



Analisis pemakaian bahan bakar biogas termurnikan pada unjuk kerja motor bakar

Rudy Sutanto^{1*}, Arif Mulyanto¹, Nurchayati¹, Pandri pandiatmi¹, Ahmad zainuri¹, Sinarep¹, Kusuma Wardani²

¹Jurusan Teknik Mesin. F.T. Universitas Mataram, Jl. Majapahit No.62 Mataram, NTB, 83125, Indonesia

²Balai Wilayah Sungai, Lombok, Nusa Tenggara Barat, Indonesia

*Email: r_sutanto10@yahoo.com

ARTICLE INFO

Article History:

Received 28 November 2016

Accepted 25 December 2016

Available online 30 June 2017

Keywords:

Biogas

NaOH

Combustion engine

Performance

ABSTRACT

The long term purpose of this research is to obtain the high quality renewable biogas that can be used as fuel for internal combustion engines to drive an electricity generator as energy diversification efforts in the area of small sustainable islands. The specific target expected to be achieved is a method/technique for absorbing impurities contained in biogas, especially CO₂ component. The study was conducted to reduce the level of CO₂ in biogas using NaOH solution. The mass flow rates of biogas employed were 2, 4, 6, 8 and 10 l/min. The biogas was then tested using an engine to see the effect CO₂ on the engine performance at several rotations, i.e. 1500, 2500, 3500, and 4500 rpm. The results show that the torque increases by 21.3% for biogas B2 compared to the unpurified biogas. For biogas B4, the torque increases by 19.1%. While for biogas B6, B8, and B10, the torques increase by 14.9%, 12.8%, and 8.5% respectively. For biogas B2, the SFCE decreases by 33.4%, for biogas B4, the SFCE declines of about 22.7%, while for biogas B6, the SFCE declines by 17.9%. The SFCSs also decline by 13.9% and 8.5% for biogas B8 and B10.

PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan teknologi industri yang semakin pesat maka kebutuhan akan sumber energi yang terbarukan (*renewable energy*) menjadi pertimbangan yang sangat penting. Hal ini disebabkan semakin langkanya sumber energi minyak bumi dan semakin tingginya harga minyak mentah dunia, sehingga penelitian – penelitian inovatif terus dikembangkan untuk menemukan sumber energi

yang terbarukan. Penelitian – penelitian tersebut tidak hanya untuk menemukan sumber energi baru saja, akan tetapi mampu menemukan sumber energi yang bersifat ramah lingkungan.

Biogas bisa menjadi solusi pengganti energi bahan bakar minyak yang murah dan ramah lingkungan. Komposisi dari biogas adalah CH₄, CO₂, N₂, H₂, O₂, dan H₂S. Gas metan atau CH₄ dalam biogas adalah unsur utama dalam biogas yang menjadi komponen dalam

pembakaran dan juga persentasenya harus besar, sehingga bisa menghasilkan kalor yang tinggi (Eyng and Fileti, 2009).

Komposisi biogas bervariasi tergantung dengan asal proses anaerobik yang terjadi, namun rata-rata dapat menghasilkan biogas dengan kadar CH_4 . Sebesar 55-75%. Selain gas metan (CH_4) yang sangat diperlukan terdapat pula unsur lain yang justru mengganggu atau merusak, misalnya karbondioksida (CO_2) adalah hasil pembakaran dan apabila unsur ini ada dalam pembakaran maka akan mengganggu proses pembakaran itu sendiri. kadar CO_2 dalam biogas menemani urutan kedua setelah CH_4 dan persentasenya kurang lebih 40%. Oleh karena itu, dibutuhkan usaha untuk menurunkan kadar CO_2 yang diharapkan bisa menaikkan kualitas biogas (<http://www.bioenergy.org.nz>, 2009).

Kemurnian CH_4 yang dihasilkan dari biogas tersebut menjadi pertimbangan yang sangat penting, hal ini dikarenakan berpengaruh terhadap nilai kalor yang dihasilkan. Sehingga biogas yang dihasilkan perlu dilakukan pemurnian terhadap impuritas – impuritas yang lain. Dalam hal ini impuritas yang berpengaruh terhadap nilai kalor adalah CO_2 , keberadaan CO_2 dalam biogas sangat tidak diinginkan, hal ini dikarenakan semakin tinggi kadar CO_2 dalam biogas maka akan menurunkan nilai kalornya dan sangat mengganggu dalam proses pembakaran. Hal ini menyebabkan kemurnian CH_4 dalam biogas menjadi rendah.

Untuk mengurangi kadar CO_2 dapat dilakukan dengan melewati biogas ke dalam larutan NaOH sehingga terjadi proses Absorpsi. Gas CO_2 langsung bereaksi dengan larutan NaOH sedangkan CH_4 tidak, dengan berkurangnya konsentrasi CO_2 sebagai akibat reaksi dengan larutan NaOH, maka perbandingan konsentrasi CH_4 dengan CO_2 menjadi lebih besar untuk konsentrasi CH_4 (Mulyanto, 2015).

Teknologi pemisahan gas yang telah dikembangkan adalah dengan penggunaan membran. Dalam hal ini digunakan *zeolite Mixed Matrix Membranes* untuk pemisahan CO_2/CH_4 . Pemilihan membran sebagai teknologi pemisahan gas bukan merupakan hal baru. Dua kriteria suatu teknologi pemisahan akan dipilih jika pertimbangan secara teknis dan ekonomis mudah dilakukan (Mulder, 1996)

Gas CO_2 dalam biogas perlu dihilangkan karena gas tersebut dapat mengurangi nilai kalor

pembakaran biogas. Selain itu, kandungan gas karbon dioksida (CO_2) dalam biogas cukup besar yaitu sekitar 30-45 % sehingga nilai kalor pembakaran biogas akan berkurang cukup besar. Nilai kalor pembakaran gas metana murni pada tekanan 1 atm dan temperatur $15,5^\circ\text{C}$ yaitu 9100 Kkal/m^3 ($12,740 \text{ Kkal/kg}$). Sedangkan nilai kalor pembakaran biogas sekitar $4.800\text{--}6.900 \text{ Kkal/m}^3$ ($6.720\text{--}9.660 \text{ Kkal/kg}$) (Harasimowicz et al., 2007).

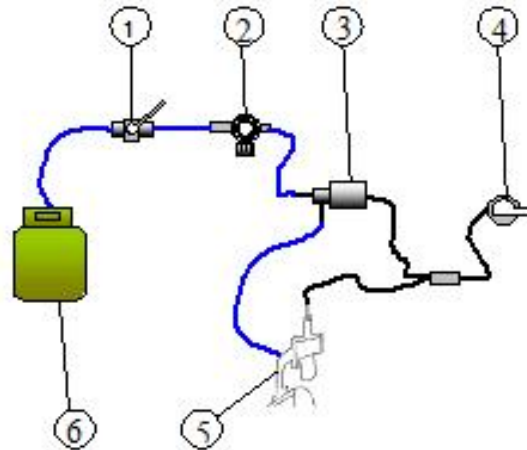
METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang akan digunakan untuk mencapai tujuan penelitian yaitu melakukan pengujian *engine performance* yaitu untuk mengetahui pengaruh CO_2 dalam biogas terhadap unjuk kerja motor bakar, dilihat dari putaran mesin (1500, 2500, 3500 dan 4500 rpm) dan kehalusan putaran mesin.

Bahan utama yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah biomassa dari limbah rumah tangga dan limbah peternakan, selanjutnya campurkan limbah biomassa dan air dengan perbandingan 1:1, diaduk sampai larut. Campuran tersebut dimasukkan ke dalam tangki penampung (*digester*). Kemudian semua saluran dan lubang ditutup agar tidak ada udara yang masuk ke dalam sistem. Selanjutnya, campuran kotoran dengan air didiamkan selama $\pm 3 - 4$ minggu sehingga terbentuk biogas. Penelitian dilanjutkan dengan menguji bahan bakar biogas dalam unjuk kerja motor bakar, dilihat dari putaran mesin (1500, 2500, 3500 dan 4500 rpm) dan kehalusan putaran mesin (Gaya pengereman, *fuel consumption*). Adapun variabel yang dicatat adalah besarnya gaya pengereman dan konsumsi bahan bakar selama dua menit. Pengujian dilakukan pada engine dengan cara menginjeksikan biogas melalui *intake manifold* dengan menggunakan konversion kit, sedangkan karburator disini hanya berfungsi untuk mengatur suplai udara ke dalam ruang pembakaran.

Sedangkan variabel – variabel yang dipilih antara lain : variabel tetap : Komposisi biogas yang terdiri dari campuran gas – gas CH_4 , CO_2 , H_2S , H_2O dan lain - lain, Temperatur operasi (Top) : Pada suhu kamar (30°C). Serta untuk variabel Berubah : putaran mesin : 1500, 2500, 3500 dan 4500 rpm

Adapun rangkaian alat pengujian *performance engine* adalah sebagai berikut,



Keterangan :

1. Katup manual
2. Katup regulator
3. Katup *throttle*
4. Pengatur gas pada *engine* (pedal gas)
5. *Intake manifold*
6. Biogas yang telah termurnikan dalam tabung

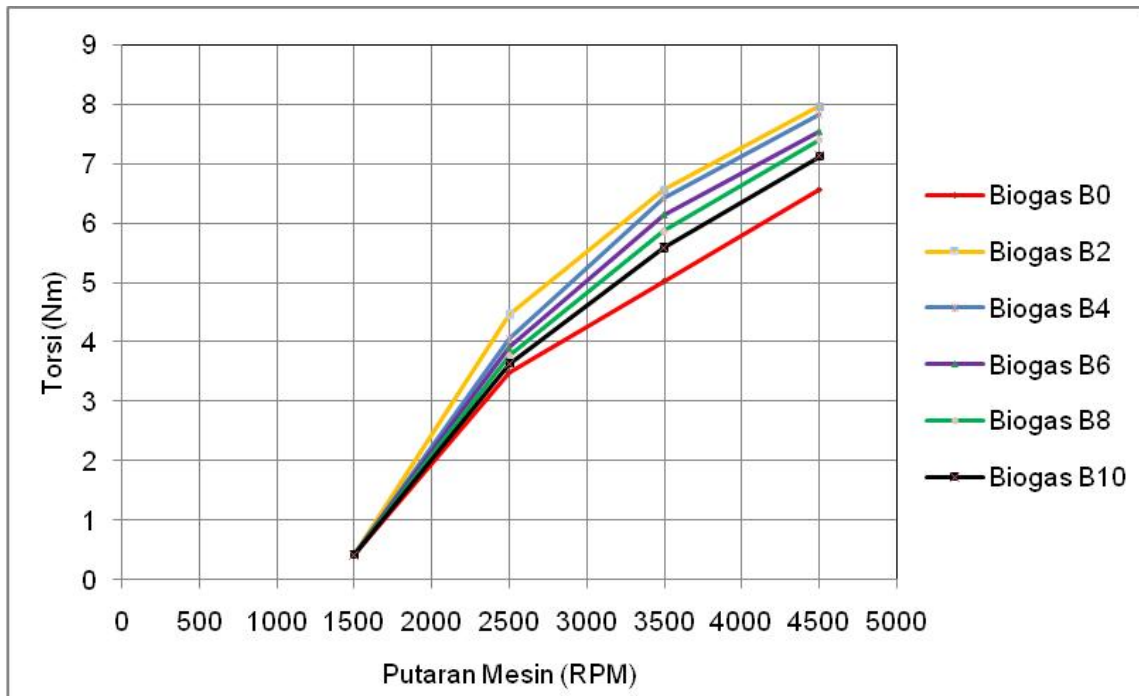
Gambar 1. Rangkaian alat pengujian *performance engine*

HASIL DAN PEMBAHASAN

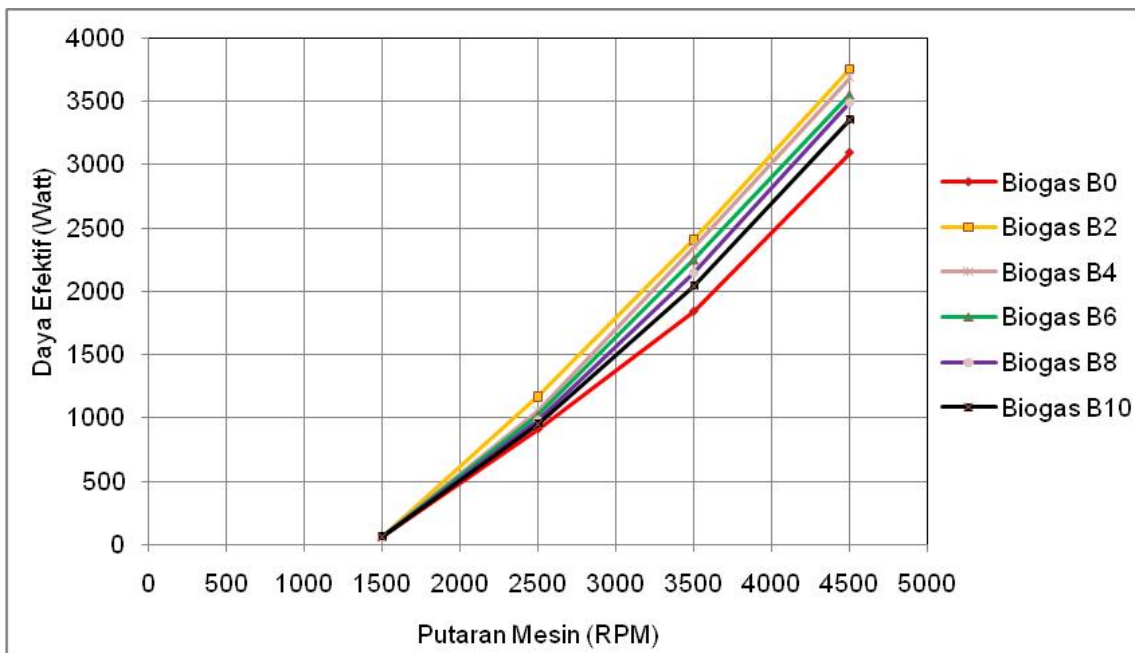
Berdasarkan pada data hasil penelitian, diperoleh hubungan antara putaran mesin dengan torsi (gambar 2) menunjukkan bahwa semakin banyak konsentrasi metan dalam biogas maka akan semakin besar pula torsi yang dihasilkan, hal ini membawa konsekuensi bahwa biogas dengan konsentrasi gas metan yang besar memiliki nilai kalor pembakaran yang besar pula. Pada penelitian ini torsi pada biogas B2 (dengan laju aliran biogas 2 l/men yang melewati *absorber*) mengalami kenaikan 21,3% terhadap biogas yang belum dimurnikan, sedangkan untuk biogas B4 mengalami kenaikan sebesar 19,1% serta biogas B6, biogas B8 dan biogas B10 terjadi kenaikan torsi berturut-turut yakni sebesar 14,9%, 12,8% dan 8,5% terhadap biogas yang belum dimurnikan. Semakin besar laju aliran biogas yang melewati absorben maka semakin rendah kenaikan torsi terhadap biogas yang belum dimurnikan. Fenomena ini dapat terjadi dikarenakan kadar gas metan mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya laju aliran biogas, hal ini memberikan dampak pada nilai kalor pembakaran yang semakin menurun pula.

Hubungan antara putaran mesin dengan torsi seperti terlihat dalam gambar 2 terlihat bahwa torsi yang dihasilkan oleh mesin meningkat seiring dengan meningkatnya putaran mesin, keadaan ini timbul sebagai konsekuensi dari gaya pengereman yang digunakan untuk melawan gaya sentrifugal dari poros mesin yang berputar semakin besar seiring dengan perubahan putaran mesin yang semakin meningkat. Hal ini diikuti juga dengan semakin meningkat putaran mesin dari suatu motor bakar akan memberikan dampak pada semakin besar pula gaya pengereman yang dibutuhkan untuk melawan gaya sentrifugal dari poros mesin yang berputar. Dalam prakteknya, torsi pada generator listrik berguna untuk mengatasi hambatan sewaktu beban daya meningkat.

Pada gambar hubungan antara putaran mesin dengan daya efektif (gambar 3) terlihat bahwa daya efektif yang dihasilkan oleh mesin meningkat seiring dengan meningkatnya putaran mesin, hal ini terjadi dikarenakan pada putaran mesin yang semakin tinggi maka torsi yang terjadi akan semakin besar pula. Sedangkan daya efektif mempunyai hubungan erat dengan torsi, kalau torsi dikalikan dengan putaran poros engkol (putaran mesin) maka akan didapatkan daya poros atau daya efektif. Sehingga jika torsi



Gambar 2. Hubungan torsi terhadap putaran mesin untuk masing-masing jenis biogas

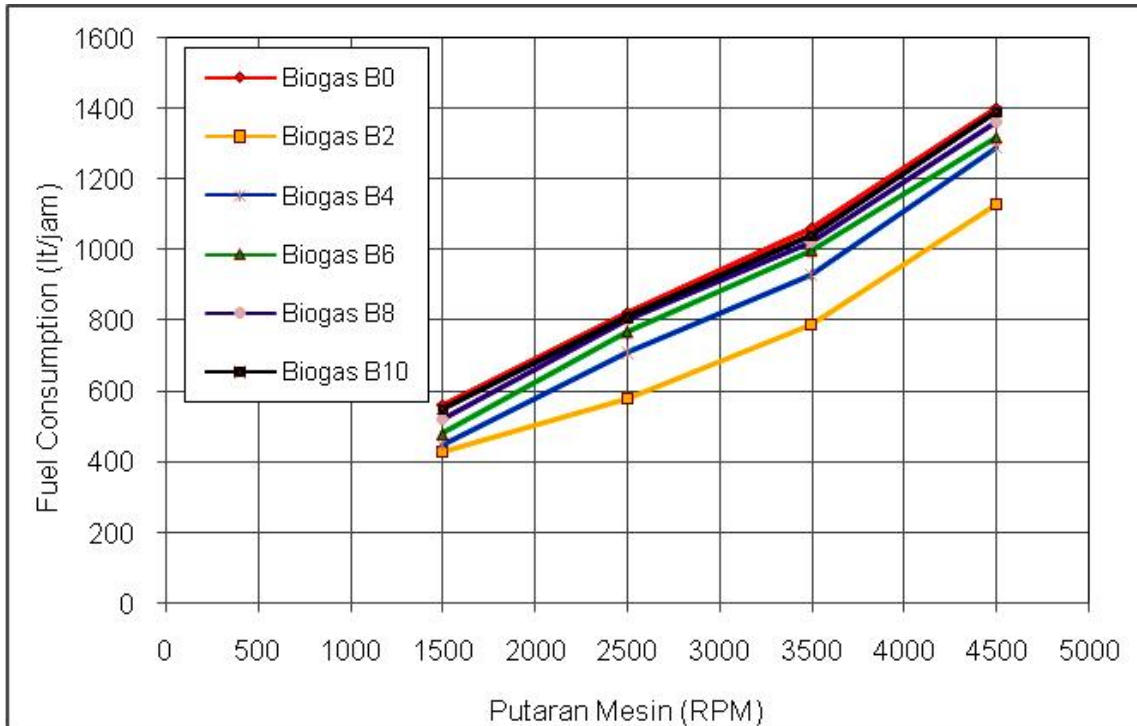


Gambar 3. Hubungan antara putaran mesin dengan daya efektif untuk masing-masing jenis biogas

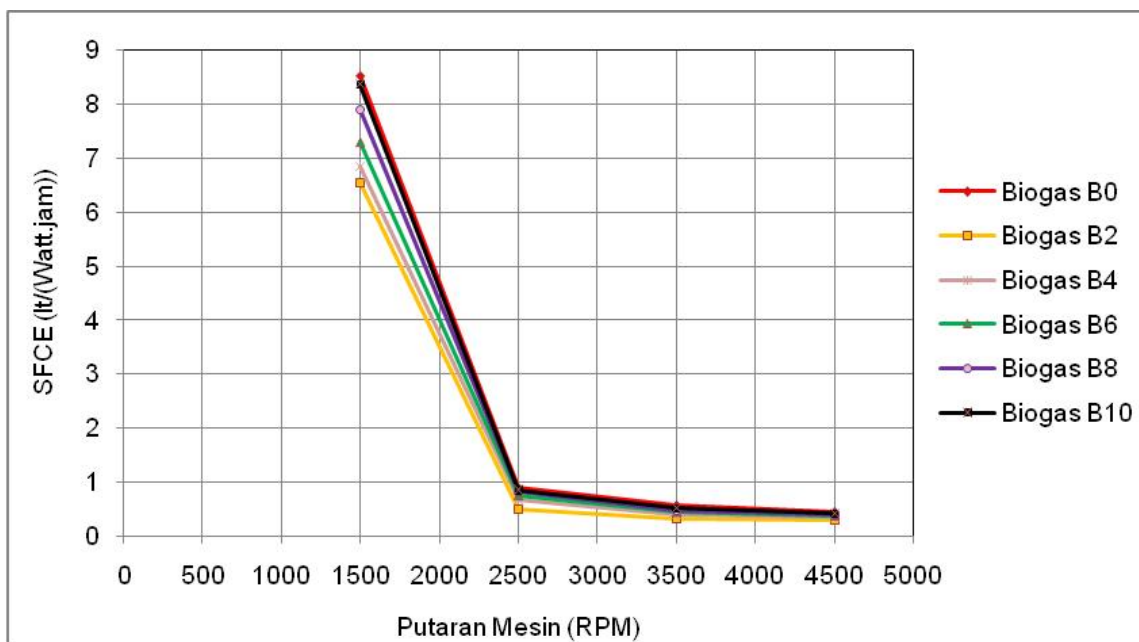
dari suatu mesin meningkat besarnya maka secara tidak langsung daya efektif yang terjadi akan meningkat pula (gambar 3).

Berdasarkan pada data hasil penelitian, diperoleh hubungan antara putaran mesin

dengan daya efektif (gambar 3) menunjukkan bahwa semakin banyak konsentrasi metan dalam biogas maka akan semakin besar pula daya efektif yang dihasilkan, hal ini terjadi pada putaran yang sama jika dibandingkan dengan



Gambar 4. Hubungan *fuel consumption* terhadap putaran mesin untuk masing-masing jenis biogas



Gambar 5. Hubungan SFCE terhadap putaran mesin untuk masing-masing jenis biogas

biogas dengan konsentrasi gas metan yang lebih rendah, hal ini dikarenakan biogas dengan konsentrasi gas metan yang besar memiliki nilai kalor pembakaran yang besar pula, sehingga

gaya sentrifugal yang terjadi pada poros mesin yang timbul sebagai akibat dari proses pembakaran bahan bakar akan besar pula, sehingga akan membawa dampak pada semakin

besar pula torsi yang diperoleh, hal ini secara tidak langsung akan diikuti dengan semakin besar pula daya poros atau daya efektif yang dihasilkan. Pada penelitian ini biogas B2 (dengan laju aliran biogas 2 lt/min yang melewati absorber) mengalami kenaikan 21,3% terhadap biogas yang belum dimurnikan, sedangkan untuk biogas B4 mengalami kenaikan sebesar 19,2% serta biogas B6, biogas B8 dan biogas B10 berturut-turut terjadi kenaikan daya efektif yakni sebesar 14,9%, 12,8% dan 8,5% terhadap biogas yang belum dimurnikan.

Pada gambar hubungan antara putaran mesin dengan SFCE (gambar 5) terlihat bahwa *specific fuel consumption efektif* yang diperlukan oleh mesin menurun seiring dengan meningkatnya putaran mesin, hal ini terjadi dikarenakan pada putaran mesin yang semakin tinggi maka konsumsi bahan bakar yang terpakai per jam untuk menghasilkan setiap Watt daya poros atau daya efektif semakin sedikit. Sedangkan untuk *fuel consumption* akan semakin naik seiring dengan meningkatnya putaran mesin (gambar 4), hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi putaran mesin suatu motor bakar maka akan diikuti semakin besar *fuel consumption*, meskipun *fuel consumption* naik tetapi diikuti juga dengan kenaikan daya poros atau daya efektif.

Berdasarkan pada data hasil penelitian, diperoleh hubungan antara putaran mesin dengan SFCE (gambar 5) menunjukkan bahwa semakin banyak konsentrasi metan dalam biogas maka akan semakin kecil SFCE yang diperlukan, hal ini terjadi pada putaran yang sama jika dibandingkan dengan biogas dengan konsentrasi gas metan yang lebih rendah, hal ini dikarenakan biogas dengan konsentrasi gas metan yang besar memiliki nilai kalor pembakaran yang besar pula, sehingga konsumsi bahan bakar yang terpakai per jam untuk menghasilkan setiap Watt daya poros atau daya efektif semakin sedikit. Pada penelitian ini biogas B2 (dengan laju aliran biogas 2 lt/min yang melewati absorber) didapat penurunan SFCE rata-rata terhadap biogas yang belum dimurnikan sebesar 33,4% yang diikuti biogas B4 didapat penurunan SFCE rata-rata sebesar 22,7% selanjutnya biogas B6 didapat penurunan SFCE rata-rata sebesar 17,9%. Sedangkan biogas B8 didapat penurunan SFCE rata-rata sebesar 13,9% serta biogas B10 didapat penurunan SFCE rata-rata sebesar 8,5%. Semakin kecil nilai SFCE menunjukkan bahwa biogas tersebut dengan konsumsi biogas yang semakin sedikit tetapi didapat daya efektif yang semakin besar.

KESIMPULAN

Biogas B2 didapat penurunan SFCE rata-rata terhadap biogas yang belum dimurnikan sebesar 33,4% yang diikuti biogas B4 didapat penurunan SFCE rata-rata sebesar 22,7% selanjutnya biogas B6 didapat penurunan SFCE rata-rata sebesar 17,9%. Sedangkan biogas B8 didapat penurunan SFCE rata-rata sebesar 13,9% serta biogas B10 didapat penurunan SFCE rata-rata sebesar 8,5%. Semakin kecil nilai SFCE menunjukkan bahwa biogas tersebut dengan konsumsi biogas yang semakin sedikit tetapi didapat daya efektif yang semakin besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Mulyanto A., 2016, The purification process of carbondioksida contained in biogas using absorber NaOH, ICST.
- Eyng, Fileti, 2009, Water Scrubbing: A Better option for purification and Biogas storage, Journal World Applied Science (Special issue for Environment), 122-125.
- Harasimowicz, M., Orluk P., Zakrzewska-Trznadel G., Chmielewski A.G., 2007, Application of polyimide membranes for biogas purification and enrichment, Journal of Hazardous Materials, 144, 698 – 702.
- <http://www.bioenergy.org.nz>, 2009.
- Mulder M., 1996, Basic principles of membrane technology, Kluwer Academic Publishers, London, pp. 51 – 59, pp. 307 – 319, pp. 465 – 479.