

Pengaruh Konsentrasi NaOH, Urea, dan Rumen terhadap Performa Generator Berbahan Bakar Biogas

Syamsuri^{1*}, Yustia Wulandari Mirzayanti², dan Sigit Setiawan³
Teknik Mesin, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Surabaya, Indonesia^{1,3}
Teknik Kimia, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Surabaya, Indonesia²
*syamsuri@itats.ac.id

OPEN ACCESS

Citation: Syamsuri, Yustia Wulandari Mirzayanti, dan Sigit Setiawan. 2021. Pengaruh Konsentrasi NaOH, Urea, dan Rumen terhadap Performa Generator Berbahan Bakar Biogas. *Journal of Research and Technology* Vol VII (2021): Page 71–82.

Abstract

Biogas is a gas produced from anaerobic activity or the fermentation of organic materials, including human waste, animal waste, and waste. Biogas from cow dung can be used as an alternative fuel. In this study, biogas is used as fuel with the addition of variations of NaOH, urea, and rumen to the modified gasoline generator set engine so that it can work to generate electricity. This research was conducted by experimenting with varying nutrients, namely NaOH, urea, and rumen. Besides that, variations in the electrical load are carrying out for 15, 20, 25, 30, 35, 40, and 45. This is intended to determine the performance of the electrical energy produced. From the test, it was found that the voltage and engine speed of the generator set tended to decrease for the addition of variations in the electric load. Meanwhile, current, power, torque, average adequate pressure, and total efficiency increase for all additional electric load variations. The results showed that the most incredible efficiency was using 43.57% NaOH nutrition. For the variation of Urea nutrition in biogas, obtained total efficiency of 42.16%. Meanwhile, rumen nutrition variation has the most negligible efficiency than other nutritional variations, 39.55%.

Keywords: Generator Set Engines, NaOH, Urea, Rumen, Biogas, Performance, Electrical Energy.

Abstrak

Biogas merupakan gas yang dihasilkan dari aktivitas anaerobik atau fermentasi bahan-bahan organik diantaranya kotoran manusia, kotoran hewan, dan limbah sampah. Biogas dari kotoran sapi dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif. Pada penelitian ini, biogas digunakan sebagai bahan bakar dengan penambahan variasi NaOH, urea, dan rumen terhadap mesin generator set gasoline yang telah dimodifikasi agar dapat bekerja menghasilkan listrik. Penelitian kali ini dilakukan dengan cara eksperimen dengan memvariasikan nutrisi yakni NaOH, urea, dan rumen. Disamping itu juga dilakukan variasi beban listrik 15, 20, 25,

30, 35, 40, dan 45. Hal ini ditujukan untuk mengetahui performa energi listrik yang dihasilkan. Dari pengujian didapatkan bahwa tegangan dan putaran mesin generator set cenderung menurun untuk penambahan variasi beban listrik. Sedangkan arus, daya, torsi, tekanan efektif rata-rata, dan efisiensi total meningkat untuk seluruh penambahan variasi beban listrik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi terbesar dengan menggunakan nutrisi NaOH 43,57%. Untuk variasi nutrisi Urea pada biogas didapatkan efisiensi total sebesar 42,16%. Sedangkan variasi nutrisi rumen memiliki efisiensi terkecil dibanding variasi nutrisi yang lain yakni sebesar 39,55%.

Kata Kunci: Mesin Generator Set, NaOH, Urea, Rumen, Biogas, Performa, Energi Listrik.

1. Pendahuluan

Ketersediaan listrik oleh pemerintah tidak merata dan makin hari makin mahal biayanya bagi masyarakat pedesaan. Berdasarkan pola pengembangan listrik yang mengutamakan kepentingan industri besar semata, masyarakat pedesaan semakin tidak diperhatikan pemenuhan kebutuhan listriknya yang sebenarnya merupakan motor penggerak ekonomi mikro Indonesia. Eksploitasi besar-besaran dan tidak logis terhadap sumber daya alam dari fosil oleh oknum pengusaha dan oknum pejabat pemerintah, makin merusak lingkungan dan dampaknya langsung dirasakan oleh masyarakat yaitu menurunnya kualitas lingkungan untuk hidup serta hal ini menjadi ancaman bagi kesehatan masyarakat daerah. Di sisi lain, limbah organik, terutama limbah ternak sapi dan unggas yang banyak di pedesaan seringkali dianggap sebagai sumber masalah. Kotoran ternak selain menimbulkan bau tak sedap yang mengganggu tetangga pemilik ternak, juga dianggap menjadi sumber berbagai penyakit. Sehingga tidak jarang, pemilik ternak dalam jumlah yang banyak diprotes oleh warga sekitar. Padahal, problema itu bisa diatasi dengan sistem pengelolaan limbah ternak yang manfaatnya dapat menghilangkan bau tak sedap, selain dapat menghasilkan biogas untuk kebutuhan bahan bakar rumah tangga dan pupuk bokasi untuk lahan pertaniannya.

Kandungan utama dalam biogas adalah metana dan karbon dioksida. Energi biogas sangat potensial untuk dikembangkan karena produksi biogas peternakan ditunjang oleh kondisi yang kondusif dari perkembangan dunia peternakan sapi di Indonesia saat ini. Disamping itu, kenaikan tarif listrik, kenaikan harga *Liquefied Petroleum Gas* (LPG), premium, minyak tanah, minyak solar, minyak diesel dan minyak bakar telah mendorong pengembangan sumber energi alternatif yang murah, berkelanjutan, dan ramah lingkungan. Begitu banyak penelitian tentang biogas yang sudah dilakukan, salah satunya adalah Aziz (2016) dengan penelitiannya tentang pengaruh penambahan variasi nutrisi rumen, urea, dan NaOH terhadap performa kompor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa didapatkan daya terbesar adalah dengan campuran NaOH yakni sebesar 1,129 kW, sedangkan efisiensi terbesar dengan campuran NaOH sebesar 54,7% untuk kecepatan produksi biogas tercepat adalah 14 hari dengan nutrisi NaOH.

Namun penelitian tersebut terbatas hanya pada penelitian variasi untuk performa kompor biogas saja. Penelitian saat ini untuk mengetahui tentang pengaruh penambahan nutrisi rumen,

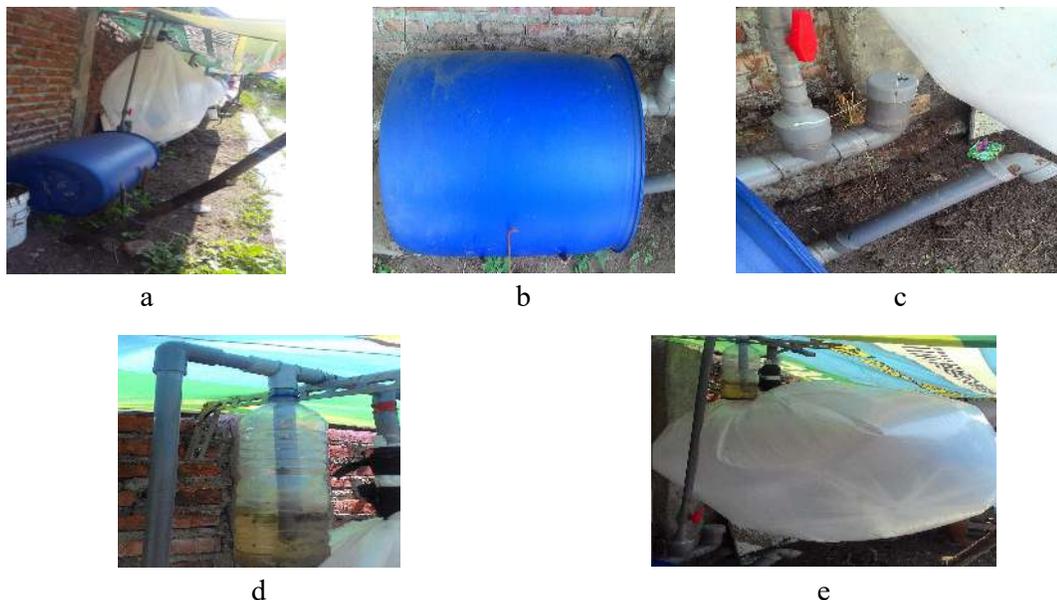
urea, dan NaOH terhadap generator set. Tujuan menggunakan penambahan nutrisi rumen, urea, dan NaOH yaitu untuk meningkatkan produksi biogas agar lebih efisien dan memanfaatkan limbah yang terbuang terutama pada rumen.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Desa Sawunggaling VI, Masangan, Puspa Agro, Sidoarjo. Penelitian ini terdiri dari 4 (empat) tahapan. Tahap pertama penelitian ini adalah merangkai peralatan biogas sesuai dengan desain yang telah dirancang sekaligus memodifikasi generator set. Tahap kedua adalah pengujian rangkaian peralatan biogas dengan bahan bakar biogas menggunakan analisa *Water Boiling Test* dan pengujian *accu*. Tahap ketiga adalah pengambilan data berdasarkan variasi nutrisi NaOH, urea, dan rumen (500 gr ditambahkan ke dalam 100 kg *slurry* yang akan dimasukkan ke reaktor). Tahap keempat adalah pengolahan data yang telah dilakukan.

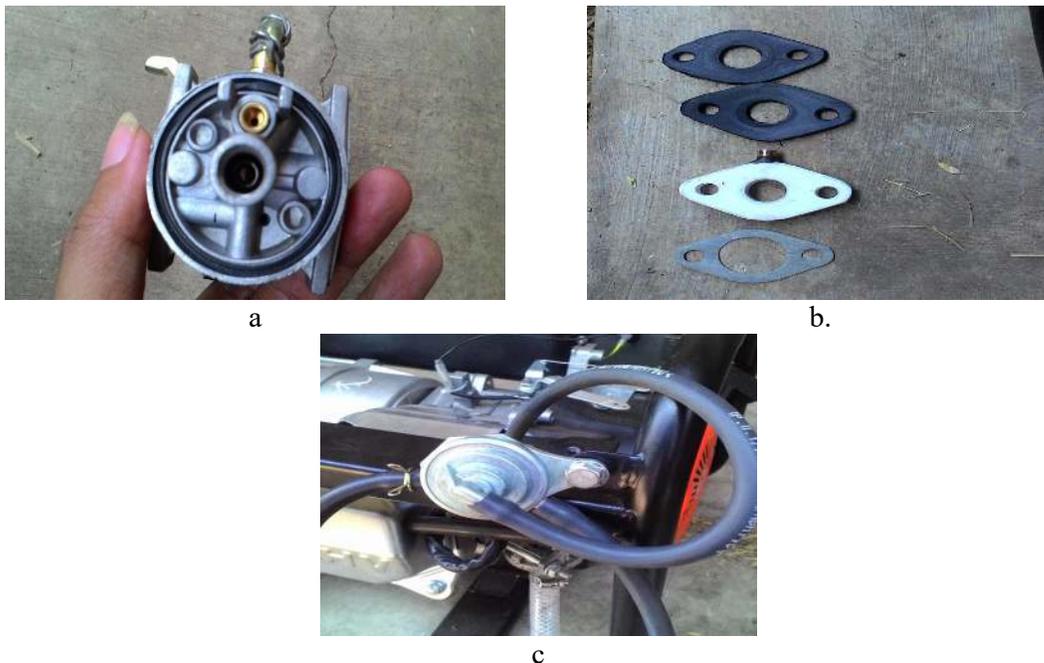
2.1 Perancangan Reaktor Biogas

Pembuatan instalasi reaktor biogas memerlukan lahan yang diusahakan dekat dengan kandang ternak, hal ini bertujuan untuk memudahkan pencampuran kotoran ternak yang akan dimasukkan ke dalam reaktor. Lahan ini sebagai tempat penyimpanan reaktor (digester) yang terbuat dari drum plastik dengan kapasitas 230 liter kotoran ternak dan 4 (empat) plastik penampungan gas (*reservoir*). Reaktor yang berupa drum yang terbuat dari plastik dan diberi pelindung agar aman dari panas sinar matahari dan hujan sehingga tidak mudah rusak. Desain reaktor telah disampaikan pada penelitian sebelumnya (Syamsuri, dkk., 2020).



Gambar 1. Rangkaian Instalasi Biogas, terdiri dari: a. Serangkaian Instalasi Biogas, b. Reaktor, c. Pembuatan Lubang *Inlet* dan *Outlet*, d. Reaktor Penjebak Kondensasi, dan e. Reservoir.

Modifikasi generator set dilakukan dengan cara penambahan membran dan perubahan karburator. Awal mula generator ini berbahan bakar bensin dimodifikasi agar bisa dipakai berbahan bakar biogas. Berikut adalah langkah-langkah modifikasi karburator yaitu sebagai berikut: 1) Melepas pelampung dan penampung bensin pada karburator. Kemudian lubang pada spuyer saluran bahan bakar diperbesar, dengan tujuan jika semakin besarnya saluran tersebut, maka gas yang disalurkan dari reservoir akan lebih banyak terhisap ke dalam ruang bakar. Maka percampuran udara dan biogas bisa sesuai dan mudah terbakar saat dikompresikan dan generator set dapat dihidupkan. 2) Penambahan *nipple* pada *manifold* untuk pemasangan selang vacuum. Dimana selang vacuum ini akan terpasang pada membran. 3) Pemasangan membran yang berguna mengatur bahan bakar gas yang masuk ke dalam karburator dan meningkatkan tekanan bahan bakar yang masuk. Membran ini bekerja saat adanya udara vacuum karena hisapan selang dari *manifold* yang diberi *nipple* membuka saluran gas dari penampung menuju karburator.



Gambar 2. Rangkaian Modifikasi Generator set, terdiri dari: a. Modifikasi Karburator, b. Modifikasi *Manifold*, dan c. Modifikasi Membran.

2.2 Pengujian Peralatan Generator Set Bahan Bakar Biogas dengan Analisa *Water Boiling Test* dan Pengujian Menggunakan *Accu*

Pengujian rangkaian alat generator set berbahan bakar biogas ini menggunakan analisa *trend water boiling test* dan pengujian *accu*. Pengujian ini melalui beberapa tahapan yaitu sebagai berikut: 1) Mencoba menghidupkan generator set tanpa perlakuan pemberian beban listrik (lampu). Hal ini bertujuan untuk mengetahui apakah generator set dapat bekerja secara normal dengan penggantian bahan bakar biogas dan modifikasi yang telah dilakukan. 2) Pengukuran konsumsi arus listrik (ampere) yaitu menggunakan multimeter 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. 3) Pengukuran kecepatan putaran motor (rpm) pada generator set dengan cara menempatkan tachometer pada kipas generator yang terhubung pada poros motor. 4) Pengukuran tegangan (volt) generator pada lampu led menggunakan tang ampere dengan cara memasang kabel terminal positif ke kabel positif setelah lampu LED dan kabel terminal negatif ke kabel negatif setelah lampu led. 5) Pengukuran laju aliran gas dengan memasang *flowmeter* setelah penampung atau tabung gas dan sebelum generator set. 6) Pengukuran selanjutnya dipasang variasi beban lampu dengan variasi beban yang berbeda-beda mulai dari 15–45 watt (interval 5). 7) Proses yang sama juga dilakukan pada penambahan variasi nutrisi terhadap biogas dan dengan pemasangan variasi beban lampu 15–45 watt (interval 5).

2.3 Pengujian Performa Generator Set

Pengujian generator set berbahan bakar biogas menggunakan variasi nutrisi NaOH, urea, dan rumen dengan prosedur 500 gr nutrisi ditambahkan ke dalam 100 kg *slurry* yang akan dimasukkan ke reaktor. Sedangkan pada generator set berbahan bakar biogas menggunakan *output* yang divariasikan beban listrik berupa lampu LED dengan daya diantara berikut: 15, 20, 25, 30, 35, 40, dan 45 watt. Pengujian performa generator set berdasarkan beberapa parameter yaitu laju arus listrik (ampere), tegangan listrik (volt), dan putaran mesin (rpm) generator set berbahan bakar biogas dengan masing-masing variasi NaOH, urea, dan rumen sebagai nutrisi.

3. Hasil dan Pembahasan

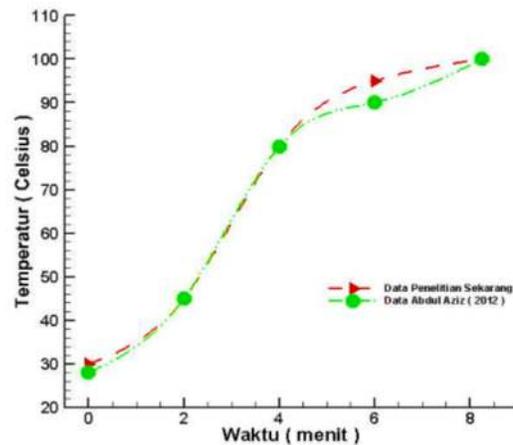
Serangkaian peralatan biogas yang telah dirancang kemudian dilakukan pengujian berdasarkan pengaruh beban listrik untuk melihat performa dari alat biogas tersebut. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui beberapa pengaruh beban listrik terhadap beberapa parameter yang akan diuji. Parameter-parameter tersebut adalah laju alir, arus listrik, tegangan listrik, putaran, tekanan efektif, torsi, dan efisiensi total sistem pada biogas berdasarkan variasi nutrisi yaitu urea, NaOH, dan rumen.

3.1 Validasi

Validasi dilakukan dengan menggunakan *water boiling test* dan pengujian *accu*.

3.1.1. Water Boiling Test

Water Boiling Test dilakukan dengan memanaskan air pada gelas ukur menggunakan kompor yang telah dimodifikasi menjadi kompor berbahan bakar biogas. Parameter yang digunakan pada validasi *water boiling test* adalah waktu dan temperatur permukaan.

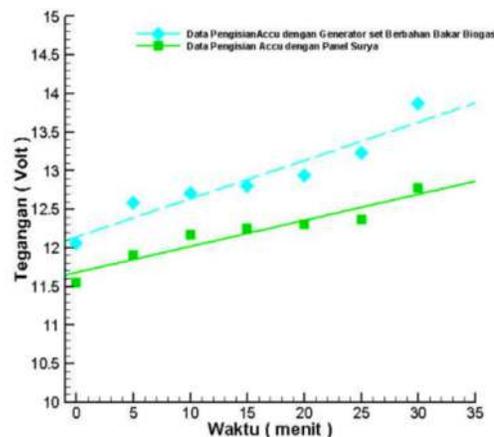


Gambar 3. Grafik Hubungan antara Waktu (menit) terhadap Temperatur (°C) dari Data Hasil Validasi berdasarkan *Water Boiling Test*.

Gambar 3 merupakan grafik hubungan antara parameter waktu (menit) terhadap temperatur (°C) dari data hasil validasi berdasarkan *water boiling test* dengan Abdul Aziz (2016). Berdasarkan Gambar 3, secara umum terlihat bahwa semakin lama waktu yang digunakan, maka temperatur yang dihasilkan juga bertambah besar. Hal ini bersesuaian dengan teori pada perpindahan panas, khususnya teori pada panas sensibel $Q=M.Cp.\Delta T$, dimana semakin besar Q , maka secara otomatis ΔT juga semakin besar. Apabila dibandingkan dengan peneliti sebelumnya yakni Abdul Aziz (2016), maka penelitian memiliki kesamaan tren dan memiliki perbedaan 0,1%.

3.1.2. Pengujian *Accu*

Validasi berdasarkan pengujian *accu* dilakukan menggunakan generator set berbahan bakar biogas yang dibandingkan dengan pengisian *accu* menggunakan panel surya. Hal ini telah ditampilkan pada Gambar 4.

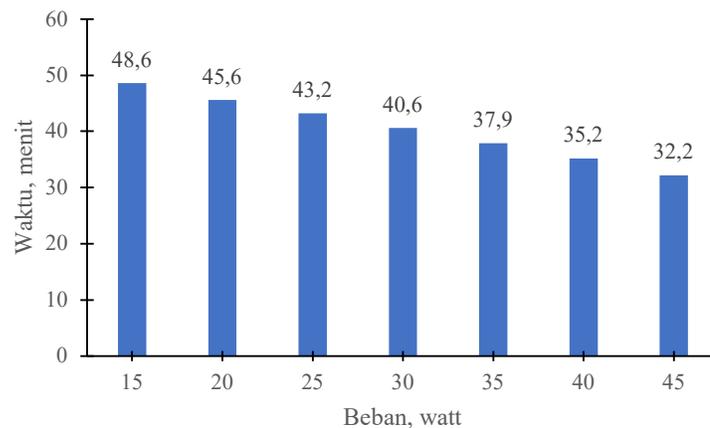


Gambar 4. Grafik Hubungan antara Waktu (menit) terhadap Tegangan (volt) dari Data Hasil Validasi berdasarkan Pengisian *Accu* Menggunakan Panel Surya.

Gambar 4 merupakan grafik hubungan antara parameter waktu (menit) terhadap tegangan (volt) dari data hasil validasi berdasarkan pengisian *accu* menggunakan panel surya. Berdasarkan Gambar 4, secara umum terlihat bahwa dengan bertambahnya waktu, maka pengisian *accu* semakin lama semakin besar. Lamanya waktu untuk mengisi pengisian *accu* sangat tergantung dari besaran tegangan yang digunakan. Pada pengisian *accu* membutuhkan tegangan yang lebih tinggi, tujuannya agar terjadi beda potensial antara alat pengisian dengan *accu* yang akan diisi tersebut. Ketika terjadi beda potensial, maka arus listrik bisa mengalir dari tegangan tinggi ketegangan rendah (Hanifah, dkk., 2019). Hal ini ditandai dengan tegangan semakin meningkat. Apabila dibandingkan dengan penelitian sebelumnya Syamsuri, dkk (2017), maka terdapat kesesuaian tren yaitu sama-sama naik, dimana perbedaan dengan penelitian sebelumnya sekitar 5%

3.2 Pengaruh Beban Listrik terhadap Laju Alir Biogas Variasi Nutrisi

Gambar 5 merupakan grafik hubungan antara lama pemakaian gas di tiap-tiap beban yang dipasang. Gambar 5 menunjukkan secara umum terlihat bahwa semakin kecil beban listrik yang dipasang, maka semakin lama pemakaian biogas. Sebaliknya semakin besar beban yang dipasang, maka semakin cepat biogas habis. Hal ini disebabkan kerja yang dilakukan generator semakin berat bila beban yang terpasang semakin besar (Hanif, 2011).

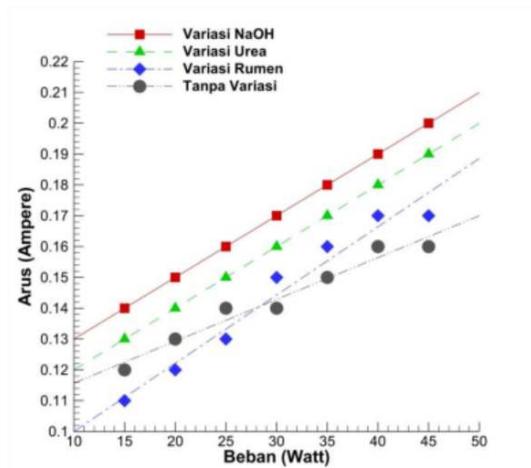


Gambar 5. Grafik Hubungan antara Lama Pemakaian Gas di Tiap-tiap Beban yang Dipasang.

3.3 Pengaruh Beban Listrik terhadap Arus Listrik Biogas Variasi Nutrisi

Gambar 6 merupakan grafik hubungan antara beban listrik (watt) terhadap arus listrik (ampere) Biogas pada variasi nutrisi (NaOH, urea, dan rumen) dan tanpa variasi. Secara umum terlihat bahwa ketika beban bertambah besar, maka arus listrik bertambah besar. Hal ini disebabkan karena dengan beban yang besar berarti bahwa beban daya listrik yang juga besar, otomatis arus yang dihasilkan juga besar sesuai dengan rumus $P = V.I$. Selain itu, trend kenaikan yang dihasilkan sesuai dengan penelitian sebelumnya yaitu Khudhori dan Hermawan (2013). Ada hal yang menarik untuk disimak bahwa campuran NaOH menghasilkan arus listrik yang

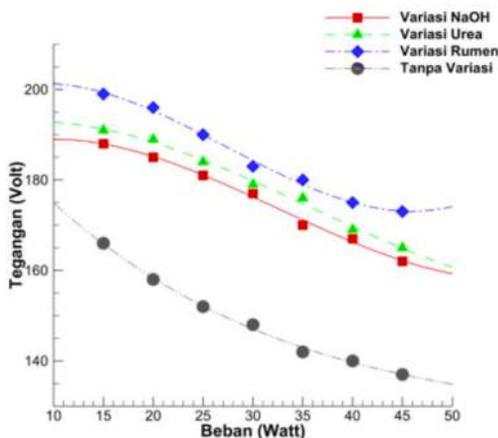
lebih besar karena larutan NaOH akan dapat meningkatkan pertumbuhan mikroba untuk gas metana yang lebih besar (Gunnerson dan Stuckey, 1986).



Gambar 6. Grafik Hubungan antara Beban Listrik (watt) terhadap Arus Listrik (ampere) Biogas pada Variasi Nutrisi (NaOH, Urea, dan Rumen) dan Tanpa Variasi.

3.4 Pengaruh Beban Listrik terhadap Tegangan Listrik Biogas Variasi Nutrisi

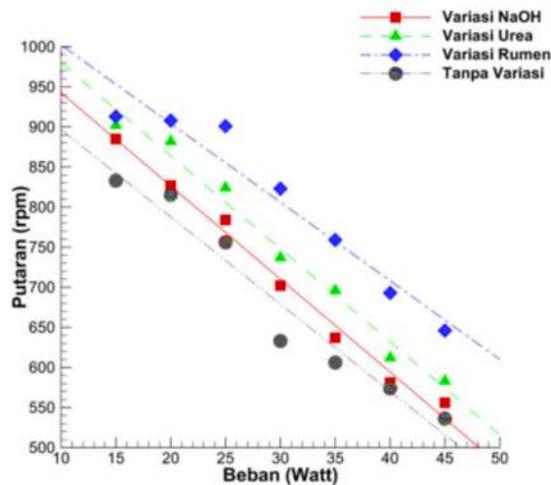
Gambar 7 merupakan grafik hubungan antara beban listrik terhadap tegangan listrik biogas berdasarkan variasi penambahan konsentrasi nutrisi (NaOH, urea, dan rumen) dan tanpa penambahan variasi. Secara umum, grafik tersebut menunjukkan bahwa ketika beban listrik bertambah besar, maka tegangan yang dihasilkan semakin rendah. Hal ini telah bersesuaian dengan penelitian Yulianto dkk (2010). Ada hal yang penting dalam hal ini, yaitu variasi nutrisi NaOH menghasilkan tegangan listrik yang lebih rendah jika dibandingkan variasi nutrisi urea dan variasi nutrisi rumen. Apabila semua variasi nutrisi dibandingkan dengan tanpa variasi nutrisi maka, tanpa variasi nutrisi memiliki tegangan lebih rendah dibanding menggunakan semua variasi nutrisi lain.



Gambar 7. Grafik Hubungan antara Beban Listrik (watt) terhadap Tegangan Listrik (volt) Biogas pada variasi Nutrisi (NaOH, Urea, dan Rumen) dan Tanpa Variasi.

3.5 Pengaruh Beban Listrik terhadap Putaran Mesin Biogas Variasi Nutrisi

Gambar 8 merupakan grafik hubungan antara beban listrik terhadap putaran biogas berdasarkan variasi penambahan konsentrasi nutrisi (NaOH, urea, dan rumen) dan tanpa penambahan variasi. Berdasarkan grafik tersebut menunjukkan bahwa secara umum terlihat ketika beban bertambah besar maka putaran yang dihasilkan semakin rendah. Hal ini bersesuaian dengan penelitian Yulianto dkk (2010). Ada hal yang penting disini yaitu variasi nutrisi NaOH menghasilkan putaran mesin yang lebih rendah dibanding variasi nutrisi urea dan variasi nutrisi rumen. Apabila semua variasi nutrisi dibandingkan dengan tanpa nutrisi, maka tanpa variasi nutrisi memiliki putaran mesin lebih rendah dibandingkan dengan menggunakan semua variasi nutrisi (Khairil, 2013).



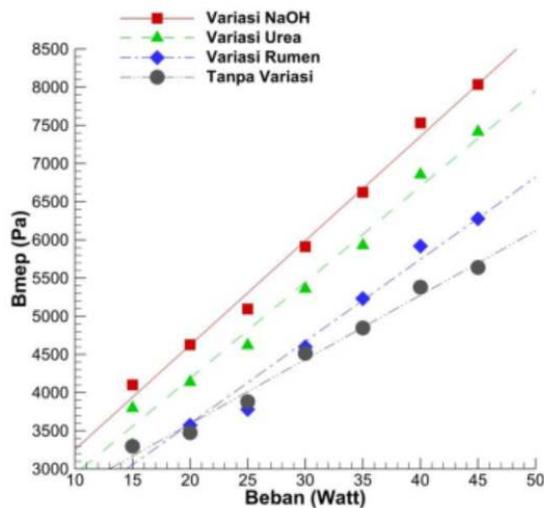
Gambar 8. Grafik Hubungan antara Beban Listrik (watt) terhadap Putaran Mesin (rpm) Biogas pada variasi Nutrisi (NaOH, Urea, dan Rumen) dan Tanpa Variasi.

3.6 Pengaruh Beban Listrik terhadap Tekanan Efektif Rata-rata Biogas Variasi Nutrisi

Gambar 9 merupakan grafik hubungan antara Beban Listrik (watt) terhadap tekanan efektif rata-rata (Pa) Biogas pada variasi nutrisi (NaOH, urea, dan rumen) dan tanpa variasi. Grafik tersebut menunjukkan secara umum terlihat bahwa semakin besar beban listrik, maka tekanan efektif rata-rata yang dihasilkan juga besar. Hal ini disebabkan karena hubungan antara tekanan efektif dalam bentuk persamaan matematik (Yulianto dkk (2010)) yaitu:

$$b_{mep} = \frac{N_e}{V_{l.z.n.a}} \quad (1)$$

Daya efektif rata-rata tersebut berkorelasi langsung dengan daya listrik, sehingga jika beban listrik besar, maka tekanan efektif juga besar. Terdapat hal yang menarik yaitu campuran variasi NaOH memiliki tekanan efektif yang lebih besar daripada campuran variasi nutrisi yang lain.



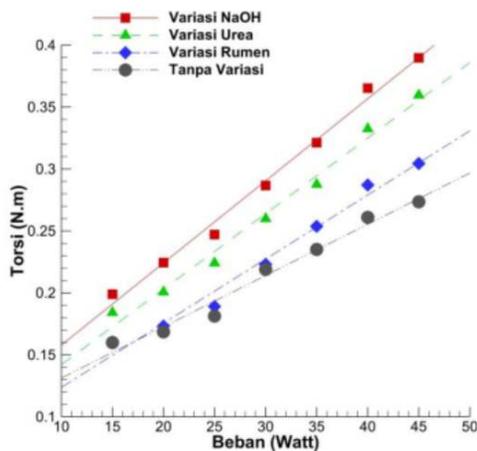
Gambar 9. Grafik Hubungan antara Beban Listrik (watt) terhadap Tekanan Efektif Rata-rata (Pa) Biogas pada Variasi Nutrisi (NaOH, Urea, dan Rumen) dan Tanpa Variasi.

3.7 Pengaruh Beban Listrik terhadap Torsi Biogas Variasi Nutrisi

Gambar 10 merupakan grafik hubungan antara beban listrik (watt) terhadap torsi (N.m) Biogas pada variasi nutrisi (NaOH, urea, dan rumen) dan tanpa variasi. Secara umum terlihat bahwa dengan beban yang semakin besar maka torsi yang dihasilkan juga besar. Hal ini disebabkan karena sesuai dengan teori dalam bentuk persamaan matematik (Yulianto dkk (2010)) yaitu:

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

Torsi itu berkorelasi langsung dengan daya listrik. Sehingga jika beban listrik besar, maka torsi juga besar. Ada hal yang menarik yaitu campuran variasi NaOH memiliki torsi yang lebih besar daripada campuran variasi nutrisi yang lain. Berdasarkan perhitungan torsi performa generator dengan memakai variasi nutrisi NaOH diperoleh torsi sebesar 0,389 N.m. Sedangkan untuk variasi nutrisi urea memiliki performa torsi sebesar 0,359N.m, sedangkan untuk variasi nutrisi rumen memiliki performa torsi terkecil dibanding variasi nutrisi yang lain yakni sebesar 0,304 N.m.



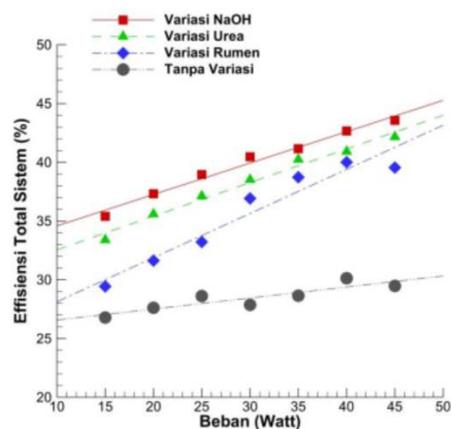
Gambar 10. Grafik hubungan antara Beban Listrik (watt) terhadap torsi (N.m) Biogas pada variasi Nutrisi (NaOH, Urea, dan Rumen) dan Tanpa Variasi.

3.8 Pengaruh Beban Listrik terhadap Efisiensi Total Sistem Biogas Variasi Nutrisi

Gambar 11 merupakan grafik hubungan antara Beban Listrik (watt) terhadap efisiensi total sistem (%) biogas pada variasi Nutrisi (NaOH, urea, dan rumen) dan tanpa variasi. Secara umum, terlihat bahwa ketika beban listrik bertambah besar, maka efisiensi total pada sistem juga akan bertambah besar. Hal ini disebabkan berdasarkan rumus efisiensi total (Yulianto dkk (2010)), yaitu:

$$\eta_e = \frac{N_e}{G_f \cdot Q_c} \times 100\% \quad (3)$$

Dimana daya efektif berbanding lurus dengan efisiensi total sistem dan daya efektif bisa dianalogkan dengan daya listrik, sehingga jika beban listrik semakin besar, maka efisiensi total sistem juga semakin besar.



Gambar 11. Grafik hubungan antara Beban Listrik (watt) terhadap Efisiensi Total Sistem (%) Biogas pada Variasi Nutrisi (NaOH, Urea, dan Rumen) dan Tanpa Variasi.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan pengaruh variasi nutrisi NaOH, urea, dan rumen pada biogas diketahui secara umum bahwa:

1. Torsi performa generator dengan memakai variasi nutrisi NaOH memiliki torsi terbesar dengan torsi mencapai 0,389 N.m, sedangkan untuk variasi nutrisi urea memiliki performa torsi sebesar 0,359 N.m. Variasi nutrisi rumen memiliki performa torsi terkecil dibanding variasi nutrisi yang lain yakni sebesar 0,304 N.m.
2. Effisiensi total sistem dengan memakai variasi nutrisi NaOH memiliki effisiensi terbesar yakni mencapai 43,57%, sedangkan untuk variasi nutrisi urea memiliki effisiensi total sistem sebesar 42,16%. Variasi nutrisi rumen memiliki performa effisiensi total sistem terkecil dibanding variasi nutrisi yang lain yakni sebesar 39,55%.

DAFTAR PUSTAKA

- Aziz, Abdul. 2016. Pengaruh Penambahan Nutrisi Rumen, Urea & NaOH terhadap Performa Kompor Biogas.
- Gunnerson, C.G. dan Stuckey, D.C. 1986. Anaerobic Digestion: Principles and Practices for Biogas System. The World Bank Washington, D.C., USA.
- Hanifah U., Susanti N. D., dan Andrianto M. 2019. Kinerja Mini Boiler Tipe Api 3 Pass Berbahan Bakar Biomassa Pelet Kayu dan Tempurung Kelapa. Agritech. Vol. 39 No. 3. Hal: 200-206. doi: <http://doi.org/10.22146/agritech.44539>. ISSN 0216-0455 (Print), ISSN 2527-3825 (Online).
- Hanif, A. 2011. Studi Pemanfaatan Biogas sebagai Pembangkit Listrik 10 KW Kelompok Tani Mekarsari Desa Dander Bojonegoro Menuju Desa Mandiri. Undergraduate ITS, Surabaya.
- Khairil. 2013. Teknik Pembakaran. (Bahan Bakar Padat). ISBN. 978-979-8278-99-0. Diterbitkan oleh: Syiah Kuala University Press. Darussalam, Banda Aceh.
- Khudori M., dan Hermawan D. 2013. Optimalisasi Unjuk Kerja Genset Berbahan Bakar Hybrid (Biogas-Bensin) untuk Mendukung Pilot Plant DME (Desa Mandiri Energi) di Berdah.
- Syamsuri, Mirzayanti Y. W., Widjajanti W. W., and Bani S. K. 2020. Pengaruh Variasi Konsentrasi NaOH sebagai Nutrisi pada Performansi Biogas Tipe Portabel. Journal of Research and Technology, Vol. VI (2020), page: 195–207
- Syamsuri, Sukarnen, Matt Syaiin, Yustia W.M, dan Prasetyo R. 2017. Analisis Sepeda Listrik Portable Dengan Menggunakan Sistem Tenaga Surya Dengan Kapasitas 150 WP. Seminar Nasional Teknologi Terapan V. Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya.
- Yulianto A., Adi A. N., dan Priyambodo H. L. 2010. Studi Potensi Pemanfaatan Biogas sebagai Pembangkit Energi Listrik di Dusun Kaliurang Timur, Kelurahan Hargobinangun, Pakem, Sleman, Yogyakarta. Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan, Vol. 2 No. 2, Hal. 83-89. ISSN: 2085-1227. Yogyakarta.