

Pengaruh Kalium Hidroksida Terhadap Emisi Gas Buang Motor Bensin Berbahan Bakar Biogas

The Effect of Potassium Hydroxide on Exhaust Gas Emissions of Biogas Fueled Otto Engine

¹Ahmad Hanif Firdaus, ²Ratna Monasari, ³Nanang Qosim, ⁴Fina Andika Frida Astuti

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang, Malang, Indonesia.

e-mail: ¹hanif.ahmad@polinema.ac.id, ²monasari@polinema.ac.id,
³nanang.qsm@polinema.ac.id, ⁴fina.andika@gmail.com.

Abstrak

Kebutuhan alat transportasi menjadi sesuatu hal yang sangat penting untuk mendukung peningkatan mobilitas orang, barang, dan jasa di era globalisasi seperti saat ini. Penggunaan alat transportasi berbasis motor bakar dengan bahan bakar fosil sebagai sumber energi utama memberi dampak yang sangat serius jika dibiarkan. Bahan bakar fosil adalah energi tak terbarukan yang jumlahnya di alam pun semakin menipis yang suatu saat akan habis dan jika digunakan dapat menghasilkan emisi gas buang yang dapat merugikan kesehatan dan lingkungan. Saat ini terdapat perkembangan yang cukup signifikan dalam usaha menciptakan dan menemukan bahan bakar alternatif, biogas menjadi salah satunya. Namun, biogas murni yang dihasilkan masih banyak mengandung zat pengotor yang mengganggu dalam proses pembakaran sehingga perlu dilakukan pemurnian. Salah satu teknik pemurnian biogas adalah dengan menggunakan larutan Kalium Hidroksida (KOH). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek kalium hidroksida terhadap emisi gas buang mesin bensin berbahan bakar biogas. Metode yang digunakan dengan eksperimen secara langsung. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah variasi konsentrasi Kalium Hidroksida (KOH) sebesar 5 M, 10 M, dan 15 M pada putaran mesin 5500, 5700, 5900, 6100, 6300 dan 6500 rpm. Variabel terkontrolnya bukaan *throttle* 100%, waktu pengapian 39° sebelum TMA (Titik Mati Atas) dan laju alir KOH 1 ml/s, variabel terikatnya adalah emisi gas buang CO dan HC. Dari hasil penelitian diketahui bahwa semakin besar konsentrasi KOH yang ditambahkan akan menghasilkan emisi gas buang yang minimal, yaitu pada penambahan KOH dengan konsentrasi 15 M yang menghasilkan emisi gas buang CO sebesar 0,237 (% vol) dan HC 84 (ppm vol).

Kata kunci: Biogas; Emisi; Kalium Hidroksida; Mesin Bensin.

Abstract

The use of engine-fuel-based transportation with fossil fuels as the main energy source has a very serious impact. Fossil fuels are non-renewable energy whose numbers in nature are depleting which one day it will run out and if used can produce exhaust gas emissions that can harm health and the

environment. Currently there are significant developments in the effort to create and find alternative fuels, biogas being one of them. However, the pure biogas produced still contains many impurities that interfere with the combustion process so that it needs to be purified. One of the biogas purification techniques is by using a solution of potassium hydroxide (KOH). This study aims to determine the effect of KOH on the exhaust gas emissions of biogas fueled otto engines. The method using direct experimentation, independent variable were the variation in the concentration KOH of 5 M, 10 M, and 15 M at engine speed of 5500, 5700, 5900, 6100, 6300 and 6500 rpm. The controlled variables were 100% throttle opening, the ignition time was 39 ° before TDC (Top Dead Centre) and the KOH flow rate was 1 ml / s, the dependent variables were the exhaust emissions of CO and HC. From the results, it is known that the greater the KOH concentration added will produce minimal exhaust gas emissions, namely the addition of KOH with a concentration of 15 M which results in CO exhaust emissions of 0.237 (vol%) and HC 84 (ppm vol).

Keywords : Biogas; Emission; Potassium Hydroxide, Otto Engine.

1. PENDAHULUAN

Pada era globalisasi saat ini, disaat jumlah penduduk dunia semakin bertambah serta diikuti oleh perkembangan teknologi, kebutuhan energi cenderung semakin meningkat tak terkecuali di bidang otomotif dan transportasi. Kondisi ini mengakibatkan konsumsi energi juga semakin bertambah, sedang saat ini sumber energi yang masih banyak digunakan adalah bahan bakar fosil yang tidak dapat diperbaharui yang jumlahnya semakin menipis, disamping itu pemakaian bahan bakar fosil ini juga memberi dampak lingkungan yang tidak sedikit terkait dengan emisi gas buang yang dihasilkan sehingga memberi banyak inspirasi kepada banyak ahli dalam usaha mencari sumber energi alternatif yang lebih ramah lingkungan .

Biogas adalah gas yang sifatnya mudah terbakar dan berasal dari proses penguraian bahan organik secara *anaerob* (tanpa udara) oleh bakteri atau mikro organisme dengan melalui beberapa tahapan proses. Biogas ini bisa menjadi salah satu solusi pengganti energi bahan bakar fosil yang murah dan ramah lingkungan. Salah satu sumber biogas yang melimpah adalah limbah dari kotoran sapi yang banyak ditemukan pada peternakan-peternakan sapi di Indonesia, khususnya di Malang Raya. Melalui rekayasa pengolahan limbah kotoran sapi dapat diolah menjadi biogas. Hasilnya dapat digunakan sebagai bahan bakar dan pupuk organik cair kaya nutrisi yang bebas amonia. Pemanfaatan limbah organik untuk produksi biogas dapat mengurangi konsumsi energi fosil dan mengurangi pencemaran lingkungan. (Prihutama *et al*, 2017).

Gas metana atau CH₄ dalam biogas adalah unsur utama dalam biogas yang menjadi komponen dalam pembakaran. Selain gas metana (CH₄) yang sangat diperlukan dalam pembakaran, terdapat pula kandungan lain yang justru mengganggu atau merusak. Biogas yang dihasilkan oleh reaktor tidak dapat digunakan secara langsung sebagai bahan bakar mesin bensin, tetapi harus dimurnikan dari gas pengotor. Salah satu gas pengotor yang harus dikurangi adalah CO₂. Kandungan CO₂ yang tinggi pada biogas menyebabkan nilai pembakaran menjadi turun (Nurdin & Aries, 2018). Kadar CO₂ ini dalam biogas menempati urutan kedua terbanyak setelah CH₄ dan persentasenya kurang lebih 27-44%. Dimana diketahui bahwa unsur CO₂ adalah hasil pembakaran dan apabila unsur ini ada dalam pembakaran, maka akan mengganggu proses pembakaran itu sendiri.

Mengingat kandungan CO₂ dalam biogas masih terlalu besar, maka dibutuhkan perlakuan khusus untuk menurunkan zat yang merugikan tersebut sehingga diharapkan bisa menaikkan kualitas biogas. Metode yang bisa digunakan untuk memisahkan CO₂ dalam biogas diantaranya seperti proses *cryogenic* (pendinginan), proses absorpsi *pressure swing*

absorption (PSA), absorpsi dengan bongkahan serbuk besi, proses pelarutan dan difusi dengan teknologi membran dan absorpsi secara kimiawi (Rao & Rubin, 2002). Cara pemisahan dengan proses *cryogenic* membutuhkan tekanan yang tinggi dimana CO₂ yang dihasilkan berupa larutan sedangkan dengan proses absorpsi kapasitasnya terlalu kecil. Cara pemisahan dengan menggunakan membran juga sulit untuk dilakukan.

Beberapa contoh metode yang dapat digunakan untuk memurnikan biogas sebelum diaplikasikan sebagai bahan bakar pada suatu motor bakar, diantaranya dengan menggunakan arang aktif dan silika gel sebagai adsorben (Ritonga *et al*, 2020). Perpaduan antara arang aktif dan zeolit juga bisa digunakan untuk memurnikan biogas. Komposisi adsorben terbaik dalam pemurnian biogas adalah pada perbandingan arang aktif dan zeolit, 50:50 yang difermentasi selama 90 hari (Ritonga & Masrukhi, 2017). Pemurnian biogas yang dilakukan dengan menggunakan pasta batu apung juga terbukti dapat berpengaruh terhadap unjuk kerja mesin Honda Astrea Grand 100 cc (Sutanto *et al*, 2016).

Saat ini metode yang paling banyak digunakan untuk memisahkan CO₂ dalam biogas adalah dengan menggunakan proses absorpsi secara kimia. Proses absorpsi kimia adalah proses absorpsi gas menggunakan pelarut dengan reaktan (pereaksi) yang dapat bereaksi dengan komponen gas yang terlarut. Penggunaan pelarut kimia ini dimaksudkan untuk meningkatkan laju reaksi pelarut dalam menyerap CO₂. Proses ini secara prinsip melibatkan dua proses penting yaitu proses absorpsi secara fisik dan reaksi kimia. Adanya reaksi kimia inilah yang dapat meningkatkan kemampuan pelarut dalam menyerap gas (CO₂). Bahan kimia yang sering digunakan ialah NaOH dan KOH. Berdasarkan penelitian sebelumnya, pemurnian biogas dengan menggunakan NaOH menghasilkan kesimpulan bahwa jumlah CO₂ yang terserap dan CH₄ yang dihasilkan semakin besar seiring berkurangnya laju alir NaOH (Ardhiany, 2018). Adapun studi tentang pemanfaatan KOH sebagai adsorben pemurnian biogas diantaranya menghasilkan kesimpulan bahwa semakin banyak massa dari kalium hidroksida maka semakin banyak volume biogas yang dapat dimurnikan (Suputra *et al*, 2017). Semakin tinggi variasi KOH dan H₂O maka proses penyerapan CO₂ semakin banyak. Semakin banyak penyerapan CO₂ yang dihasilkan maka semakin meningkatkan prosentase CH₄ yang dihasilkan (Suyatno & Hermawan, 2016). Pengujian pemurnian biogas dengan KOH juga terbukti dapat menurunkan kadar CO₂ dari awalnya sebesar 35.6% menjadi 15% dan meningkatkan prosentase CH₄ dari 48% menjadi 57% (Hardianto & Hermawan, 2019). Semakin tinggi konsentrasi KOH dan lama tinggal *bubble* maka semakin besar proses penyerapan CO₂ murni sehingga kandungan CO₂ mengalami pengurangan sedangkan CH₄ mengalami peningkatan (Hermawan *et al*, 2016). Hasil pemurnian biogas dengan menggunakan KOH dan NaOH dihasilkan CH₄ tertinggi diperoleh pada konsentrasi KOH maksimal sebesar 0,15 M dan CO₂ terendah diperoleh pada konsentrasi KOH sebesar 0,1 M. (Fahmayanti & Abtokhi, 2018).

Selain CO₂, kandungan biogas murni yang juga merugikan karena bersifat korosif adalah H₂S, komposisinya memang tidak sebesar CO₂ sehingga sangat jarang dijadikan objek penelitian. Bila digunakan sebagai bahan bakar pada motor bensin, untuk memurnikan biogas dari H₂S bisa dengan jalan memodifikasi saluran masuk pada motor bensin. Gram besi dapat digunakan sebagai bahan yang efektif untuk memurnikan biogas dari kotoran gas H₂S. Dengan mengubah gram besi menjadi oksida besi atau besi hidroksida, yaitu melalui pemanasan atau pembakaran, gram besi bereaksi dengan oksigen hingga gram besi terlihat merah dan mendingin dengan pendinginan lambat dalam tungku. (Sunaryo, 2014).

Penggunaan biogas pada motor bakar khususnya pada motor bensin berbeda dengan pemanfaatan biogas pada umumnya sebagai bahan bakar pada kompor gas. Pada motor bakar memerlukan beberapa persiapan khusus. Diantaranya biogas harus dimurnikan dulu

dari zat pengotor agar tidak merusak mesin, diperlukan juga modifikasi dan penambahan beberapa alat pada mesin seperti *mixer* yang berfungsi untuk mencampur udara dan biogas serta *purifier* yang digunakan untuk memurnikan biogas sebelum masuk ke ruang bakar. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa motor berbahan bakar bensin terbukti dapat dihidupkan menggunakan biogas sekalipun kinerja maksimal belum dapat diperoleh, hanya seperempat dari kapasitas normalnya jika menggunakan bahan bakar premium/bensin (Hery *et al*, 2011). Meskipun demikian, biogas pada mesin bensin memiliki kelebihan yakni terkait dengan emisi gas buang. Dari penelitian sebelumnya pula dapat diambil kesimpulan bahwa emisi gas buang CO₂, O₂, CO yang dihasilkan oleh mesin berbahan bakar biogas sebagian besar lebih rendah dibandingkan dengan emisi gas buang yang dihasilkan oleh mesin berbahan bakar bensin. (Prastya *et al*, 2013). Hasil yang sama menyatakan bahwa emisi gas buang dari bahan bakar biogas lebih bersih dibandingkan dengan emisi gas buang yang menggunakan bahan bakar bensin (Abdussalam *et al*, 2018).

Tujuan yang ingin diperoleh dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana efek penggunaan dari bahan bakar biogas yang telah direaksikan dengan Kalium Hidroksida (KOH) pada motor bensin khususnya terkait dengan emisi gas buang yang dihasilkan. Pemilihan KOH dalam penelitian ini didasarkan pada fakta penelitian sebelumnya bahwa KOH telah terbukti dapat menurunkan kadar CO₂ dan meningkatkan kadar CH₄ dalam biogas sebagaimana yang telah dijelaskan di atas, disamping dari segi ekonomi harga KOH juga relatif terjangkau. Perbedaan dari penelitian sebelumnya ialah pada penelitian ini menggunakan konsentrasi larutan KOH yang lebih tinggi sehingga diharapkan dapat diketahui konsentrasi maksimal KOH yang optimal ketika direaksikan dengan biogas sebagai bahan bakar pada motor bensin dengan emisi gas buang yang rendah.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental (*experimental research*) yaitu dengan melakukan pengamatan secara langsung untuk memperoleh data sebab akibat melalui eksperimen guna mendapatkan data empiris. Dalam hal ini obyek penelitian yang diamati adalah efek kalium hidroksida terhadap emisi gas buang motor bensin berbahan bakar biogas.

Variabel Penelitian

Variabel dalam penelitian ini terdiri dari variabel bebas, terikat, dan terkontrol. Variabel bebas adalah variabel yang bebas ditentukan oleh peneliti sebelum melakukan pengujian, dalam penelitian ini adalah penambahan kalium hidroksida dengan variasi konsentrasi sebesar 5 M, 10 M, dan 15 M serta putaran poros mesin 5500, 5700, 5900, 6100, 6300, dan 6500 rpm. Variabel berikutnya ialah variabel terikat, yaitu variabel yang besarnya tidak ditentukan oleh peneliti namun nilainya tergantung dari variabel bebasnya, dalam hal ini ialah emisi gas buang HC dan CO. Variabel yang terakhir yakni variabel terkontrol (variabel yang nilainya dikondisikan konstan) yaitu terdiri dari penambahan kalium hidroksida sebesar 1 ml/s, bukaan *throttle* 100%, dan waktu pengapian 39° sebelum Titik Mati Atas (TMA).

Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan alat utama berupa mesin bensin 4 langkah, 125 cc merk Honda Karisma tahun 2004 yang sudah dimodifikasi titik pengapianya menjadi 39° sebelum TMA (Titik Mati Atas) menggunakan *Programmable CDI* merk cheetah power. Pemasangan CDI *aftermarket* menggantikan CDI bawaan pabrik dilakukan untuk mengubah

waktu pengapian karena menyesuaikan dengan bahan bakar biogas yang memiliki karakteristik yang berbeda dengan bahan bakar bensin. Putaran mesin diatur dengan menggunakan gaya pengereman dan dicatat dengan menggunakan *tachometer* sedang emisi gas buang diukur dengan menggunakan *gas analyzer* merk Stargas yang terpasang pada saluran gas buang (knalpot).



Gambar 1. Honda karisma 125 cc



Gambar 2. Programmable CDI

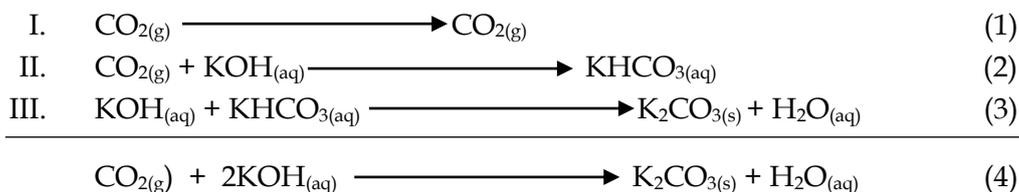


Gambar 3. Tachometer



Gambar 4. Gas analyzer

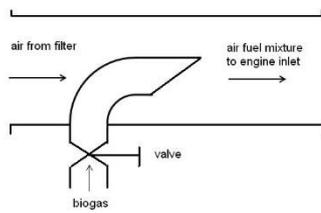
Selain melakukan modifikasi juga dilakukan penambahan alat berupa *mixer* dan *purifier*. Penambahan *mixer* merupakan modifikasi dasar yang diperlukan agar motor bensin dapat beroperasi dengan bahan bakar gas, fungsi *mixer* adalah sebagai tempat pencampuran bahan bakar gas dan udara. Desain dari *mixer* dapat dilihat pada gambar 5. Penambahan larutan kalium hidroksida untuk mengikat CO₂ pada biogas dilakukan pada *purifier*. *Purifier* adalah alat tambahan pada instalasi percobaan yang berfungsi sebagai pemurni biogas, dimana cara kerjanya sebagai separator CH₄ dari produk hasil pengikatan CO₂ oleh KOH, yaitu berupa K₂CO₃ dan H₂O sebagaimana reaksi kimia berikut.



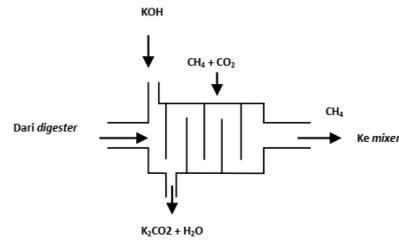
(Van Bhat *et al*, 2000)

Purifier dipasang diantara *digester* dan *mixer*, terdapat 2 lubang dibagian atas dan dibagian bawah *purifier* selain dua saluran utama yang terhubung ke *digester* dan *mixer*. Lubang dibagian atas berfungsi sebagai tempat saluran masuk KOH sedangkan lubang pada bagian bawah sebagai saluran keluar untuk K₂CO₃ dan H₂O agar tidak ikut masuk ke dalam silinder. Desain sederhana *purifier* dapat dilihat dalam gambar 6 di bawah ini. *Purifier* bekerja memanfaatkan prinsip perbedaan massa jenis antara CH₄ yang berfase gas dengan

K_2CO_3 (solid) dan H_2O (*aquoeus*). Sehingga hanya CH_4 yang akan masuk ke dalam silinder sedangkan K_2CO_3 dan H_2O akan keluar lewat lubang di bagian bawah *purifier*.

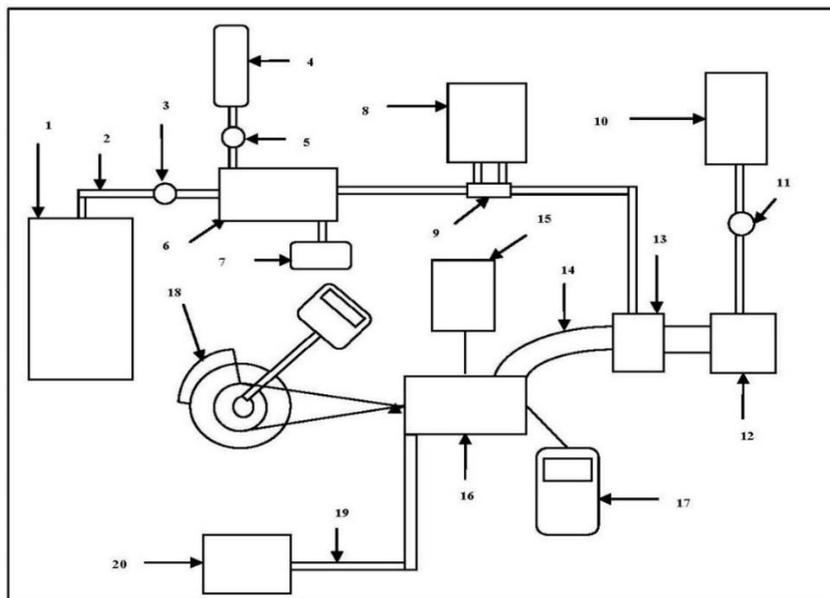


Gambar 5. Desain *mixer*



Gambar 6. Desain sederhana *purifier*

Selain alat dan bahan yang dijelaskan di atas, secara lengkap instalasi penelitian yang digunakan untuk pengambilan data disajikan dalam gambar 7 di bawah ini.



Gambar 7. Diagram skematik instalasi penelitian

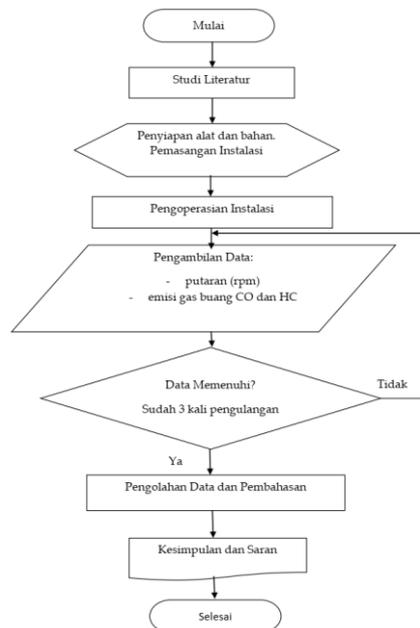
Keterangan.

- | | | |
|----------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| 1. Digester biogas | 8. Manometer U | 15. CDI Programmable |
| 2. Selang bahan bakar | 9. Orifice | 16. Ruang bakar |
| 3. Shut-off valve | 10. Tangki bensin | 17. Tachometer |
| 4. Infus | 11. Katup tangki bensin | 18. Prony Brake Dynamometer |
| 5. Katup infus | 12. Karburator | 19. Knalpot |
| 6. Purifier | 13. Mixer | 20. Gas Analyzer |
| 7. Penampung produk reaksi | 14. Intake manifold | |

Langkah Penelitian

Prosedur pengujian dimulai dari menyiapkan alat dan bahan yang digunakan, lalu mesin dinyalakan dengan *start up* menggunakan bahan bakar bensin sebanyak 5 ml dan ditunggu selama 2 menit sampai bensin di dalam tangki habis. Tahap berikutnya ialah membuka katup biogas dan membiarkan mesin berjalan selama 5 menit sampai diperkirakan kondisi putaran mesin telah stabil. Pengambilan data kemudian dilakukan dengan pengulangan sebanyak 3 kali tanpa dan dengan penambahan larutan kalium

hidroksida 5 M, 10 M, dan 15 M dengan debit 1 ml/liter pada putaran mesin 6500, 6300, 6100, 5900, 5700 dan 5500 rpm. Data yang dicatat dalam pengujian ialah putaran poros mesin dan emisi gas buang CO dan HC. Data yang tercatat kemudian diolah dan dibahas serta disimpulkan.



Gambar 8. Diagram alir penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil pengujian emisi gas buang CO dan HC pada putaran mesin 5500-6500 rpm mesin bensin berbahan bakar biogas dengan variasi konsentrasi larutan KOH dapat dilihat pada tabel 1, 2, 3, dan 4 di bawah. Pada setiap pengambilan data dilakukan 3 kali pengulangan untuk menghasilkan data yang konsisten dan lebih valid. Data akhir yang merupakan nilai rata-rata dari 3 data yang telah diperoleh tersebut lalu diplot ke dalam grafik untuk memudahkan analisa.

Tabel 1. Data hasil pengujian tanpa penambahan KOH

n (rpm)	Percobaan	HC (ppm vol)	CO (%vol)
5500	I	165	2.448
	II	165	2.448
	III	165	2.448
	Rata-rata	165	2.448
5700	I	176	2.519
	II	176	2.519
	III	176	2.519
	Rata-rata	176	2.519
5900	I	200	2.983
	II	200	2.983
	III	200	2.983
	Rata-rata	200	2.983
6100	I	215	2.996
	II	215	2.996
	III	215	2.996
	Rata-rata	215	2.996
6300	I	223	3.059
	II	223	3.059
	III	223	3.059
	Rata-rata	223	3.059

	Rata-rata	223	3.059
6500	I	226	3.733
	II	226	3.733
	III	226	3.733
	Rata-rata	226	3.733

Tabel 2. Data hasil pengujian dengan penambahan larutan KOH 5 M

n (rpm)	Percobaan	HC (ppm vol)	CO (%vol)
5500	I	110	1.506
	II	110	1.506
	III	110	1.506
	Rata-rata	110	1.506
5700	I	118	1.612
	II	118	1.612
	III	118	1.612
	Rata-rata	118	1.612
5900	I	143	1.800
	II	143	1.800
	III	143	1.800
	Rata-rata	143	1.800
6100	I	151	2.252
	II	151	2.252
	III	151	2.252
	Rata-rata	151	2.252
6300	I	180	2.565
	II	180	2.565
	III	180	2.565
	Rata-rata	180	2.565
6500	I	208	2.943
	II	208	2.943
	III	208	2.943
	Rata-rata	208	2.943

Tabel 3. Data hasil pengujian dengan penambahan larutan KOH 10 M

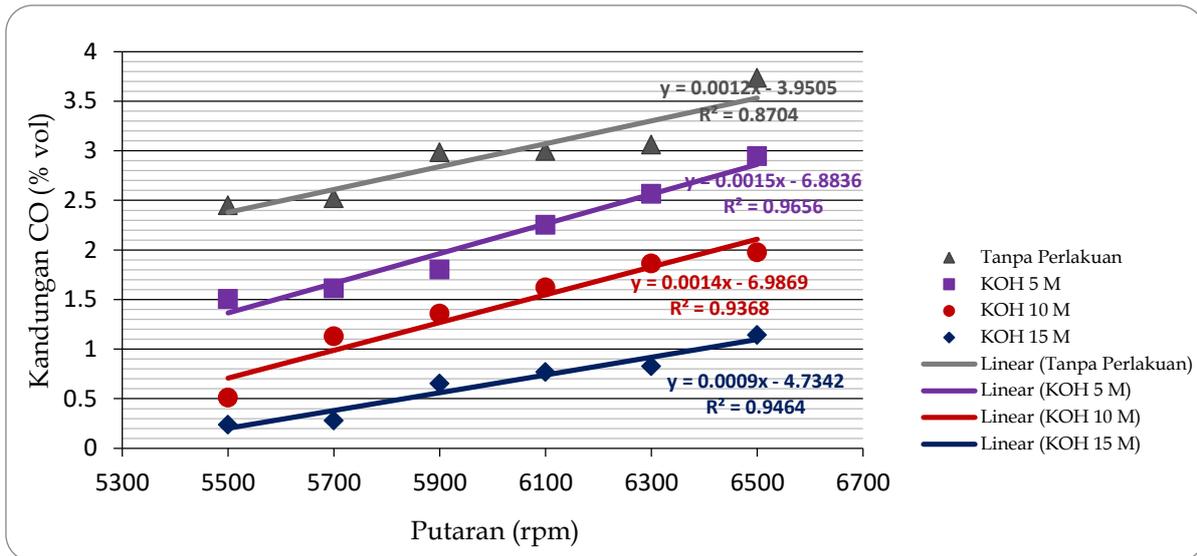
n (rpm)	Percobaan	HC (ppm vol)	CO (%vol)
5500	I	105	0.508
	II	105	0.508
	III	105	0.508
Rata-rata	Rata-rata	105	0.508
5700	I	111	1.129
	II	111	1.129
	III	111	1.129
Rata-rata	Rata-rata	111	1.129
5900	I	116	1.358
	II	116	1.358
	III	116	1.358
Rata-rata	Rata-rata	116	1.358
6100	I	132	1.621
	II	132	1.621
	III	132	1.621
Rata-rata	Rata-rata	132	1.621
6300	I	161	1.863
	II	161	1.863
	III	161	1.863
Rata-rata	Rata-rata	161	1.863
6500	I	184	1.974
	II	184	1.974
	III	184	1.974

Rata-rata	Rata-rata	184	1.974
-----------	-----------	-----	-------

Tabel 4. Data hasil pengujian dengan penambahan larutan KOH 15 M

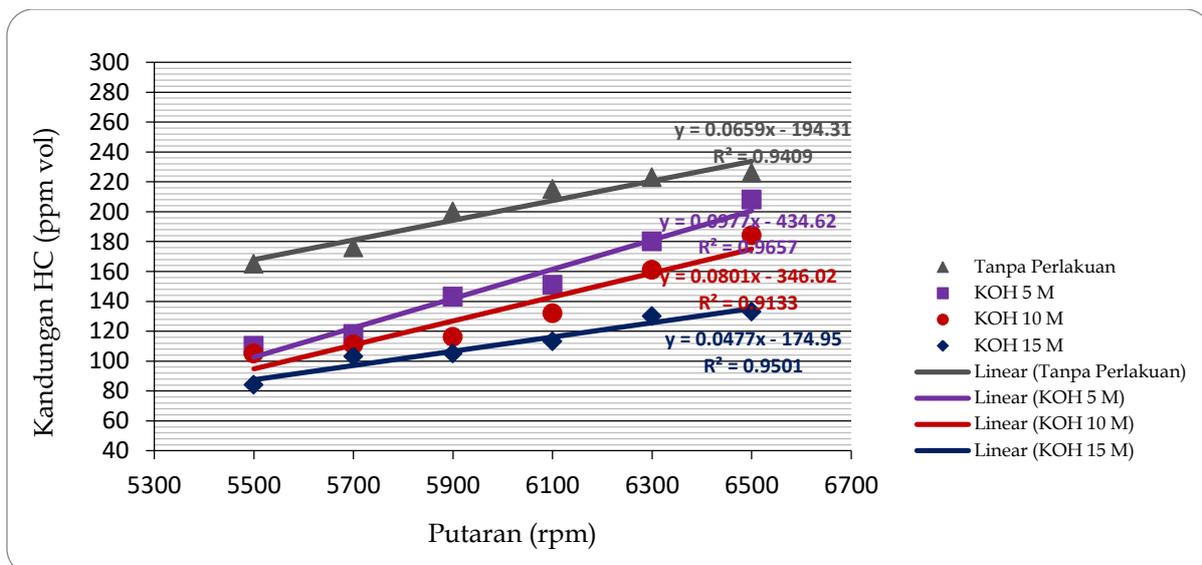
n (rpm)	Percobaan	HC (ppm vol)	CO (%vol)
5500	I	84	0.237
	II	84	0.237
	III	84	0.237
Rata-rata	Rata-rata	84	0.237
5700	I	103	0.277
	II	103	0.277
	III	103	0.277
Rata-rata	Rata-rata	103	0.277
5900	I	105	0.651
	II	105	0.651
	III	105	0.651
Rata-rata	Rata-rata	105	0.651
6100	I	113	0.766
	II	113	0.766
	III	113	0.766
Rata-rata	Rata-rata	113	0.766
6300	I	130	0.824
	II	130	0.824
	III	130	0.824
Rata-rata	Rata-rata	130	0.824
6500	I	133	1.142
	II	133	1.142
	III	133	1.142
Rata-rata	Rata-rata	133	1.142

Grafik hubungan antara putaran poros mesin terhadap emisi gas CO dan HC dengan berbagai variasi konsentrasi KOH berdasarkan data hasil pengujian di atas dapat dilihat pada gambar 9 dan 10 di bawah ini. Kedua gambar tersebut menunjukkan grafik pengaruh putaran poros mesin terhadap emisi gas CO dan HC, terlihat bahwa semakin tinggi putaran poros mesin maka emisi gas CO dan HC semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena pada putaran tinggi, pembakaran yang terjadi adalah pembakaran cepat, hal ini terjadi karena semakin cepatnya gerakan piston serta mekanisme buka tutup katup isap yang semakin cepat pula sehingga pembakaran cenderung tidak sempurna sehingga kandungan emisi gas buang CO dan HC semakin meningkat.



Gambar 9. Grafik hubungan antara putaran poros mesin terhadap emisi gas CO

Pada gambar 9 didapatkan nilai emisi gas CO tertinggi adalah tanpa perlakuan sebesar 3,733 % volume pada putaran 6500 rpm. Hal ini dikarenakan biogas yang digunakan sebagai bahan bakar masih mengandung CO₂, dimana CO₂ ini adalah unsur yang merugikan dalam pembakaran karena tidak ikut terbakar dan akan mengurangi nilai kalor bahan bakar sehingga pembakaran berlangsung tidak sempurna. Dalam grafik juga terlihat, penambahan KOH dengan konsentrasi 15 M, menghasilkan emisi CO yang terendah, yakni sebesar 0,237 % volume pada putaran 5500 rpm. Hal ini disebabkan semakin tinggi konsentrasi KOH yang ditambahkan maka akan semakin efektif dalam mengikat CO₂ sehingga biogas akan semakin sempurna terbakar bersama udara dan berkurang emisi gas CO yang keluar bersama gas buang.



Gambar 10. Grafik hubungan antara putaran poros mesin terhadap emisi gas HC

Gambar 10 menunjukkan grafik yang menyatakan pengaruh putaran poros mesin terhadap emisi gas HC dengan berbagai perlakuan, terlihat bahwa pada pengujian tanpa perlakuan menghasilkan emisi HC yang tertinggi pada putaran 6500 rpm dengan nilai 226

ppm volume. Hal ini dikarenakan bahan bakar yang digunakan masih bercampur dengan CO₂ sehingga membuat pembakaran berlangsung tak sempurna dan menghasilkan emisi HC yang tidak ikut terbakar dan ikut keluar bersama gas buang. Dalam grafik juga terlihat, penambahan KOH dengan konsentrasi 15 M, menghasilkan emisi HC yang terendah, sebesar 84 ppm volume yang terjadi pada putaran 5500 rpm. Hal ini disebabkan semakin tinggi konsentrasi KOH yang ditambahkan maka akan semakin efektif dalam mengikat CO₂ sehingga biogas akan semakin sempurna terbakar bersama udara dan berkurang emisi HC yang keluar bersama gas buang.

Bila dibandingkan dengan karakteristik motor dengan bahan bakar bensin secara teoritis didapatkan hasil bahwa emisi gas CO dan HC yang dihasilkan dari motor bensin berbahan bakar biogas lebih rendah dibanding dengan bahan bakar bensin. Hal ini dikarenakan pembakaran yang berlangsung dengan bahan bakar biogas lebih sempurna dibandingkan dengan bahan bakar bensin.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa Kalium Hidroksida yang ditambahkan pada biogas sebelum masuk pada ruang bakar berpengaruh terhadap emisi gas buang motor bensin berbahan bakar biogas. Semakin besar konsentrasi Kalium Hidroksida yang ditambahkan maka akan menurunkan emisi gas buang CO dan HC. Hal ini dikarenakan semakin besar konsentrasi Kalium Hidroksida akan meningkatkan laju reaksi pengikatan CO₂ dalam biogas, akibatnya unsur *ballast* (CO₂) dalam biogas akan termurnikan dan menjadikan pembakaran menjadi lebih sempurna, pembakaran yang sempurna akan menghasilkan emisi gas buang CO dan HC yang lebih sedikit.

Untuk pengembangan di masa depan, beberapa saran bagi para peneliti ialah perlunya dilakukan penelitian pendahuluan tentang desain *mixer* dan *purifier* yang terbaik untuk motor bensin berbahan bakar biogas. Perlu juga dikembangkan penelitian dengan penambahan Kalium Hidroksida dengan konsentrasi di atas 15 M. Serta mengkabutkan Kalium Hidroksida sampai dengan ukuran droplet sekecil mungkin sebelum dimasukkan ke dalam *purifier* untuk mempercepat reaksi dengan bahan bakar biogas.

DAFTAR RUJUKAN

- Abdussalam., Fernandez, D., & Lapisa, R. (2018). Penggunaan biogas sebagai bahan bakar alternatif pada mesin generator *set multi equipment* (Me) 1800. *Automotive Engineering Education Journals*, 2(2), 1-7.
- Ardhiany, S. (2018). Proses absorpsi gas CO₂ dalam biogas menggunakan alat absorber tipe *packing* dengan analisa pengaruh laju alir absorben NaOH. *Jurnal Teknik Patra Akademika*, 9(2), 55-65.
- Fahmayanti, Y., & Abtokhi, A. (2018). The addition effect of NaOH and KOH toward biogas purification. *Jurnal Neutrino: Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 10(2), 40-44.
- Hardianto, A., & Hermawan, D. (2019). Pengaruh filterisasi bertingkat larutan KOH, NaOH dan TEA terhadap penurunan prosentase CO₂ pada biogas. *Jurnal Flywheel*, 10(1), 43-54.
- Hermawan, D., Hamidi, N., & Sasongko, M. N. (2016). Performansi purifikasi biogas dengan KOH based absorbent. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 7(2), 65-73.

- Hery, A. F., Septiropa, Z., Riansyah, S., & Romadhi, F. (2011). Pemanfaatan biogas/*landfillgas* sebagai bahan bakar mesin bensin 1 silinder 4 langkah. *Jurnal Teknik Industri*, 12(2) 162-168.
- Nurdin, A., & Aries, D. (2018). Review aplikasi bahan bakar biogas pada motor bakar SI (*spark ignition*). *Jurnal SIMETRIS*, 9(2), 797-802.
- Prastya, R., Susilo, B., & Lutfi, M. (2013). Pengaruh penggunaan bahan bakar biogas terhadap emisi gas buang mesin generator set. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*, 1(2), 77-84.
- Prihutama, F. A., Firmansyah, D. N., Siahaan, K. S. H., & Fahmi, B. (2017). Pemanfaatan biogas sebagai energi alternatif ramah lingkungan daerah Desa Monggol, Kabupaten Gunungkidul, Yogyakarta. *SNITT-Politeknik Negeri Balikpapan*, 87-95.
- Rao, A. B. & Rubin, E. S. (2002). A technical, economic and environmental assessment of amine based carbon capture technology for power plant greenhouse gas control. *Environmental Science & Technology*, 36(20), 4467-4475
- Ritonga, A. M., & Masrukhi. (2017). Optimasi kandungan metana (CH₄) biogas kotoran sapi menggunakan berbagai jenis adsorben. *Jurnal Rona Teknik Pertanian*, 10(2), 8-17.
- Ritonga, A. M., Masrukhi., & Kusmayadi, R. P. (2020). Pemurnian biogas metode adsorpsi menggunakan *down-up purifier* dengan arang aktif dan silika gel sebagai adsorben. *Journal of Agricultural and Biosystem Engineering Research*, 1(1), 72-80.
- Sunaryo. (2014). Uji eksperimen pemurnian biogas sebagai pengganti bahan bakar motor bensin. *Jurnal PPKM II*, 123-130.
- Suputra, I. M. T., Nindhia, T. T., & Surata, W. (2017). Pemurnian biogas dari gas pengotor CO₂ menggunakan campuran kalium hidroksida padat dengan sekam padi. *Jurnal Ilmiah Teknik Desain Mekanika*, 6(3), 272-275.
- Sutanto, R., Alit, I. B., & Rezeki, G. (2016). Pengaruh absorsi gas CO₂ dan H₂S dalam biogas menggunakan pasta batu apung terhadap peningkatan unjuk kerja motor bakar. *Jurnal Dinamika Teknik Mesin*, 6(1), 31-37.
- Suyatno A., & Hermawan, D. (2016). Analisis campuran KOH dan H₂O terhadap proses penyerapan CO₂ pada biogas hasil ternak dan biogas hasil tempat pembuangan sampah (TPS). *Jurnal Widya Teknika*, 24(1), 1-5.
- Van Bhat, R. D., Kuipers, J.A M. & Versteeg, G. F. (2000). Mass transfer with complex chemical reactions in gas-liquid system: two step reversible reactions with unit stoichiometric and kinetic order. *Chemical Engineering Journal*, 76(2), 127-152.