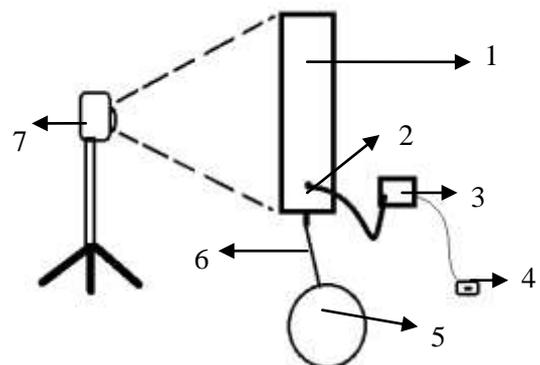
Gambar 1. Skema pemurnian biogas. 1. *digester*, 2. *stop kran*, 3. *Water trap*, 4. *Pipa PVC*, 5. *Gas holder*, 6. *Pump*, 7. *Manometer pipa U*, 8. *Alat purifikasi*, 9. *Larutan NaOH*, 10. *Purified gas holder*, 11. *Kantong biogas*.

Prosedur pengujian pemurnian biogas

- Mengukur tekanan biogas dengan menggunakan manometer pipa U.
- Mendesain sirkulasi alat purifikasi biogas dengan sistem kontinyu.
- Memasukkan NaOH konsentrasi 25% ke dalam alat purifikasi.
- Memasang alat purifikasi.
- Memeriksa kebocoran pada alat purifikasi.
- Mensirkulasikan biogas kedalam alat purifikasi dengan waktu kontak 20 menit, 40 menit dan 60 menit.
- Mengambil sampel biogas pada tiap variasi waktu.
- Mengulangi langkah 1 s/d 6 dengan variasi konsentrasi NaOH 35% dan 45%.

Prosedur Pengujian Karakteristik cepat rambat Api:

Untuk langkah pengamatan menyiapkan campuran Biogas yang telah dimurnikan dengan udara menggunakan *Cylinder Pneumatic* dan *AFR 9,5*. Lalu Mengisi ruang bakar *Helle-Shaw Cell* dengan campuran udara dan biogas dengan cara menekan kantong gas sehingga gas masuk ke dalam ruang bakar. Setelah terisi penuh maka percikan api dengan menggunakan pemantik sehingga terjadi pembakaran pada *helle-shaw cell*. Dan secara bersamaan merekam dengan menggunakan kamera, hasil pembakaran pada *helle-shaw cell* yang terekam dari kamera video dipindah ke komputer menjadi file AVI dengan program *DVDVideoSoft Free Studio* kemudian potong video sehingga mendapatkan video yang lebih pendek dengan menggunakan *Kate's Video Splitter 7.0*. dari hasil potongan video diekstrasi menjadi gambar diam dalam sejumlah frame yang tersusun berurutan dari saat menyala pertama sampai padam menggunakan program *DVDVideoSoft Free Studio*.



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*

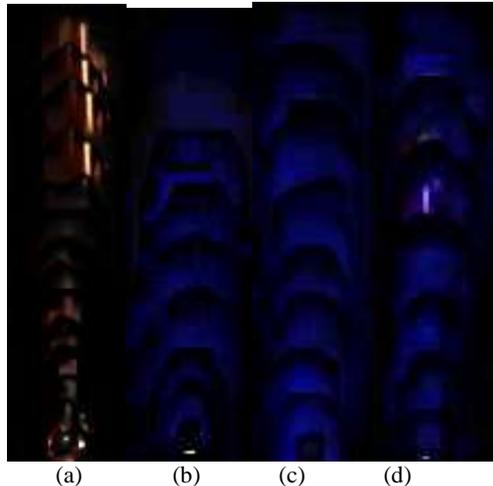
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari penelitian cepat rambat api dihasilkan berbagai data hasil penelitian cepat rambat api total, cepat rambat api sesaat, dan gambar rambat api. Dari berbagai data tersebut dapat dibandingkan pengaruh variasi konsentrasi NaOH dan lama kontak

terhadap cepat rambat api. Untuk membahas tentang gambar rambat api, dan kecepatan rambat api.

Hasil Pengujian Gambar Rambat Api

Hasil penelitian tentang gambar rambat api dengan berbagai variasi konsentrasi NaOH dapat dilihat pada Gambar berikut:



Gambar 3. Pengaruh purifikasi dan lama kontak biogas terhadap gambar rambat:
 (a) sebelum perlakuan,
 (b) dengan purifikasi NaOH 25%, lama kontak 20 menit,
 (c) dengan purifikasi NaOH 25%, lama kontak 40 menit dan
 (d) dengan purifikasi NaOH 25%, lama kontak 60 menit.



Gambar 4. Pengaruh purifikasi dan lama kontak biogas terhadap gambar rambat:
 (a) dengan purifikasi NaOH 35%, lama kontak 20 menit,
 (b) dengan purifikasi NaOH 35%, lama kontak 40 menit dan
 (c) dengan purifikasi NaOH 35%, lama kontak 60 menit

Dari Gambar 3a menunjukan jarak antar *flame* sangat berdekatan dan pada gambar rambat api setelah purifikasi jarak antar *flame* mulai berjauhan ditunjukkan oleh Gambar 3b, Gambar 3c dan Gambar3d. Pada Gambar 4c jarak antar *flame* lebih berjauhan dibanding pada Gambar 4a dan Gambar 4b.

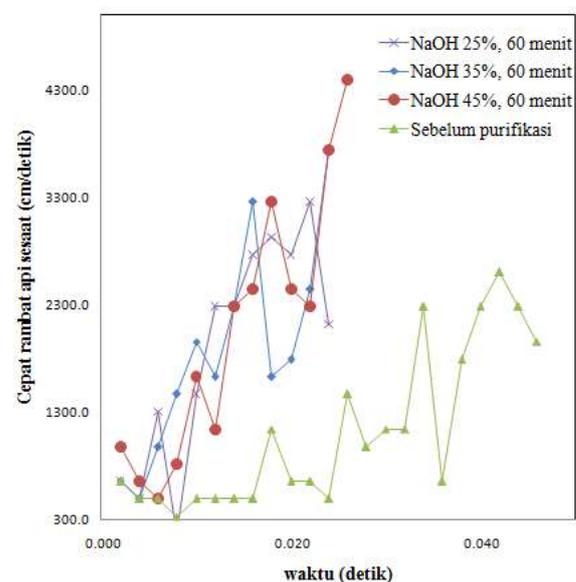


Gambar 5. Pengaruh purifikasi dan lama kontak biogas terhadap gambar rambat
 (a) dengan purifikasi NaOH 45%, lama kontak 20 menit
 (b) dengan purifikasi NaOH 45%, lama kontak 40 menit,
 (c) dengan purifikasi NaOH 45%, lama kontak 60 menit

Pada Gambar 5c jarak antar *flame* lebih berjauhan dibanding pada Gambar 5a dan Gambar 5b.

Hasil Cepat Rambat Api Sesaat

Hasil penelitian tentang cepat rambat api sesaat sebelum perlakuan dan setelah perlakuan dengan variasi konsentrasi NaOH dan waktu kontak dapat dilihat pada Gambar 6

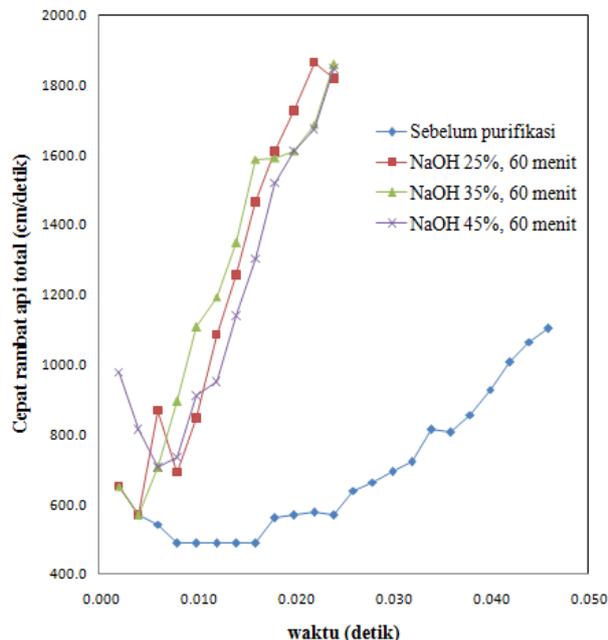


Gambar 6. Pengaruh purifikasi dan lama kontak biogas terhadap cepat rambat api sesaat

Dari Gambar 6 menunjukkan rata-rata kecepatan rambat api sesaat sebelum perlakuan adalah 1104.7 cm/detik. Rata-rata kecepatan rambat api sesaat pada konsentrasi NaOH 25% dan waktu kontak 60 menit adalah 1873.0 cm/detik. Rata-rata kecepatan rambat api sesaat pada konsentrasi NaOH 35% dan waktu kontak 60 menit adalah 1954.4 cm/detik. Rata-rata kecepatan rambat api sesaat pada konsentrasi NaOH 45% dan waktu kontak 60 menit adalah 2042.1 cm/detik. Dari Gambar 6 menunjukkan beberapa perbedaan sebelum perlakuan sampai dengan konsentrasi tertinggi, tetapi masih ada penurunan cepat rambat api pada grafik karena masih ada sedikit kadar CO₂ yang menghambat cepat rambat api. Penurunan cepat rambat api juga disebabkan bentuk dari ruang bakar yang memungkinkan terjadinya perlambatan cepat rambat api karena dimensi ruang bakar yang terbatas sehingga pada saat tertentu akan terjadi peningkatan tekanan dan menghambat kecepatan rambat api.

Hasil Cepat Rambat Api Total

Untuk dapat mengetahui kecepatan rambat api total, maka akan ditampilkan bagaimana grafik cepat rambat api total sesuai dengan konsentrasi NaOH dan lama waktu kontak yang dapat disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Pengaruh purifikasi dan lama kontak biogas terhadap cepat rambat api total

Dari Gambar 7 menunjukkan kecepatan rambat api total sebelum perlakuan adalah 1104.7 cm/detik. Kecepatan rambat api total pada konsentrasi NaOH 25% dan waktu kontak 60 menit adalah 1886.5 cm/detik. Kecepatan rambat api total pada konsentrasi NaOH 35% dan waktu kontak 60 menit adalah 1954.4 cm/detik. Kecepatan rambat api total pada konsentrasi NaOH 45% dan waktu

kontak 60 menit adalah 2042.1 cm/detik. Penurunan yang ada pada Gambar 7 disebabkan masih ada kandungan CO₂ yang mengganggu pembakaran dan juga bentuk dari ruang bakar yang memungkinkan terjadinya perlambatan cepat rambat api karena dimensi ruang bakar yang terbatas sehingga pada saat tertentu akan terjadi peningkatan tekanan dan menghambat kecepatan rambat api.

Kesimpulan

Semakin besar konsentrasi NaOH dan semakin lama waktu kontak diduga mengalami pengurangan kadar CO₂ yang ditunjukkan oleh jarak antar api. Pada gambar rambat api sebelum perlakuan jarak antar api sangat berdekatan, pada konsentrasi NaOH 25% dengan lama kontak 20 menit, 40 menit dan 60 menit menunjukkan tingkat kerapatan antar *flame* pada waktu kontak 60 menit dengan jarak antar api yang berjauhan semakin banyak, pada konsentrasi NaOH 35% dengan lama kontak 20 menit, 40 menit dan 60 menit menunjukkan tingkat kerapatan antar *flame* yang lebih baik pada waktu kontak 40 menit dan 60 menit karena pada jarak tersebut cenderung sama jarak antar apinya. Pada konsentrasi 45% dengan lama kontak 20 menit, 40 menit dan 60 menit menunjukkan jarak antar api yang lebih baik tetapi cenderung sama jarak rambat api setiap variasi waktu pada konsentrasi NaOH 45% dikarenakan larutan NaOH 45% telah jenuh pada 20 menit pertama.

Penurunan kadar CO₂ oleh larutan NaOH dapat mempercepat rambat api. Hal ini dapat dilihat dari peningkatan kecepatan rambat api mulai dari sebelum dipurifikasi kecepatan rambat api sesaatnya adalah 1104.7 cm/detik dan setelah dipurifikasi dengan konsentrasi NaOH 25% cepat rambat api sesaatnya dapat mencapai 1873.0 cm/detik pada lama kontak 60 menit. Sedangkan dengan konsentrasi NaOH 35% kecepatan rambat api sesaat sebesar 1954.4 cm/detik pada lama kontak 60 menit. Dan pada larutan NaOH 45% dalam waktu kontak 60 menit dengan kecepatan rambat api sesaatnya adalah 2042.1 cm/detik.

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] 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.
- [2] Mara, Made. 2012. Analisis Penyerapan Gas Karbon dioksida (CO₂) Dengan Larutan NaOH Terhadap Kualitas Biogas Kotoran Sapi, Universitas Mataram.
- [3] Maarif, Fuad. 2008. Absorpsi Gas CO₂ dengan Larutan NaOH Secara Kontinyu, Universitas Brawijaya. Malang.
- [4] Uwar, Aini. 2012, Karakteristik Pembakaran CH₄ Dengan Penambahan CO₂ Pada Model *Helle-Shaw Cell* Pada Penyalaan Bawah, Jurnal Rekayasa Mesin Vol.3, No. 1.