

## Optimasi Produksi Biogas dengan Penambahan Zat Aditif N, P dan K Pada Sampah Rumah Tangga

Firmanullah Fadlil<sup>1</sup>, Lusiana Lumbantoruan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Kimia, Universitas Pendidikan Muhammadiyah Sorong

Corresponding Author: firmanullahfadlil@unimudasorong.ac.id

### ABSTRAK

Sampah merupakan problem yang tidak dapat dipisahkan dalam kehidupan manusia. Namun seringkali sampah tidak dikelola dengan baik. Oleh karena itu diperlukan penanganan tertentu tentang sampah khususnya sampah organik padat rumah tangga. Jika tidak ditangani dengan baik akan menimbulkan bau, mencemari tanah dan air. Karena memiliki kandungan organik yang tinggi, maka sampah organik memiliki potensi untuk diolah secara anaerob untuk memproduksi biogas sebagai sumber energi alternatif. Salah satu problem utama dalam proses anaerob adalah belum optimalnya produksi biogas yang dihasilkan dari sampah organik, oleh karena itu diperlukan upaya untuk meningkatkan produksi biogas mendekati nilai optimalnya. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan penambahan zat aditif yang berfungsi sebagai sumber nutrisi bagi mikroba anaerob. Pada percobaan ini bertujuan untuk mengamati efektivitas dari penambahan zat aditif pada sampah organik dengan berbagai dosis. Ketersediaan organic matter pada substrat untuk mikroba anaerob direpresentasikan dengan VS (volatile solid). Inokulum yang digunakan adalah inokulum kotoran sapi. Sementara untuk mengetahui efek dari dosis yang berbeda-beda maka digunakan variasi 1:1,25:1,5 pupuk NPK. Hasil percobaan menunjukkan bahwa dengan penambahan zat aditif N, P, K meningkatkan jumlah produksi biogas.

**Kata kunci:** aditif, anaerob, biogas, inokulum, sampah padat

### ABSTRACT

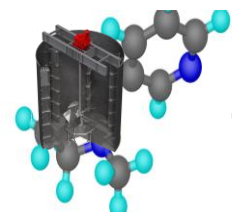
Waste is a problem that cannot be separated from human life. But often the waste is not managed properly. Therefore, certain handling of waste, especially household solid organic waste, is needed. If not handled properly will cause odor, pollute the soil and water. Because it has a high organic content, organic waste has the potential to be processed anaerobically to produce biogas as an alternative energy source. One of the main problems in the anaerobic process is that biogas production from organic waste is not optimal, therefore efforts are needed to increase biogas production to its optimal value. One way that can be done is by adding additives that serve as a source of nutrition for anaerobic microbes. This experiment aims to observe the effectiveness of adding additives to organic waste with various doses. The availability of organic matter on the substrate for anaerobic microbes is represented by VS (volatile solid). The inoculum used was cow dung inoculum. Meanwhile, to determine the effect of different doses, a variation of 1:1,25:1,5 NPK fertilizer was used. The experimental results show that the addition of N, P, K additives increases the amount of biogas production.

**Keywords:** additive, anaerobic, biogas, inoculum, solid waste

### 1. Pendahuluan

Meningkatnya jumlah populasi manusia akan berdampak juga pada peningkatan jumlah sampah yang dihasilkan. Berdasarkan data yang ada negara maju menghasilkan rata-rata 100-170 kg sampah rumah tangga, perkapita pertahun. Dimana jumlah tersebut dua kali lebih banyak dibandingkan negara berkembang<sup>[1]</sup>. Di negara berkembang, 80-90% sampah dihasilkan pada sebelum dan sesudah panen, sedangkan di negara maju lebih dari 40% sampah dihasilkan pada tahapan retail dan konsumen. Sampah yang tidak ditangani dengan baik akan menimbulkan dampak buruk bagi lingkungan, seperti pencemaran udara, air dan darat. Oleh karena sampah rumah tangga terdiri dari 60% sampah organik, maka sampah organik berpeluang dimanfaatkan sebagai substrat untuk menghasilkan biogas.

Meskipun sampah organik rumah tangga (OFMSW) secara teori dapat digunakan sebagai substrat pembuatan biogas secara anaerobik, namun dalam prakteknya seringkali menemui beberapa kendala. Kendala yang biasa ditemui antara lain tidak stabilnya proses, akumulasi VFA, *foaming*, penurunan pH, C/N rasio, kebutuhan mikro dan makronutrien serta biogas yang dihasilkan tidak mendekati nilai optimal. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk meningkatkan produksi biogas ialah dengan penambahan nutrient. Alasan dipilihnya penambahan zat aditif adalah karena penelitian tentang penambahan zat aditif ini masih sangat sedikit dilakukan oleh peneliti<sup>[2]</sup>. Selain itu, penambahan nutrient ini bertujuan sebagai nutrisi tambahan yang dibutuhkan oleh mikroba untuk membantu mengaktifkan enzim sehingga substrat





yang sulit terurai seperti lignin, selulosa dan ligniselulosa dapat terurai.

Studi ini bertujuan untuk menentukan variasi penambahan aditif paling efektif dalam meningkatkan jumlah produksi biogas. Nilai dari biogas yang dihasilkan kemudian akan dibandingkan dengan nilai potensi maksimum produksi biogas. Potensi teoritis maksimum biogas didapatkan dari persamaan stoikiometri rumus kimia empiris komponen makro substrat.

## 2. Metodologi Penelitian

### 2.1 Bahan

#### Sampah organik

Sampah organik yang digunakan dalam percobaan ini merupakan sampah organik buatan (substrat) yang terdiri dari bayam, daun, nasi, ikan, pepaya dan pisang. Substrat ini kemudian diencerkan dengan penambahan air dan dilakukan pengecilan ukuran. Komponen makro yang terdapat dalam substrat ditunjukkan pada Tabel 1 berikut

Tabel 1. Komponen makro

	Bayam (% w/w)	Daun (% w/w)	Nasi (% w/w)	Ikan (% w/w)	Pepaya (% w/w)	Pisang (% w/w)
Lemak	0,12	1,25	0,02	3,71	0,69	0,69
Protein	2,17	9,14	2,47	23,6	0,55	1,36
Karbohidrat	2,29	47,25	23,1	0,34	8,87	24,69

#### Inokulum

Inokulum merupakan material yang ditambahkan ke dalam substrat sebagai salah satu sumber mikroba untuk proses AD (*Anaerobic Digestion*). Inokulum yang digunakan adalah inokulum kotoran sapi, berdasarkan penelitian – penelitian sebelumnya inokulum kotoran sapi merupakan inokulum yang paling tepat untuk substrat sampah organik. Inokulum ini didapatkan dari rumah peternakan sapi di Kaliurang, Sleman. Sebelum digunakan, inokulum tersebut dilakukan proses penyaringan untuk memisahkan sejumlah partikel padatnya.

### 2.2 Metode Penelitian

#### Penambahan zat aditif

Zat aditif yang digunakan dalam percobaan ini adalah N, P, dan K. Pupuk NPK PHONSKA digunakan sebagai sumber aditif komposisi 15%N,15%P dan 15%K. Variasi NPK yang digunakan adalah 1:1,25:1,5 rasio berat. Semua variasi ini ditambahkan dengan NaHCO<sub>3</sub> sebanyak 6% dari berat substrat<sup>[3]</sup>

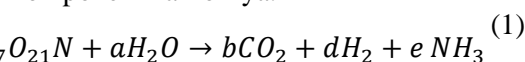
#### Reaktor

Percobaan dilakukan dengan 10 reaktor, 6 reaktor untuk duplo variasi NPK, 4 reaktor untuk reaktor non aditif. Masing-masing dilakukan dalam reaktor botol bervolume 500 mL. Hasil perbandingan dari 3 jenis variasi penambahan zat aditif dapat dilihat pada Tabel 2. Masing-masing reaktor menggunakan 110 mL inokulum kotoran sapi sebagai sumber bakteri.

Tabel 2. Reaktor dengan Variasi Aditif

Nama Reaktor	Substrat	Inokulum
R0	Sampah buatan non aditif	Inokulum kotoran sapi
R1	Sampah buatan dengan variasi 1x NPK	Inokulum kotoran sapi
R2	Sampah buatan dengan variasi 1,25x NPK	Inokulum kotoran sapi
R3	Sampah buatan dengan variasi 1,5xNPK	Inokulum kotoran sapi

Pada percobaan ini, digunakan modifikasi dari persamaan Parkin dan Owen<sup>[4]</sup> sebagaimana ditunjukkan oleh (1), yang digunakan untuk memprediksi potensi teoritis biogas yang diproduksi dari sampah buatan. Rumus empiris sampah buatan ini dikalkulasi dari analisis komponen makro-nya.

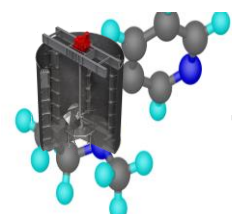


### 3. Data Analysis

Parameter – parameter yang diamati adalah VS, pH, volume biogas. Analisis VS dilakukan sekali dalam seminggu menggunakan metode standard<sup>[5]</sup>. Untuk volume biogas, dimonitori setiap hari dengan *water displacement method*<sup>[6]</sup> dan manometer yang kemudian dikonversikan ke dalam volume STP.

### 4. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Kandungan organik dalam studi ini direpresentasikan sebagai VS dan tidak termasuk





berat bakteri dari perhitungan massa substrat. Substrat yang digunakan merupakan campuran dari berbagai komponen seperti lemak, protein dan karbohidrat. Untuk menyederhanakan analisis, substrat yang kompleks ini dianggap sebagai pseudo single-substrat. Produksi biogas yang ditampilkan merupakan representasi dari biogas yang diproduksi dibandingkan dengan potensi teoritis dari stoikiometri persamaan (1)

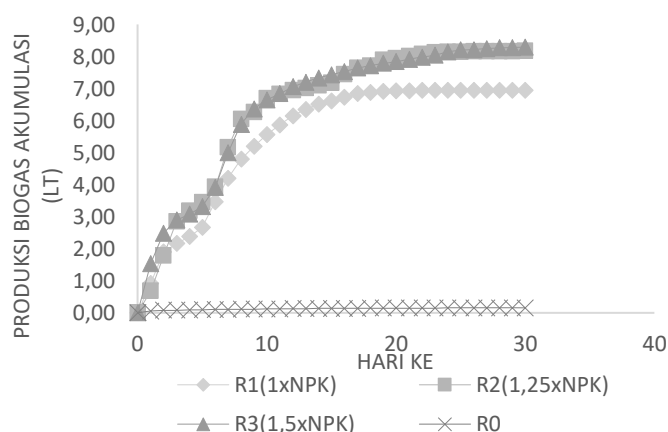
#### Produksi Maksimum Stoikiometri Biogas

Produktivitas biogas secara stoikiometri untuk semua ditunjukkan oleh Tabel 3. Perhitungan stoikiometri yang didasarkan pada persamaan (1) untuk pseudo single-substrate sampah organik buatan didefinisikan sebagai  $C_{29}H_{47}O_{21}N$ . Formulasi dari rumus molekul empiris berdasarkan pada analisis makro komponen yang ditunjukkan oleh Tabel 1. Berdasarkan kalkulasi, semua reaktor yang digunakan mengandung 0,0547 mol  $C_{29}H_{47}O_{21}N$ .

Tabel 3. Nilai Potensi Maksimal Biogas

Komponen	Potensi Stoikiometri (L-STP/mol sampah organik)
CO <sub>2</sub>	649,6
H <sub>2</sub>	1321,6
NH <sub>3</sub>	22,4
Total Biogas	1993,6

#### Efek Penambahan Zat Aditif

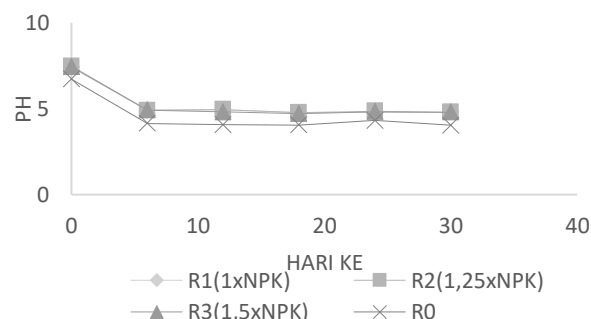


Gambar 1. Produksi Gas Total

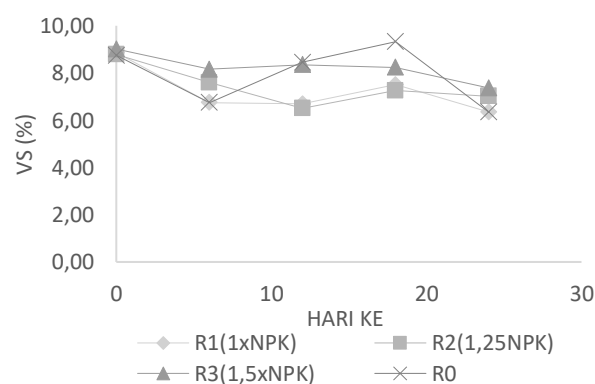
Gambar 1 menunjukkan bahwa produksi total gas untuk reaktor R1, R2 dan R3 lebih besar nilainya dibandingkan reaktor R0. Hal ini

mengindikasikan bahwa proses hidrolisis dan asidifikasi pada sampah organik padat yang diberikan penambahan zat aditif berupa pupuk NPK (R1, R2, R3) terjadi lebih cepat dan menghasilkan gas lebih banyak dibandingkan reaktor tanpa aditif (R0).

Zat aditif berupa pupuk NPK tersebut merupakan nutrisi yang berpengaruh positif pada kinerja bakteri untuk mencerna substrat (lipid, protein, karbohidrat) menjadi komponen yang lebih sederhana (gula rantai pendek, asam amino, asam lemak, gliserin), sehingga memudahkan bakteri asidogen mengubah komponen sederhana tersebut menjadi VFA, CO<sub>2</sub>, dan H<sub>2</sub>. Hal ini didukung dengan penurunan pH yang terjadi, dapat dilihat bahwa pada hari pertama didapatkan pH 6,7-7,45 menjadi 4,14- 4,92 pada hari ke-6.

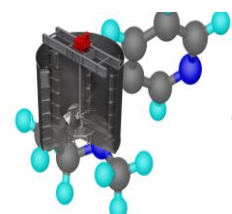


Gambar 2. Kondisi pH Pada Berbagai Reaktor



Gambar 3. VS masing-masing Reaktor

Selain pH indikator lain yang dapat digunakan untuk mengamati proses yang terjadi adalah perubahan VS, nampak bahwa walaupun masing-



masing reaktor terjadi perubahan VS secara fluktuatif terlihat terjadi penurunan kadar VS. Hal ini mengidentifikasi bahwa VS digunakan oleh bakteri untuk menghasilkan biogas.

Berdasarkan Tabel 4, produksi biogas pada penelitian ini menunjukkan R3 (1,5xNPK) merupakan reaktor yang menghasilkan produksi biogas terbanyak, diikuti dengan R2, R1, R0. Selain itu produksi biogas hanya 7,6% dari potensi stoikiometrinya. Hal ini mengindikasikan masih perlunya ruang penelitian – penelitian baru dalam bidang biogas ini.

### 5. Kesimpulan

Penambahan zat aditif berupa pupuk NPK ke dalam 500 mL sampah organik dapat meningkatkan produksi biogas dari 0,16 L (tanpa zat aditif) menjadi 8,29 L (8,745 gr zat aditif). Selain itu, nilai pH merupakan faktor yang penting dalam proses anaerob ini.

Tabel 4. Total Produksi Gas

Jenis Reaktor	Biogas Aktual (L/gr VS)	Jumlah Biogas Total Aktual (Lt)	Potensi Biogas dalam Reaktor (Lt)	Jumlah H <sub>2</sub> Total Aktual (Lt)	VS removal (%)	% dari potensi stoikiometri
R0	0,657	0,16	72,3 H <sub>2</sub> 35,53 CO <sub>2</sub> 1,22N H <sub>3</sub>	0,11	27,39	0,14
R1	0,627	6,94		5,03	28,34	6,36
R2	0,891	8,17		5,53	20,13	7,48
R3	0,958	8,29		5,6	18,25	7,6

### 6. Daftar Pustaka

[1]T. Dung, B. Sen, C. Chen, G. Kumar, C. 2014. LinFood waste to bioenergy via anaerobic processes.Energy Procedia, 61 , pp. 307-31

[2]FAO, 2011. Global food losses and food waste. URL:http://www.fao.org/docrep/014/mb060e/mb060e00.pdf. Accessed on 5/15/2017

[3]Pathak, D.R..2017. Solid Waste Management Baseline Study of 60 New Municipalities. 10.13140/RG.2.2.11930.24006/1

[4]Logan, B. E., 2004. Extracting Hydrogen and Electricity from Renewable Resources, Enviromental Sci. Tech., 38 (9)pp. 160-7

[5]Tugba Keskin, Haris Nalakath Abubackar, Kubra Arslan, Nuri Azbar. 2019. Biohydrogen Production From Solid Wastes. Biohydrogen. pp 321-346.

[6]P.C. Hallenbeck. 2005.Fundamentals of the fermentative production of hydrogen, Water Sci. Tech nol. 52,pp 21-29

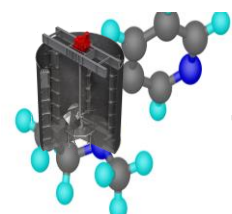
[7]Posmanik, R., Labatut, R., Kim, A., Usack, J., Tester, J., Angenent, L., 2017. Coupling hydrothermal liquefaction and anaerobic digestion for energy valorization from model biomass feedstocks. Bioresour. Technol. 233, pp 134–143

[8]Lin, C., Pfaltzgraff, L., Herrero-Davila, L., Mubofu, E., Abderrahim, S., Clark, J., Koutinas, A., Kopsahelis, N., Stamatelatos, K., Dickson, F., Thankappan, S., Mohamed, Z., Brocklesby, R., Luque, R., 2013. Food waste as a valuable resource for the production of chemicals, materials and fuels. Current situation and global perspective. Energy Environ. Sci. 6,pp 426–464

[9]Yang, L., Xu, F., Ge, X., Li, Y., 2015. Challenges and strategies for solid-state anaerobic digestion of lignocellulosic biomass. Renew. Sustain. Energy Rev. 44, pp 824-834

[10]Sheets, J.P., Yang, L., Ge, X., Wang, Z., Li, Y., 2015. Beyond land application: Emerging technologies for the treatment and reuse of anaerobically digested agricultural and food waste.Waste Manag. 44, pp 94–115

[11]Bhakov, Z. K., Korazbekova, K. U., and Lakhanova, K. M. 2014. The kinetics of biogas production from codigestion of cattle manure. Pak. J. Biol. Sci. 17, pp 1023–1029



[12]Deublein, Dieter & Steinhauser, Angelika. 2011. Biogas from Waste and Renewable Resources. 10.1002/9783527632794.

[13]Yang, L., Ge, X., Wan, C., Yu, F., Li, Y., 2014. Progress and perspectives in converting biogas to transportation fuels. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 40, pp 1133–1152

[14]Ganesh Dattatraya Saratale<sup>1</sup>, Rijuta Ganesh Saratale<sup>2</sup>, J. Rajesh Banu<sup>3</sup>, JoShu Chan. 2019. Biohydrogen Production from Renewable Biomass Resources. *Biohydrogen*. pp 247-277

[15]Fuqing Xu, Yangyang Li, Mary Wicks, Yebo Li, and Harold Keener. 2018. Anaerobic Digestion of Food Waste for Bioenergy Production. Elsevier, pp 530- 537

[16]G. F. Parkin and W. F. Owen. 1986. *Fundamentals of Anaerobic Digestion of Wastewater Sludges*

[17]Brummeler, E.T., and Koster, I.W. 1989. The effect of several pH control chemicals on the digestion of the organic fraction of municipal solid waste. *Resources, Conservation and recycling*, 3, pp. 19-32

[18]APHA. 1998. *Standard methods for the examination of water wastewater*. 18 ed. American Public Health Association, Washington DC, USA.

