



Model Kinetika Produksi Biogas dari Limbah Makanan

Lukhi Mulia Shitophyta

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Ahmad Dahlan
Jl. Ringroad Selatan, Bantul, Yogyakarta 55191, Indonesia

Penulis korespondensi : lukhi.mulia@che.uad.ac.id

Abstract

Kinetic model of biogas production from food waste. Biogas is one of the renewable energies to minimize the use of fossil fuels. Biogas can be generated from food wastes through anaerobic digestion. The study aimed to determine the kinetic model of biogas production from food waste using linear, exponential and Gaussian equations. The result showed that the simulation of the exponential equation is the ideal model to be applied to a kinetic model of biogas production from food waste with $R^2 > 0.9$.

Keywords: biogas; kinetic; food waste; Gaussian

Abstrak

Biogas merupakan salah satu energi terbarukan untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil. Biogas dapat diproduksi dari limbah makanan secara anaerobic digestion. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan model kinetika produksi biogas dari limbah makanan menggunakan linier, eksponensial dan Gaussian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa simulasi model persamaan eksponensial paling ideal digunakan sebagai model kinetika produksi biogas dari limbah makanan dengan nilai $R^2 > 0,9$.

Kata kunci: biogas; kinetika; limbah makanan; Gaussian

PENDAHULUAN

Dampak negatif dan ketidakstabilan harga bahan bakar fosil telah menggugah para produsen gas untuk mengembangkan energi terbarukan yang ramah lingkungan (Lee, *et al.*, 2015). Sekitar 90% penggunaan energi berasal dari bahan bakar fosil. Pembakaran bahan bakar fosil menghasilkan akumulasi gas karbondioksida dan gas rumah kaca ke atmosfer yang berpotensi meningkatkan pemanasan global (Darwin, *et al.*, 2014). Sumber energi terbarukan akan berperan penting untuk memenuhi kebutuhan energi dengan menyediakan energi tanpa emisi (Panwar, *et al.*, 2011). Biogas merupakan salah satu sumber energi terbarukan untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil.

Biogas diproduksi secara anaerobic digestion yaitu proses biokimia yang mendegradasi material organik oleh bakteri anaerob fakultatif tanpa adanya oksigen (Achinas, *et al.* 2019). Biogas dihasilkan dari biomassa seperti limbah pertanian, limbah hewan, hutan, limbah makanan dan limbah rumah tangga.

Limbah makanan direkomendasikan sebagai bahan baku untuk anaerobic digestion karena berpotensi menghasilkan metana yang tinggi (C.

Zhang, Xiao, Peng, Su, & Tan, 2012). Kandungan limbah makanan sebesar 7-31% TS diperkirakan menghasilkan 0,44-0,48 m³ CH₄/kg VS (Zhang, *et al.*, 2011). Kandungan makromolekul dan berbagai unsur organik dalam limbah makanan cocok untuk pertumbuhan mikroorganisme anaerobic (Zhang, *et al.*, 2014).

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Pramnik *et al.* (2019) membahas tentang kinetika produksi biogas dari limbah makanan menggunakan model kinetika orde pertama, modifikasi Gompertz dan fungsi log. Penelitian yang dilakukan oleh Jijai and Siripatana (2017) juga menggunakan model Gompertz untuk menentukan kinetika biogas dari limbah makanan. Belum ada penelitian yang membahas tentang kinetika produksi biogas dari limbah makanan yang menggunakan model linier, eksponensial dan gaussian. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menentukan kinetika produksi biogas dari limbah makanan dengan berbagai model kinetika yang berbeda dari yang lainnya yaitu menggunakan model linier, eksponensial dan gaussian.

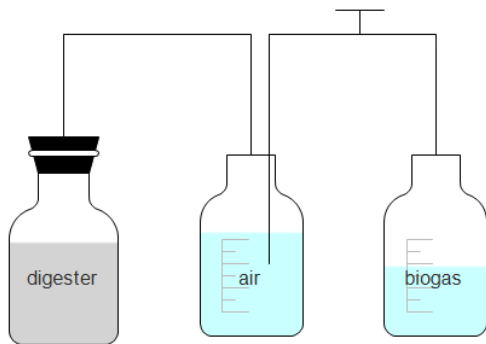
METODE PENELITIAN

Bahan Baku dan Inokulum

Limbah makanan sebagai bahan baku dikumpulkan dari kantin dan warung makan sekitar kampus Universitas Ahmad Dahlan yang berupa sisa nasi, mie, sayuran dan lauk pauk. Limbah makanan diblender dan dicampur dengan cairan rumen sapi yang diperoleh dari RPH Bantul Yogyakarta sebagai inokulum. NaOH 98% Merck KGaA diencerkan menjadi larutan NaOH 2 N untuk menetralkan pH.

Produksi Biogas

Limbah makanan dan cairan rumen diumpungkan ke 2 L digester. Penelitian dilakukan pada suhu kamar dan pH netral. Pengukuran volume biogas dilakukan 2 hari sekali dengan metode *water displacement*. Rangkaian produksi biogas dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian produksi biogas

MODEL KINETIKA PRODUKSI BIOGAS

Model kinetika produksi biogas dengan persamaan linier yaitu kecepatan produksi biogas meningkat seiring dengan meningkatkan waktu, kemudian mencapai nilai puncak dan menurun secara linier hingga mencapai titik nol (Shitophyta & Maryudi, 2018). Model persamaan linier dituliskan pada persamaan (1).

$$y = a + bt \quad (1)$$

Dimana, y = kecepatan produksi biogas (L/kg VS), t = waktu produksi biogas (hari), a = intercept (L/kg VS/hari), b = slope (L/kg VS/hari). Pada grafik kenaikan kecepatan biogas, b bernilai positif, sementara pada grafik penurunan kecepatan biogas nilai b negatif.

Persamaan eksponensial dimodelkan dengan kecepatan produksi biogas meningkat secara eksponensial terhadap waktu. Setelah mencapai nilai puncak, produksi biogas menurun terhadap waktu secara eksponensial hingga mencapai nilai nol (Shitophyta, *et al.*, 2017). Model persamaan eksponensial dinyatakan pada persamaan (2).

$$y = a + b \exp(ct) \quad (2)$$

Dimana, y = kecepatan produksi biogas (L/kg VS), t = waktu produksi biogas (hari), a = intercept, b = konstanta (L/kg VS/hari), c = konstanta (L/kg

VS/hari). Pada grafik kenaikan produksi biogas, nilai c positif sedangkan saat grafik penurunan produksi biogas, c bernilai negatif.

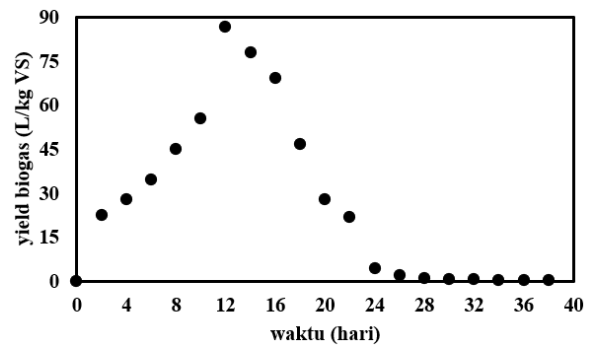
Persamaan Gaussian dapat diterapkan baik pada kenaikan dan penurunan produksi biogas (Ghatak & Mahanta, 2014). Model Gaussian dituliskan pada persamaan 3.

$$y = a \exp \left[-0,5 \left(\frac{t - t_0}{b} \right)^2 \right] \quad (3)$$

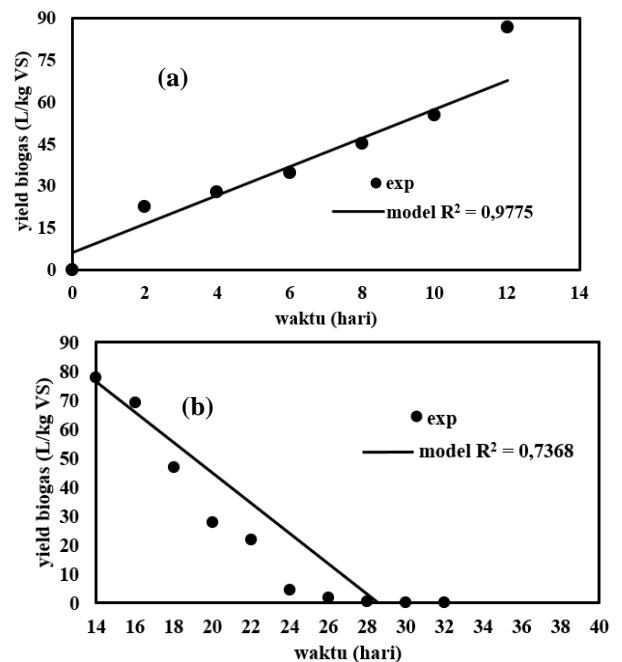
Dimana, y = kecepatan produksi biogas (L/kg VS), t = waktu produksi biogas (hari), a = konstanta (L/kg VS/hari), b = konstanta (L/kg VS/hari), t_0 = waktu saat kecepatan produksi biogas mencapai titik puncak.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data produksi biogas disajikan sebagai yield biogas pada Gambar 2.



Gambar 2. Data yield biogas

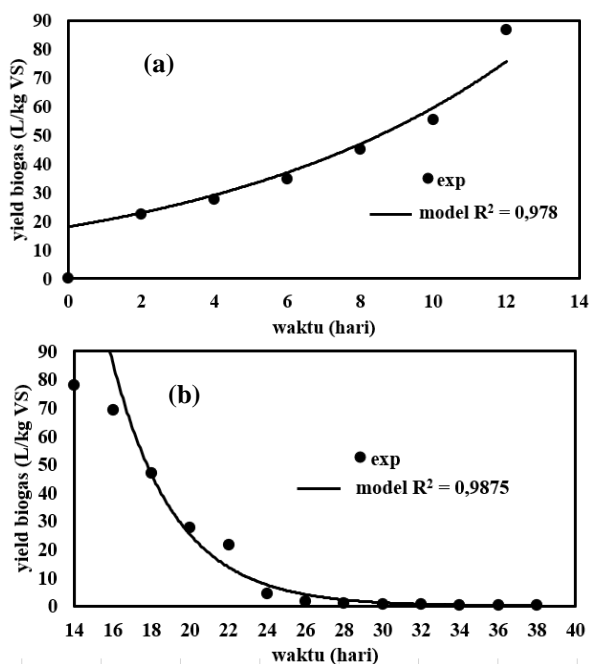


Gambar 3. Grafik persamaan linier: (a) kenaikan produksi biogas; (b) penurunan produksi biogas

Kecepatan produksi biogas mulai terbentuk pada hari ke-2 kemudian mencapai puncak pada hari ke-14. Selanjutnya produksi biogas menurun perlahan-lahan hingga mencapai nilai konstan.

Seperti yang terlihat pada Gambar 3, terlihat bahwa nilai koefisien R^2 pada grafik kenaikan bernilai $R^2 > 0,9$, sedangkan pada grafik penurunan nilai koefisien $R^2 < 0,9$. Hal tersebut menunjukkan bahwa pemodelan linier hanya cocok digunakan saat kenaikan produksi biogas.

Pemodelan dengan persamaan eksponensial ditunjukkan pada Gambar 4.

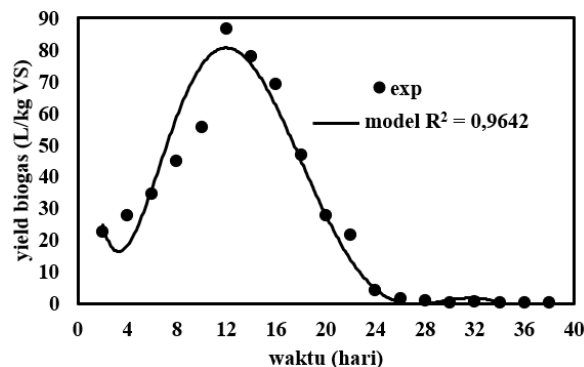


Gambar 4. Grafik persamaan eksponensial (a) kenaikan produksi biogas; (b) penurunan produksi biogas

Pada Gambar 4 terlihat bahwa nilai koefisien $R^2 > 0,9$ baik pada kenaikan maupun penurunan produksi biogas. Nilai koefisien R^2 pada persamaan eksponensial juga lebih tinggi lebih dari pada nilai R^2 pada persamaan linier. Oleh karena itu, model simulasi persamaan eksponensial lebih baik dibandingkan dengan persamaan linier.

Model kinetika dengan persamaan Gaussian ditampilkan pada Gambar 5. Nilai koefisien R^2 pada model Gaussian lebih tinggi dibandingkan nilai R^2 pada model linier penurunan produksi biogas, akan tetapi model Gaussian memiliki nilai R^2 terkecil jika dibandingkan dengan model linier kenaikan produksi biogas dan model eksponensial kenaikan dan penurunan biogas. Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa model eksponensial paling cocok untuk diterapkan pada kinetika produksi biogas dari limbah makanan. Hasil penelitian yang sama dilakukan oleh Ghatak and Mahanta (2014) yang melaporkan bahwa model eksponensial menghasilkan simulasi

yang paling bagus paling dengan model linier dan Gaussian.



Gambar 5. Grafik persamaan Gaussian kecepatan produksi biogas

KESIMPULAN

Model persamaan eksponensial memiliki nilai korelasi lebih baik dibandingkan model persamaan linier dan model Gaussian. Model persamaan eksponensial menghasilkan nilai $R^2 > 0,9$ saat kenaikan dan penurunan produksi biogas. Model linier penurunan produksi biogas menghasilkan nilai koefisien R^2 terkecil. Model yang paling ideal untuk kinetika produksi biogas dari limbah makanan menggunakan model eksponensial.

DAFTAR PUSTAKA

- Achinas, S., Li, Y., Achinas, V., & Euverink, G. J. W. (2019). Biogas potential from the anaerobic digestion of potato peels: process performance and kinetics evaluation. *Energies*, 12(2311), 1–16.
- Darwin, Cheng, J. J., Liu, Z., Gontupil, J., & Kwon, O. (2014). Anaerobic co-digestion of rice straw and digested swine manure with different total solid concentration for methane production. *Int J Agric & Biol Eng*, 7(6), 79–90. <https://doi.org/10.3965/j.ijabe.20140706.010>
- Ghatak, M. Das, & Mahanta, P. (2014). Comparison of kinetic models for biogas production rate from saw dust. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 3(7), 248–254.
- Jijai, S., & Siripatana, C. (2017). Kinetic model of biogas production from of thai rice noodle wastewater (Khanomjeen) with chicken manure. *Energy Procedia*, 138, 386–392. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.10.177>
- Lee, H. C., Mohamad, A. A., & Jiang, L. Y. (2015). Comprehensive Comparison of Chemical Kinetics Mechanisms for Syngas/Biogas Mixtures. *Energy and*

Fuels, 29(9), 6126–6145.
<https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.5b01136>

Panwar, N. L., Kaushik, S. C., & Kothari, S. (2011). Role of renewable energy sources in environmental protection: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(3), 1513–1524.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.11.037>

Pramnik, S. K., Suja, B. F., Porgemmat, M., & Pramanik, B. K. (2019). Performance and kinetic model of a single-stage anaerobic digestion system operated at different. *Processes*, 7(600), 1–16.

Shitophyta, L. M., & Maryudi. (2018). Comparison of kinetic model for biogas production from corn cob. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 345, 1–6. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/345/1/012004>

Shitophyta, Lukhi Mulia, Maryudi, & Budiyo. (2017). Comparison of Kinetic Models for Biogas Production from Rice Straw. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 6(2), 107–111.
<https://doi.org/10.15294/jbat.v6i2.9325>

Zhang, C., Su, H., Baeyens, J., & Tan, T. (2014). Reviewing the anaerobic digestion of food waste for biogas production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 38, 383–392.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.05.038>

Zhang, C., Xiao, G., Peng, L., Su, H., & Tan, T. (2012). The anaerobic co-digestion of food waste and cattle manure. *Bioresource Technology*, 129, 170–176.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2012.10.138>

Zhang, L., Lee, Y., & Jahng, D. (2011). Anaerobic co-digestion of food waste and piggery wastewater: Focusing on the role of trace elements. *Bioresource Technology*, 102(8), 5048–5059.