

Pengaruh Variasi Konsentrasi NaOH sebagai Nutrisi pada Performansi Biogas Tipe Portabel

Syamsuri^{1*}, Yustia Wulandari Mirzayanti², Wiwik Widyo Widjajanti³, dan Samuel Kristian Bani¹

Teknik Mesin, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Surabaya, Indonesia^{1*}

Teknik Kimia, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Surabaya, Indonesia²

Arsitektur, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Surabaya, Indonesia³

*syamsuri@itats.ac.id

OPEN ACCESS

Citation: Syamsuri, Yustia Wulandari Mirzayanti, Wiwik Widyo Widjajanti, and Samuel Kristian Bani. 2020. Pengaruh Variasi Konsentrasi NaOH sebagai Nutrisi pada Performansi Biogas Tipe Portabel. Journal of Research and Technology Vol VI (2020): Page 195–207.

Abstract

Biogas is a gas fuel produced by anaerobic activity or fermentation of organic materials, including human and animal waste, domestic (household) waste, or anaerobic degradation of organic materials by anaerobic bacteria. In this study, biogas was used as fuel with the addition of NaOH variations to the modified gasoline generator set engine so that it could work to produce electricity. This experiment used variations of 2, 4, 6, 8, and 10% NaOH nutrition with variations in the electric load of 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, and 50 watts. These purposes to determine the performance of electric power, torque, and system efficiency. From the test, it found that the greater load of the lamp, the smaller performance of the electric power produced. The results showed that the greatest electric power was the variation of 2% NaOH nutrition with a lamp load of 10 watts, namely 39.33 watts. In the efficiency testing, the greater electric load system resulted efficiency system tend to be stable. The best system efficiency with 2% NaOH nutrition was compared to other nutritional variations. In testing of torque, the greater electric load torque resulted also greater torque. The greatest torque with 2%, NaOH nutrition compared to other nutritional variations.

Keywords: NaOH, Biogas, Electrical Power, Torsion, System Efficiency.

Abstrak

Biogas merupakan bahan bakar gas yang dihasilkan oleh aktivitas anaerobik atau fermentasi dari bahan-bahan organik termasuk diantaranya kotoran manusia dan hewan, limbah domestik (rumah tangga), atau degradasi anaerobik bahan-bahan organik oleh bakteri-bakteri anaerobik. Pada penelitian ini, biogas digunakan sebagai bahan bakar dengan penambahan variasi NaOH terhadap mesin generator set gasoline yang telah dimodifikasi agar dapat bekerja menghasilkan listrik. Eksperimen ini menggunakan variasi nutrisi NaOH 2, 4, 6, 8, dan 10% dengan variasi beban listrik 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, dan 50 watt. Hal ini bertujuan untuk mengetahui performa daya

listrik, torsi, dan efisiensi sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin besar beban lampu, maka semakin kecil performa daya listrik yang dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa daya listrik terbesar pada variasi nutrisi NaOH 2% dengan beban lampu 10 watt, yakni 39,33 watt. Pada pengujian efisiensi sistem beban listrik semakin besar, maka efisiensi sistem cenderung stabil. Efisiensi sistem terbaik dengan nutrisi NaOH 2% dibandingkan dengan variasi nutrisi lainnya. Pada pengujian torsi beban listrik semakin besar, maka torsi yang dihasilkan juga besar. Pada torsi terbesar dengan nutrisi NaOH 2% dibandingkan variasi nutrisi lainnya.

Kata Kunci: NaOH, Biogas, Daya Listrik, Torsi, Efisiensi Sistem.

1. Pendahuluan

Penggunaan energi yang terus meningkat dan sampai saat ini masih menjadi salah satu topik pengembangan penelitian Rencana Induk Riset Nasional (RIRN) hingga tahun 2045. Saat ini Indonesia sangat bergantung pada bahan bakar fosil. Namun, bahan bakar fosil semakin lama penggunaannya, maka akan semakin menipis ketersediaannya. Oleh sebab itu perlu pengembangan bahan bakar yang mudah untuk diperbarui dan berkelanjutan (*sustainable*). Salah satu energi alternatif tersebut adalah biogas yang berasal dari kotoran hewan ternak. Penelitian tentang biogas sudah pernah dilakukan oleh Syamsuri dkk (2015) yang meneliti tentang analisis kinerja kompor biogas dengan variasi *flame burner* untuk kapasitas biogas 1 m³/hari. Pada penelitian ini diujikan berbagai macam bentuk *burner* yaitu *burner* berbentuk biasa, *Cyclone 1*, dan *Cyclone 2*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa daya kompor biogas bentuk *cyclone burner* lebih tinggi dibandingkan dengan kompor biogas bentuk biasa.

Biogas dapat diperoleh melalui proses fermentasi biomassa yang mengandung karbohidrat dengan bantuan mikroorganisme. Kandungan utama biogas yang berfungsi sebagai bahan bakar *biofuel* adalah gas metana (CH₄) atau disebut dengan *biometana*. Gas metana (CH₄) merupakan komponen penting dari biogas yang memiliki nilai kalor cukup tinggi, tidak berwarna, dan tidak berbau (Wahyuni, 2011). Biogas sangat potensial untuk mengganti bahan bakar minyak atau bahan bakar gas alam yang digunakan pada mesin genset atau automotif. Jika biogas digunakan untuk bahan bakar mesin, kandungan gas CO₂ dan H₂S

harus dihilangkan atau diminimalkan karena CO₂ dapat mengurangi nilai kalor gas, sedangkan H₂S dapat menyebabkan korosi pada komponen-komponen mesin (Sufyandi, 2001 dan Santoso dan Yohanes, 2018).

Kandungan utama dalam biogas adalah metana dan karbondioksida. Energi biogas sangat potensial untuk dikembangkan karena produksi biogas peternakan ditunjang oleh kondisi yang kondusif dari perkembangan dunia peternakan sapi di Indonesia saat ini (Suriawiria dan Unus, 2002). Begitu banyak penelitian tentang biogas yang sudah dilakukan, salah satunya adalah penelitian pemurnian biogas dengan metode absorpsi menggunakan larutan NaOH yang dilakukan oleh Mara (2012). Larutan NaOH yang digunakan bervariasi konsentrasinya dari 0 N (tanpa NaOH), 1,25 N (Normalitas), dan 2,5 N (Normalitas). Pemurnian dilakukan dengan melewati biogas dalam larutan NaOH. Setelah dilakukan pemurnian, kualitas biogas diuji dengan cara digunakan untuk memanaskan air. Berdasarkan pengujian ini diketahui bahwa semakin tinggi konsentrasi larutan NaOH, maka semakin cepat kenaikan temperatur airnya semakin cepat, hal ini menandakan bahwa kualitas biogas semakin baik (Kumoro dkk, 2004). Penelitian lain adalah tentang proses pemurnian metana dari biogas menggunakan larutan NaOH dan KOH telah dilakukan oleh Maryana dkk (2008). Biogas diabsorpsi menggunakan larutan NaOH dan KOH masing-masing dengan konsentrasi 0,5M, 1M, 1,5M, dan 2M selama 5, 10, dan 15 menit. Kemudian hasilnya dititrasi menggunakan HCl untuk mengetahui pengurangan konsentrasi NaOH dan KOH. Hasil yang didapatkan adalah konsentrasi NaOH 1M dan KOH 1M mengalami penurunan konsentrasi lebih stabil dibandingkan konsentrasi lain.

Namun penelitian tersebut di atas terbatas hanya pada penelitian dengan penambahan NaOH untuk memurnikan biogas saja belum pada taraf aplikasi alat yang sesungguhnya. Tujuan penelitian ini adalah ingin mengetahui pengaruh penambahan nutrisi NaOH terhadap kinerja *generator set*, daya listrik, dan efisiensi sistem yang dihasilkan menggunakan reaktor biogas tipe portabel.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Desa Wonoplintahan RT. 02/RW. 03, Kecamatan Prambon, Kabupaten Sidoarjo. Penelitian ini terdiri dari 4 (empat) tahapan. Tahap pertama penelitian ini

adalah merangkai peralatan sesuai dengan desain yang telah dibuat. Tahap kedua adalah pengujian alat bahan bakar biogas menggunakan analisis *Trend Water Boiling Test*. Tahap ketiga adalah pengambilan data berdasarkan variasi nutrisi NaOH (2, 4, 6, 8, dan 10% dari 150 kg *slurry* yang akan dimasukkan ke reaktor). Tahap keempat adalah pengolahan data yang telah dilakukan.

2.1 Desain Reaktor Biogas

Reaktor biogas menggunakan drum yang memiliki ketebalan 50 mm, diameter 58 cm, dan tinggi 93 cm. Terdapat dua lubang dengan penutup yang berukuran 73 mm pada setiap drumnya dan berat drum 7,6 kg. Reaktor dilengkapi dengan pipa untuk lubang *inlet* di bagian atas sebesar 2 in, lubang *outlet* di bagian bawah sebesar 2 in, dan pipa untuk ke penampungan sebesar $\frac{3}{4}$ in. Lubang *outlet* dipasang dengan sudut 90° mengarah ke atas dan dilengkapi dengan pipa penutup. Reaktor tersebut dilengkapi dengan tabung penjebak kondensasi dan berfungsi sebagai pengaman seperti terlihat pada Gambar 1 (Instalasi Biogas). Tabung penjebak tersebut disarankan untuk dipasang dengan tinggi permukaan air sekitar 15-25 cm. Selain itu, reaktor dilengkapi dengan *reservoir* sebagai penampung gas dengan kapasitas 300 liter. Reaktor ini dilengkapi dengan *generator set*, *output* diberi variasi beban lampu dengan daya 10-50 watt dengan interval 5.



a. Generator Set



b. Reaktor Biogas



c. Reservoir Biogas

Gambar 1. Instalasi Biogas

2.2 Pengujian Alat Bahan Bakar Biogas

Pada pengujian alat bahan bakar biogas ini menggunakan analisis *Trend Water Boiling Test* (WTB). Analisis ini dilakukan dengan beberapa parameter, yaitu waktu (menit) dan temperatur (°C). Parameter waktu merupakan waktu pada saat proses pemasakan air dan parameter temperatur merupakan temperatur permukaan air yang dicapai selama proses pemasakan air pada waktu tertentu.

2.3 Pengujian Performa Generator Set

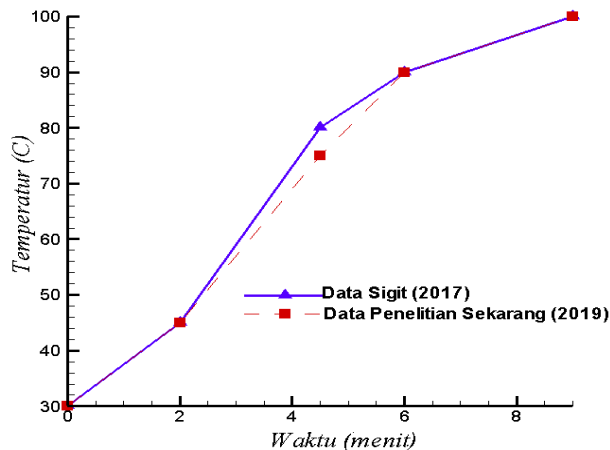
Pada pengujian alat dengan bahan bakar biogas yang diperoleh dari kotoran sapi ini menggunakan biogas dengan variasi nutrisi NaOH (2, 4, 6, 8, dan 10% dari 150 kg *slurry* merupakan kotoran sapi yang akan dimasukkan ke reaktor). Pengujian alat bahan bakar biogas dengan melakukan 1) pengukuran konsumsi arus listrik (ampere) yaitu menggunakan *multitester* dengan cara memasang kabel terminal positif ke negatif atau kabel *output* dari lampu LED dan kabel terminal negatif ke ujung kabel negatif atau kabel *output* tersebut, 2) pengukuran kecepatan putaran motor (RPM) dengan cara menempatkan *tachnometer* pada kipas *generator* yang terhubung pada poros motor, 3) pengukuran tegangan (volt) *generator* pada lampu LED menggunakan *tong ampere* dengan cara memasang kabel terminal positif ke kabel positif lampu LED dan kabel negatif ke kabel negatif lampu LED, 4) pengukuran dengan memasang variasi beban lampu yang berbeda-beda mulai dari 10-50 watt (interval 5), 5) pengukuran dengan variasi penambahan nutrisi terhadap biogas dengan pemasangan variasi beban lampu dari 10-50 watt (interval 5).

3 Hasil dan Pembahasan

Pengujian alat biogas dilakukan melalui beberapa pengukuran berdasarkan pengaruh beban lampu. Hal ini dilakukan untuk mengetahui beberapa pengaruh beban lampu terhadap parameter yang akan diuji. Pengujian sistem biogas dilakukan dengan menambahkan konsentrasi NaOH yang bervariasi sebagai nutrisi mikroorganisme anaerob pada biogas dalam menghasilkan gas *methane*.

3.1 Validasi

Validasi dilakukan dengan menggunakan WTB. Pengujian ini dilakukan dengan cara memanaskan air pada gelas ukur menggunakan kompor yang telah dimodifikasi menjadi kompor berbahan bakar biogas. Validasi tersebut melalui parameter waktu dan temperatur permukaan.



Gambar 2. Grafik Hubungan Waktu (menit) terhadap Temperatur (°C) dari Data Validasi

Gambar 2 merupakan grafik hubungan antara parameter waktu (menit) terhadap temperatur (°C) dari data validasi. Berdasarkan gambar tersebut terlihat bahwa seiring dengan bertambahnya waktu, maka temperatur yang dihasilkan akan semakin meningkat. Hal ini menunjukkan teori panas sensibel dengan rumus $Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T$. Jika Q yang diberikan ke air semakin besar, maka ΔT juga semakin besar. Validasi ini memiliki kecenderungan hasil yang sama dengan penelitian sebelumnya dan memiliki selisih sekitar 1,7% (Sigit, 2017).

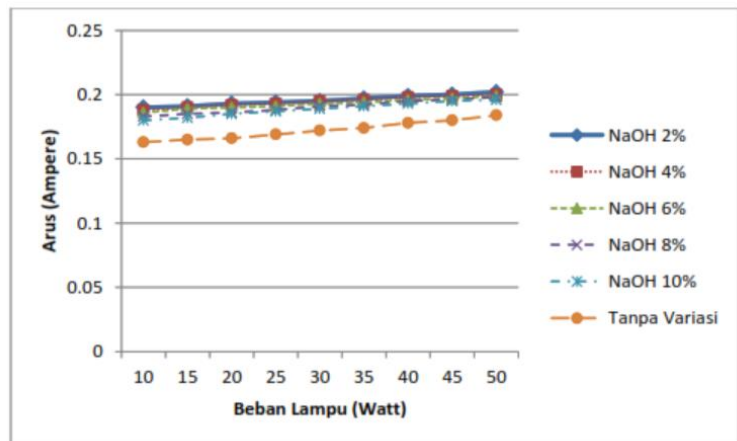
3.2 Pengaruh Beban Lampu terhadap Arus Listrik Biogas berdasarkan Variasi Konsentrasi Nutrisi NaOH

Gambar 2 merupakan grafik hubungann antara beban lampu terhadap arus listrik berdasarkan variasi konsentrasi nutrisi NaOH dan tanpa penambahan nutrisi NaOH. Gambar 2 menunjukkan secara umum terlihat bahwa semakin besar beban lampu, maka semakin besar arus listrik yang dihasilkan pada setiap penambahan konsentrasi NaOH. Hal tersebut dikarenakan semakin besar beban lampu, maka daya listrik yang diperlukan akan semakin besar sehingga menyebabkan arus listrik yang

dihasilkan akan semakin bertambah besar. Konsep tersebut telah sesuai dengan rumus sebagai berikut:

$$P = V \times I \quad (1)$$

dimana P adalah daya listrik (watt); V adalah tegangan (volt); dan I adalah arus listrik (ampere). Berdasarkan rumus tersebut diketahui bahwa daya listrik berbanding lurus dengan arus listrik.



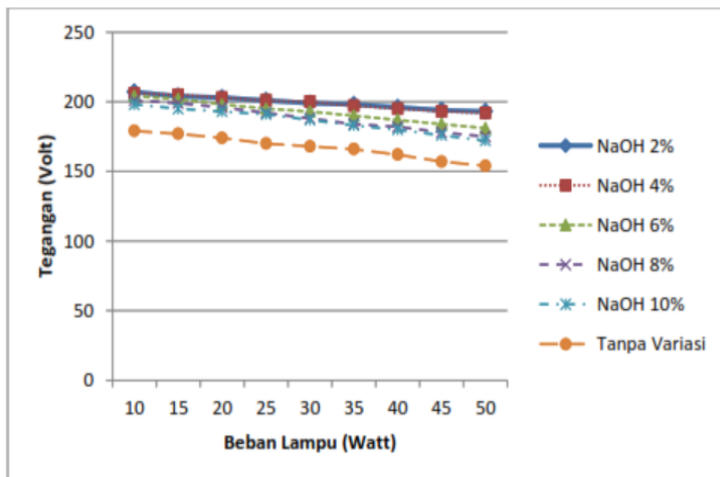
Gambar 3. Grafik Hubungan antara Beban Lampu terhadap Arus Listrik berdasarkan Variasi Konsentrasi Nutrisi NaOH

Pada Gambar 3 terlihat jika ditinjau dari variasi penambahan konsentrasi nutrisi NaOH pada biogas dibandingkan dengan tanpa adanya penambahan konsentrasi nutrisi NaOH. Penambahan konsentrasi nutrisi NaOH 2%, menghasilkan arus listrik yang lebih tinggi dari prosentase NaOH yang lain. Hal ini bisa dijelaskan bahwa NaOH bisa mengikat CO_2 pada biogas sehingga biogas yang dihasilkan lebih murni, akibatnya nilai kalornya lebih tinggi. Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Surya (2017). Selain itu, fenomena grafik yang dihasilkan memiliki kecenderungan kenaikan sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Setyawan (2017), sebesar 2-3%.

3.3 Pengaruh Beban Lampu terhadap Tegangan Listrik Biogas berdasarkan Variasi Konsentrasi Nutrisi NaOH

Gambar 4 merupakan grafik hubungan antara beban lampu terhadap tegangan listrik biogas berdasarkan variasi penambahan konsentrasi NaOH sebagai nutrisi biogas dan tanpa penambahan NaOH. Gambar 4 menunjukkan semakin besar beban lampu, maka semakin rendah tegangan listrik yang dihasilkan pada setiap

kenaikan variasi konsentrasi nutrisi NaOH. Pada grafik tersebut menunjukkan pada penambahan konsentrasi nutrisi NaOH 10% menghasilkan tegangan listrik yang lebih rendah jika dibandingkan dengan penambahan variasi konsentrasi nutrisi NaOH lainnya.



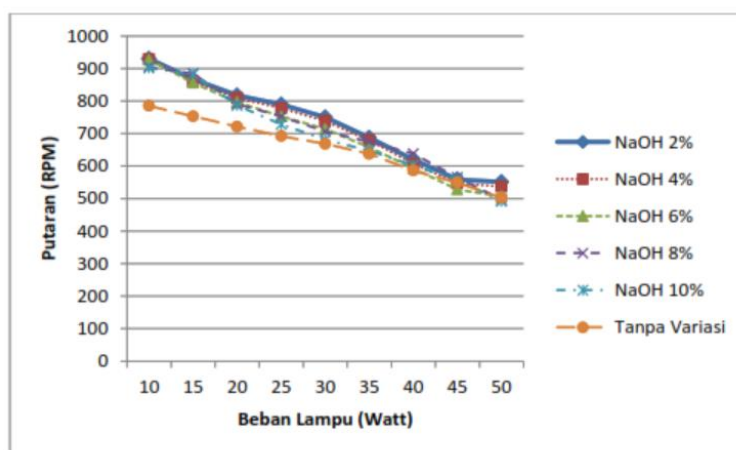
Gambar 4. Grafik Hubungan antara Beban Lampu terhadap Tegangan Listrik berdasarkan Variasi Konsentrasi Nutrisi NaOH

Gambar 4 adalah hubungan antara beban lampu terhadap tegangan untuk variasi nutrisi NaOH dan tanpa adanya penambahan konsentrasi nutrisi NaOH. Untuk variabel tanpa penambahan konsentrasi NaOH memiliki tegangan lebih rendah dibandingkan dengan semua variasi penambahan konsentrasi NaOH sebagai nutrisi biogas lainnya. Secara umum terjadi penurunan tegangan hal ini disebabkan karena dengan daya listrik yang sama, ketika arus naik, maka kecenderungan tegangan turun. Fenomena grafik pada Gambar 4 menunjukkan tren penurunan tegangan dimana hal ini memiliki kesamaan dengan peneliti sebelumnya (Setyawan, 2017).

3.4 Pengaruh Beban Lampu terhadap Putaran Mesin Berbahan Bakar Biogas berdasarkan Variasi Konsentrasi Nutrisi NaOH

Gambar 5 merupakan grafik hubungan antara beban lampu terhadap putaran biogas berdasarkan variasi penambahan konsentrasi dan tanpa penambahan variasi konsentrasi nutrisi NaOH. Secara umum, grafik tersebut menunjukkan bahwa ketika beban bertambah besar, maka putaran yang dihasilkan semakin rendah. Berdasarkan grafik tersebut terlihat bahwa variasi

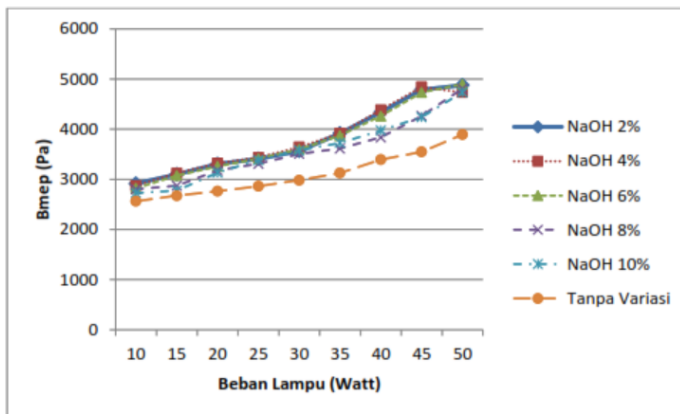
konsentrasi NaOH 10% menghasilkan putaran mesin lebih rendah jika dibandingkan dengan variasi konsentrasi lainnya. Sedangkan variasi konsentrasi nutrisi NaOH 2% menghasilkan putaran mesin lebih tinggi dari variasi-variasi lainnya. Apabila semua variasi konsentrasi nutrisi NaOH dibandingkan dengan tanpa adanya penambahan konsentrasi NaOH, maka tanpa variasi penambahan konsentrasi NaOH memiliki putaran mesin yang lebih rendah dibandingkan dengan menggunakan variasi penambahan konsentrasi nutrisi NaOH lainnya (Kumoro dkk, 2004).



Gambar 5. Grafik Hubungan antara Beban Lampu terhadap Putaran Biogas berdasarkan Variasi Konsentrasi Nutrisi NaOH

3.5 Pengaruh Beban Lampu terhadap Tekanan Efektif Rata-Rata Biogas berdasarkan Variasi Konsentrasi Nutrisi NaOH

Gambar 6 merupakan grafik hubungan antara beban lampu terhadap tekanan efektif rata-rata biogas berdasarkan variasi konsentrasi nutrisi NaOH. Grafik tersebut menunjukkan bahwa secara umum semakin besar beban lampu, maka tekanan efektif yang dihasilkan semakin besar. Hal tersebut disebabkan karena pengaruh hubungan antara tekanan dan efektif. Pada Gambar 5, terlihat bahwa penambahan konsentrasi NaOH 2% memberikan hasil tekanan efektif paling besar jika dibandingkan dengan variasi konsentrasi nutrisi NaOH lainnya. Namun, apabila dibandingkan dengan tanpa adanya penambahan konsentrasi nutrisi NaOH, maka tanpa adanya penambahan konsentrasi nutrisi NaOH memiliki tekanan efektif yang lebih rendah dibandingkan dengan adanya perlakuan penambahan variasi konsentrasi nutrisi NaOH lainnya (Gunnerson dan Stuckey, 1986).

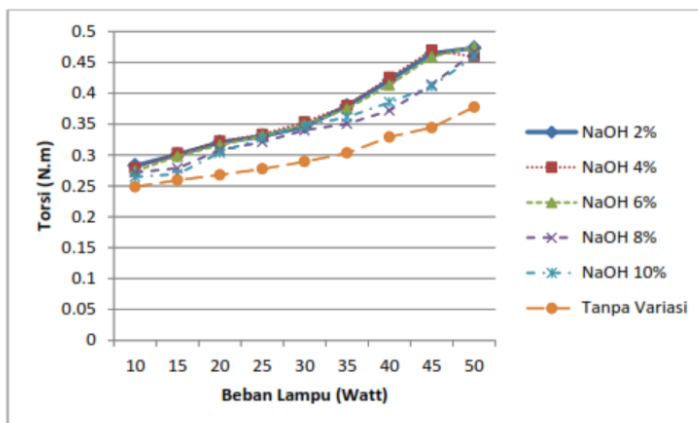


Gambar 6. Hubungan antara Beban Lampu terhadap Tekanan Efektif Rata-rata Biogas berdasarkan Variasi Konsentrasi Nutrisi NaOH

3.6 Pengaruh Beban Lampu terhadap Torsi Biogas Berbahan Bakar Biogas berdasarkan Variasi Konsentrasi Nutrisi NaOH

Gambar 7 merupakan grafik hubungan antara beban lampu terhadap torsi biogas berdasarkan variasi konsentrasi nutrisi NaOH. Grafik tersebut menunjukkan secara umum terlihat bahwa semakin besar beban lampu, maka semakin besar torsi biogas yang dihasilkan. Hal ini telah sesuai dengan teori dalam bentuk persamaan yaitu:

$$T = \frac{N_e}{\frac{2\pi \cdot n}{60}} \quad (2)$$



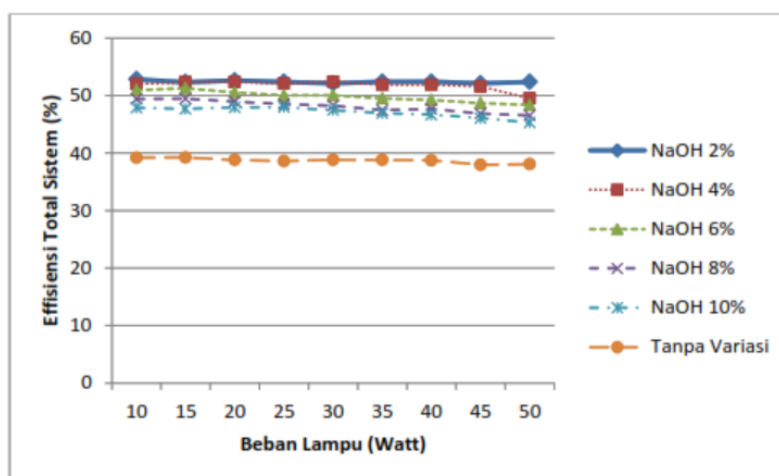
Gambar 7. Hubungan antara Beban Lampu terhadap Torsi Biogas berdasarkan Variasi Konsentrasi Nutrisi NaOH

Berdasarkan Gambar 7 terlihat bahwa penambahan konsentrasi nutrisi NaOH 2% memiliki torsi yang lebih besar jika dibandingkan dengan variasi penambahan konsentrasi NaOH lainnya. Jika semua variasi konsentrasi nutrisi dibandingkan

dengan tanpa penambahan konsentrasi nutrisi, maka tanpa adanya penambahan konsentrasi nutrisi memiliki torsi yang lebih rendah dibandingkan dengan menggunakan variasi nutrisi lainnya.

3.7 Pengaruh Beban Lampu terhadap Efisiensi Total Sistem Biogas berdasarkan Variasi Konsentrasi Nutrisi NaOH

Gambar 8 merupakan grafik hubungan antara beban lampu terhadap efisiensi total sistem biogas berdasarkan variasi konsentrasi nutrisi NaOH. Grafik tersebut menunjukkan secara umum terlihat bahwa semakin besar beban lampu, maka efisiensi tidak banyak memiliki perubahan. Hal ini disebabkan karena penambahan konsentrasi NaOH tidak merubah performa terutama efisiensi. Grafik tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi nutrisi NaOH 2% memiliki efisiensi yang lebih besar jika dibandingkan dengan variasi penambahan konsentrasi NaOH lainnya. Namun, hal berbeda nampak jika dibandingkan dengan tanpa adanya penambahan konsentrasi, maka tanpa penambahan konsentrasi memiliki hasil efisiensi yang lebih rendah dibandingkan dengan menggunakan variasi konsentrasi lainnya (Kumoro dkk, 2004).

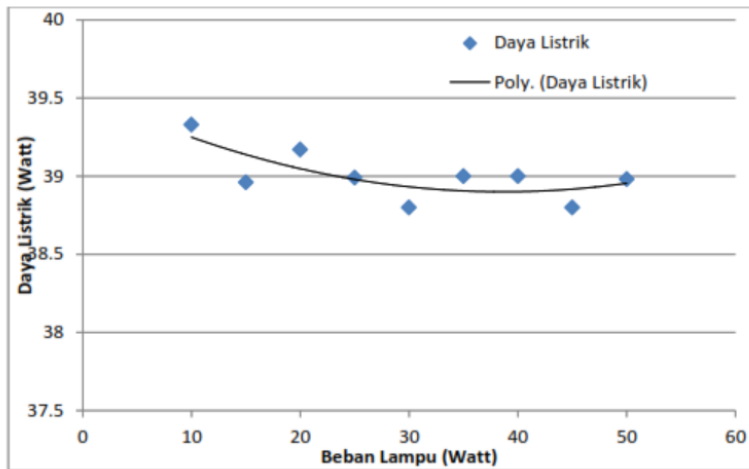


Gambar 8. Hubungan antara Beban Lampu terhadap Efisiensi Total Sistem Biogas berdasarkan Variasi Nutrisi

3.8 Pengaruh Beban Lampu terhadap Daya Listrik Biogas berdasarkan Variasi Konsentrasi Nutrisi NaOH

Gambar 9 merupakan grafik hubungan beban lampu terhadap daya listrik biogas yang dihasilkan. Secara umum, terlihat bahwa ketika beban bertambah besar, maka daya listrik yang dihasilkan semakin kecil. Berdasarkan grafik tersebut menunjukkan bahwa beban lampu 10 watt menghasilkan daya

listrik yang paling besar dan berurutan sampai beban lampu 50 watt menghasilkan daya listrik yang paling kecil.



Gambar 9. Hubungan antara Beban Lampu terhadap Daya Listrik Biogas berdasarkan Variasi Nutrisi

4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan pengaruh variasi nutrisi NaOH pada biogas diketahui secara umum bahwa:

- 1) Beban lampu yang semakin besar, maka torsi yang dihasilkan juga akan semakin besar.
- 2) Konsentrasi nutrisi NaOH 2% memiliki torsi yang lebih besar dibandingkan dengan variasi nutrisi lainnya, yaitu sebesar 0,4732 N.m dengan beban lampu 50 watt.
- 3) Beban lampu memberi pengaruh bahwa semakin besar beban lampu, maka daya listrik yang dihasilkan semakin kecil. Hal ini diketahui bahwa beban lampu 10 watt menghasilkan daya listrik sebesar 39,33 watt, sedangkan beban lampu 50 watt menghasilkan daya listrik 38,98 watt. Secara umum Efisiensi sistem menunjukkan jika beban listrik semakin besar, maka efisiensi sistem cenderung stabil. Variasi konsentrasi nutrisi NaOH 2% menghasilkan efisiensi lebih baik daripada konsentrasi nutrisi NaOH lainnya

DAFTAR PUSTAKA

Gunnerson, C.G. dan Stuckey, D.C. 1986. Anaerobic Digestion: Principles and Practices for Biogas System. The World Bank Washington, D.C., USA.

- Kumoro, Andri Cahyo, dan Hadiyanto. 2004. Absorpsi Karbondioksida dengan Larutan Soda Api dalam Kolom Unggun Tetap. *Forum Teknik* Jilid 24.
- Mara, I Made. 2012. Analisis Penyerapan Gas Karbondioksida (CO₂) dengan Larutan NaOH terhadap Kualitas Biogas Kotoran Sapi. Tesis. Mataram. Universitas Mataram.
- Maryana, R., Kismurtono, M., dan Satryo Krida W. 2008. Proses Pemurnian Metana dari Biogas Menggunakan Larutan NaOH & KOH, Seminar Nasional Fundamental & Aplikasi Teknik Kimia, Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS.
- Santoso, B., dan Yohanes. 2018. Pengaruh Variasi Kadar pH Slurry Biogas terhadap Efisiensi Generator Set. Surabaya: Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya.
- Setyawan, Sigit. 2017. Pengaruh Variasi Nutrisi NaOH, Urea dan Rumen terhadap Performa Generator Berbahan Bakar Biogas. Surabaya: Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya.
- Sufyandi, A. 2001. Informasi Teknologi Tepat Guna untuk Pedesaan Biogas. Bandung.
- Suriawiria dan Unus, H. 2002. Menuai Biogas dari Limbah, (online), (<http://www.pikiran-rakyat.com/squirrelmail>, diakses 15 Januari 2012).
- Permana, W.S., Nugraha, W.D., dan Syafrudin., 2017. Pengaruh Perlakuan Pendahuluan NaOH terhadap produksi biogas dari limbah sekap padi dengan metode solid state anaerobic digestion. *Jurnal Teknik Lingkungan*, Vol. 6, No. 3.
- Syamsuri, Suheni, and Yustia W. M. 2015. Performance Analysis of Biogas Stoves with Variations of Flame Burner for the Capacity of Biogas 1 m³/day, *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, Vol. 10, No. 22, pp.10349-10353.
- Wahyuni, S. 2011. Biogas Energi Terbarukan Ramah Lingkungan dan Berkelanjutan, Kongres Ilmu Pengetahuan Nasional, Jakarta.

