

DAFTAR PUSTAKA

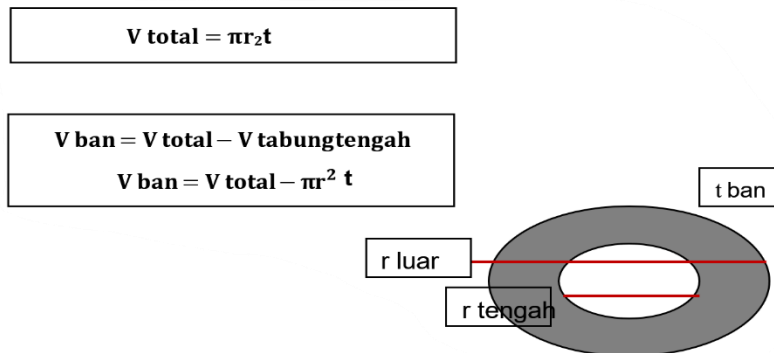
- Agustin, A. W., Sudarti, S., & Yushardi, Y. (2023). Potensi pemanfaatan biogas dari sampah organik sebagai sumber energi terbarukan. **INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi**, 2(6), 1109–1116.
- Arifin, Z. (2014). Pengolahan limbah organik menjadi biogas. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. (2015). Teknologi biogas skala rumah tangga. Jakarta: BPPT Press.
- Dewi, M. N. D., & Visca, R. (2022). Potensi limbah cair organik sebagai bahan baku biogas menggunakan sistem fermentasi dua tahap. **Jurnal Migasian**, 4(2).
- Gunawan, R., Prabowo, A., & Sari, R. K. (2014). Pengaruh rasio campuran limbah sayuran dan kotoran sapi terhadap produksi biogas. **Jurnal Rekayasa Proses**, 8(1), 26–32.
- Hermawan, D., & Putri, A. Y. (2020). Analisis pengaruh variasi campuran kotoran sapi dan sampah sayuran terhadap kualitas biogas. **Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia**, 6(1), 120–127.
- Iriani, N., dkk. (2017). Proses Fermentasi Anaerobik dalam Produksi Biogas. *Jurnal Energi dan Lingkungan*, 9(2), 45–53.
- Lestari, D. (2022). Peran Inokulum Kotoran Sapi dalam Produksi Biogas dan Pemanfaatan Slurry sebagai Pupuk Organik. *Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, 14(1), 22–30.
- Prasetyo, A. (2020). Efektivitas Variasi Komposisi Kotoran Sapi dan Limbah Sayuran Pasar terhadap Produksi Biogas. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 18(3), 115–124.
- Sari, R. (2018). Pengaruh Variasi Rasio Bahan terhadap Produksi Biogas dari Campuran Kotoran Sapi dan Sampah Sayuran. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 12(2), 67–74.
- Sinaga, R., dkk. (2022). Karakteristik Biogas Berdasarkan Variasi Substrat Organik. *Jurnal Energi Terbarukan*, 5(1), 30–39.
- Japutra, B. R., Luthfi, S. A. C., Handoko, B., & Rayhan, M. (2024). Pemanfaatan kotoran ternak dengan penambahan limbah pasar sebagai energi alternatif untuk pembangkit listrik tenaga biogas di Desa Sibrama Kabupaten Banyumas. **Jurnal Abdi Masyarakat Indonesia**, 4(4), 769–776.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2017). Potensi dan pemanfaatan biogas di Indonesia. Diakses dari <https://www.esdm.go.id>
- Kurniawan, D., & Susanto, H. (2020). Optimalisasi produksi biogas melalui variasi komposisi substrat limbah pertanian. **Jurnal Energi dan Manufaktur**, 15(2), 60–67.

- Mulyanto, S., Dharmawan, I. B., & Adzannni, I. (2024). Perbandingan variasi bakteri starter terhadap nilai kalor biogas dari sampah organik. **Jurnal Teknologi Terpadu**, 4(2).
- Nuriaini Dewi, M. N. D., & Visca, R. (2022). Potensi limbah cair organik sebagai bahan baku biogas menggunakan sistem fermentasi dua tahap. **Jurnal Migasian**, 4(2).
- Purnomo, N., & Yusriadi, Y. (2023). Potensi energi terbarukan dari biogas limbah ternak ruminansia di Kabupaten Sidrap. **Jurnal Sains dan Teknologi Industri Peternakan**, 3(1), 1–7.
- Rizaldi, M., & Hartono, R. (2019). Produksi biogas dari campuran kotoran ternak dan sampah organik rumah tangga. **Jurnal Teknologi Lingkungan**, 20(1), 23–29.
- Sinaga, P. V. H., Suanggana, D., & Haryono, H. D. (2020). Analisis produksi biogas sebagai energi alternatif pada kompor biogas menggunakan campuran kotoran sapi dan ampas tahu. **Jurnal Teknologi Terapan**, 8(1).
- Iriani, N., dkk. (2017). Proses Fermentasi Anaerobik dalam Produksi Biogas. *Jurnal Energi dan Lingkungan*, 9(2), 45–53.
- Sunarso, J., Budiyono, & Sumardiono, S. (2012). Enhancing biogas production rate from cattle manure using rumen fluid as inoculums. **International Journal of Renewable Energy Development**, 1(1), 23–27.
- Suparman, S., Tjokrodiningrat, S., Abdullatif, Z., Hasan, S., Syafie, Y., & Ali Hasan, A. D. (2023). Efektivitas reaktor biogas dan pengolahan limbah bioslurry sebagai sumber energi rumah tangga serta hara organik pada wilayah pertanian di Halmahera Timur. **Jurnal Pertanian Khairun**.
- Iriani, N., dkk. (2017). Proses Fermentasi Anaerobik dalam Produksi Biogas. *Jurnal Energi dan Lingkungan*, 9(2), 45–53.
- Suanggana, D., Haryono, H. D., Djafar, A., & Irawan, J. (2022). Potensi produksi biogas dari anaerobic digestion kotoran sapi dan kulit nanas sebagai sumber energi rice cooker biogas. **G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan**, 6(1), 1–7.
- Suryani, L., & Prabowo, H. (2018). Kajian produksi biogas dari limbah organik rumah tangga pada digester skala rumah tangga. **Jurnal Teknik Lingkungan**, 24(2), 89–96.
- Suraja, I. K. (2015). Biogas dari limbah organik: Proses dan aplikasinya. Bandung: Alfabeta.
- Syaichurrozi, I. (2018). Pemanfaatan limbah organik menjadi biogas: Tinjauan kinetika dan pemodelan. Yogyakarta: Deepublish.
- Taufik Dani, Purwanto, & Sudarno Utomo. (2024). Studi literatur: Perbandingan efektivitas biogas dari kotoran sapi dan sampah sisa sayur atau buah. **INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi**, 3(1), 19–31.
- Tumiran. (2013). Energi alternatif. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

- Yulianto, E., & Purwanto, A. (2017). Pemanfaatan kotoran sapi sebagai bahan baku biogas. **Jurnal Teknik Kimia**, 23(1), 1–7.
- Yusof, M., & Sari, N. (2016). Pemanfaatan limbah pertanian untuk produksi biogas sebagai energi alternatif. **Jurnal Energi dan Lingkungan**, 12(1), 45–52.

Lampiran 1. Rumus Volume Ban

RUMUS VOLUME BAN



Keterangan :

π = Konstanta $\frac{22}{7}$ atau 3,14

r = Jari-jari luar terhadap diameter ban

t = Tinggi ban

r = Jari-jari tengah terhadap diameter ban

Lampiran 2. Penghitungan Volume Ban

Volume Ban		
I. X_1 : diameter ban = 56 $\rightarrow r = 28$: tinggi ban = 5 : d. tengah ban = 42 $\rightarrow r = 21$		
X_2 : diameter ban = 58 $\rightarrow r = 29$: tinggi ban = 4 : d. tengah ban = 48 $\rightarrow r = 22$		
X_3 : diameter ban = 56 $\rightarrow r = 28$: tinggi ban = 6 : d. tengah ban = 44 $\rightarrow r = 22$		
II. X_1 : diameter ban = 55,8 $\rightarrow r = 28$: tinggi ban = 5,1 : d. tengah ban = 42 $\rightarrow r = 21$		
X_2 : diameter ban = 58 $\rightarrow r = 29$: tinggi ban = 4,2 : d. tengah ban = 44 $\rightarrow r = 22$		
X_3 : diameter ban = 56 $\rightarrow r = 28$: tinggi ban = 6,1 : d. tengah ban = 44 $\rightarrow r = 22$		
Rumus Perhitungan Volume Ban		
I. $X_1 : V_{\text{total}} = \pi r^2 l$ $= \frac{22}{7} \cdot 28^2 \cdot 5$ $= 22 \cdot 82 \cdot 5$ $= 12.320$ $V_{\text{ban}} = V_{\text{total}} - V_{\text{tengah ban}}$ $= 12.320 - (\pi \cdot 21^2 \cdot 5)$ $= 12.320 - \frac{22}{7} \cdot 21^2 \cdot 5$ $= 12.320 - (22 \cdot 63 \cdot 5)$ $= 12.320 - 6.930$ $= 5.390 \text{ cm}^3$	$X_2 : V_{\text{total}} = \pi r^2 l$ $= \frac{22}{7} \cdot 29^2 \cdot 4$ $= 22 \cdot 120 \cdot 4$ $= 10.560$ $V_{\text{ban}} = 10.560 - (\frac{22}{7} \cdot 22^2 \cdot 4)$ $= 10.560 - (22 \cdot 69 \cdot 4)$ $= 10.560 - 6.072$ $= 3.858 \text{ cm}^3$	$X_3 : V_{\text{total}} = \pi r^2 l$ $= \frac{22}{7} \cdot 28^2 \cdot 6$ $= 22 \cdot 112 \cdot 6$ $= 14.784$ $V_{\text{ban}} = 14.784 - (\frac{22}{7} \cdot 22^2 \cdot 6)$ $= 14.784 - (22 \cdot 69 \cdot 6)$ $= 14.784 - 9.108$ $= 5.676 \text{ cm}^3$
II. $X_1 : V_{\text{total}} = \pi r^2 l$ $= \frac{22}{7} \cdot 28^2 \cdot 5,1$ $= 22 \cdot 112 \cdot 5,1$ $= 22 \cdot 12,566$ $V_{\text{ban}} = 12.566 - (\frac{22}{7} \cdot 21^2 \cdot 5,1)$ $= 12.566 - (22 \cdot 63 \cdot 5,1)$ $= 12.566 - 7.069 = 5.497 \text{ cm}^3$	$X_2 : V_{\text{total}} = \pi r^2 l$ $= \frac{22}{7} \cdot 29^2 \cdot 4,2$ $= 22 \cdot 120 \cdot 4,1$ $= 11.088$ $V_{\text{ban}} = 11.088 - (\frac{22}{7} \cdot 22^2 \cdot 4,2)$ $= 11.088 - (22 \cdot 69 \cdot 4,2)$ $= 11.088 - 6.376 = 4.712 \text{ cm}^3$	$X_3 : V_{\text{total}} = \pi r^2 l$ $= \frac{22}{7} \cdot 28^2 \cdot 6,1$ $= 22 \cdot 112 \cdot 6,1$ $= 15.030$ $V_{\text{ban}} = 15.030 - (\frac{22}{7} \cdot 22^2 \cdot 6,1)$ $= 15.030 - (22 \cdot 69 \cdot 6,1)$ $= 15.030 - 9.359$ $= 5.771 \text{ cm}^3$

Volume Ban

I. X_1 : diameter ban = 56 $\rightarrow r = 28$
 : tinggi ban = 6
 : d. tengah ban = 44 $\rightarrow r = 22$

X_2 : diameter ban = 56 $\rightarrow r = 28$
 : tinggi ban = 5,2
 : d. tengah ban = 44 $\rightarrow r = 22$

X_3 : diameter ban = 58 $\rightarrow r = 29$
 : tinggi ban = 6
 : d. tengah ban = 44 $\rightarrow r = 22$

II. X_1 : diameter ban = 56,4 $\rightarrow r = 28,2$
 : tinggi ban = 6
 : d. tengah ban = 44 $\rightarrow r = 22$

X_2 : diameter ban = 56 $\rightarrow r = 28$
 : tinggi ban = 5,3
 : d. tengah ban = 44 $\rightarrow r = 22$

X_3 : diameter ban = 58,2 $\rightarrow r = 29,1$
 : tinggi ban = 6
 : d. tengah ban = 44 $\rightarrow r = 22$

Rumus Perhitungan Volume Ban

I. $X_1 \rightarrow V_{\text{total}} = \pi r^2 l$

$$= \frac{22}{7} \cdot 28^2 \cdot 6$$

$$= 22 \cdot 112 \cdot 6$$

$$= 14.784$$

$$V_{\text{ban}} = 14.784 - (\pi r^2 l)$$

$$= 14.784 - (22 \cdot 22^2 \cdot 6)$$

$$= 14.784 - (22 \cdot 69 \cdot 6)$$

$$= 14.784 - 9.108$$

$$= 5.676 \text{ cm}^3$$

$X_2 \rightarrow V_{\text{total}} = \pi r^2 l$

$$= \frac{22}{7} \cdot 28^2 \cdot 5,2$$

$$= 22 \cdot 112 \cdot 5,2$$

$$= 12.813$$

$$V_{\text{ban}} = 12.813 - (22 \cdot 22^2 \cdot 5,2)$$

$$= 12.813 - (22 \cdot 69 \cdot 5,2)$$

$$= 12.813 - 7.894$$

$$= 4.919 \text{ cm}^3$$

$X_3 \rightarrow V_{\text{total}} = \pi r^2 l$

$$= \frac{22}{7} \cdot 29^2 \cdot 6$$

$$= 22 \cdot 120 \cdot 6$$

$$= 15.840$$

$$V_{\text{ban}} = 15.840 - (22 \cdot 22^2 \cdot 6)$$

$$= 15.840 - (22 \cdot 69 \cdot 6)$$

$$= 15.840 - 9.108$$

$$= 6.732 \text{ cm}^3$$

II. $X_1 \rightarrow V_{\text{total}} = \pi r^2 l$

$$= \frac{22}{7} \cdot 28,2^2 \cdot 6$$

$$= 22 \cdot 113,6 \cdot 6$$

$$= 14.995$$

$$V_{\text{ban}} = 14.995 - (22 \cdot 22^2 \cdot 6)$$

$$= 14.995 - (22 \cdot 69 \cdot 6)$$

$$= 14.995 - 9.108$$

$$= 5.887 \text{ cm}^3$$

$X_2 \rightarrow V_{\text{total}} = \pi r^2 l$

$$= \frac{22}{7} \cdot 28^2 \cdot 5,3$$

$$= 22 \cdot 112 \cdot 5,3$$

$$= 13.059$$

$$V_{\text{ban}} = 13.059 - (22 \cdot 22^2 \cdot 5,3)$$

$$= 13.059 - (22 \cdot 69 \cdot 5,3)$$

$$= 13.059 - 8.045$$

$$= 5.014 \text{ cm}^3$$

$X_3 \rightarrow V_{\text{total}} = \pi r^2 l$

$$= \frac{22}{7} \cdot 29,1^2 \cdot 6$$

$$= 22 \cdot 120,9 \cdot 6$$

$$= 15.959$$

$$V_{\text{ban}} = 15.959 - (22 \cdot 22^2 \cdot 6)$$

$$= 15.959 - (22 \cdot 69 \cdot 6)$$

$$= 15.959 - 9.108$$

$$= 6.851 \text{ cm}^3$$

Volume Bun.

I. X_1 : diameter bun = 58 mm = 29
 : tinggi bun = 6
 : d tengah bun = 44 mm = 22

X_2 : diameter bun = 56 mm = 28
 : tinggi bun = 6
 : d tengah bun = 42 mm = 21

X_3 : diameter bun = 60 mm = 30
 : tinggi bun = 6,9
 : d tengah bun = 46 mm = 23

X_1 : diameter bun = 58,6 mm = 29,3
 : tinggi bun = 5,9
 : d tengah bun = 44 mm = 22

X_2 : diameter bun = 56 mm = 28
 : tinggi bun = 6
 : d tengah bun = 42 mm = 21

X_3 : diameter bun = 60,1 mm = 30,05
 : tinggi bun = 6,9
 : d tengah bun = 46 mm = 23

Rumus Volume Bun

I. $X_1 \rightarrow V_{\text{total}} = \pi r^2 l$

$$= \frac{22}{7} \cdot 29^2 \cdot 6$$

$$= 22 \cdot 120,6$$

$$= 15,840$$

$$V_{\text{bun}} = 15,840 - \left(\frac{22}{7} \cdot 22^2 \cdot 6 \right)$$

$$= 15,840 - (22 \cdot 69 \cdot 6)$$

$$= 15,840 - 9,108$$

$$= 6,732 \text{ cm}^3$$

$X_2 \rightarrow V_{\text{total}} = \pi r^2 l$

$$= \frac{22}{7} \cdot 28^2 \cdot 6$$

$$= 22 \cdot 112 \cdot 6$$

$$= 14,784$$

$$V_{\text{bun}} = 14,784 - \left(\frac{22}{7} \cdot 21^2 \cdot 6 \right)$$

$$= 14,784 - (22 \cdot 63 \cdot 6)$$

$$= 14,784 - 8,316$$

$$= 6,468 \text{ cm}^3$$

$X_3 \rightarrow V_{\text{total}} = \pi r^2 l$

$$= \frac{22}{7} \cdot 30^2 \cdot 6,9$$

$$= 22 \cdot 128 \cdot 6,9$$

$$= 19,430$$

$$V_{\text{bun}} = 19,430 - \left(\frac{22}{7} \cdot 23^2 \cdot 6,9 \right)$$

$$= 19,430 - (22 \cdot 156,9)$$

$$= 19,430 - 11,385$$

$$= 8,045 \text{ cm}^3$$

II. $X_1 \rightarrow V_{\text{total}} = \pi r^2 l$

$$= \frac{22}{7} \cdot 29,3^2 \cdot 5,9$$

$$= 22 \cdot 122,6 \cdot 5,9$$

$$= 15,913$$

$$V_{\text{bun}} = 15,913 - \left(\frac{22}{7} \cdot 22^2 \cdot 5,9 \right)$$

$$= 15,913 - (22 \cdot 69 \cdot 5,9)$$

$$= 15,913 - 8,956$$

$$= 6,957 \text{ cm}^3$$

$X_2 \rightarrow V_{\text{total}} = \pi r^2 l$

$$= \frac{22}{7} \cdot 28^2 \cdot 6$$

$$= 22 \cdot 112 \cdot 6$$

$$= 14,784$$

$$V_{\text{bun}} = 14,784 - \left(\frac{22}{7} \cdot 21^2 \cdot 6 \right)$$

$$= 14,784 - (22 \cdot 63 \cdot 6)$$

$$= 14,784 - 8,316$$

$$= 6,468 \text{ cm}^3$$

$X_3 \rightarrow V_{\text{total}} = \pi r^2 l$

$$= \frac{22}{7} \cdot 30,05^2 \cdot 6,9$$

$$= 22 \cdot 129 \cdot 6,9$$

$$= 19,582$$

$$V_{\text{bun}} = 19,582 - \left(\frac{22}{7} \cdot 23^2 \cdot 6,9 \right)$$

$$= 19,582 - (22 \cdot 156,9)$$

$$= 19,582 - 11,385$$

$$= 8,197 \text{ cm}^3$$

Volume Buan

I. X_1 : diameter buan = 58 $\rightarrow r = 29$
 • tinggi buan = 6,8
 • d tengah buan = 44 $\rightarrow r = 22$

X_2 : diameter buan = 58 $\rightarrow r = 29$
 • tinggi buan = 6
 • d tengah buan = 42 $\rightarrow r = 21$

X_3 : diameter buan = 62 $\rightarrow r = 31$
 • tinggi buan = 7
 • d tengah buan = 48 $\rightarrow r = 24$

II. X_1 : diameter buan = 58 $\rightarrow r = 29$
 • tinggi buan = 6,8
 • d tengah buan = 44 $\rightarrow r = 22$

X_2 : diameter buan = 60,4 $\rightarrow r = 29,2$
 • tinggi buan = 6
 • d tengah buan = 42 $\rightarrow r = 21$

X_3 : diameter buan = 62 $\rightarrow r = 31$
 • tinggi buan = 7
 • d tengah buan = 48 $\rightarrow r = 24$

Rumus Volume Buan

I. $X_1 \rightarrow V_{\text{total}} = \pi r^2 h$

$$= \frac{22}{7} \cdot 29^2 \cdot 6,8$$

$$= 22 \cdot 120 \cdot 6,8$$

$$= 17,952$$

$$V_{\text{buan}} = 17,952 - \left(\frac{22}{7} \cdot 22^2 \cdot 6,8 \right)$$

$$= 17,952 - (22 \cdot 63 \cdot 6,8)$$

$$= 17,952 - 9,425$$

$$= 8,527 \text{ cm}^3$$

$X_2 \rightarrow V_{\text{total}} = \pi r^2 h$

$$= \frac{22}{7} \cdot 29^2 \cdot 6$$

$$= 22 \cdot 120 \cdot 6$$

$$= 15,840$$

$$V_{\text{buan}} = 15,840 - \left(\frac{22}{7} \cdot 21^2 \cdot 6 \right)$$

$$= 15,840 - (22 \cdot 63 \cdot 6)$$

$$= 15,840 - 8,316$$

$$= 7,524 \text{ cm}^3$$

$X_3 \rightarrow V_{\text{total}} = \pi r^2 h$

$$= \frac{22}{7} \cdot 31^2 \cdot 7$$

$$= 22 \cdot 137 \cdot 7$$

$$= 21,098$$

$$V_{\text{buan}} = 21,098 - \left(\frac{22}{7} \cdot 24^2 \cdot 7 \right)$$

$$= 21,098 - (22 \cdot 24^2 \cdot 7)$$

$$= 21,098 - 12,628$$

$$= 8,47 \text{ cm}^3$$

II. $X_1 \rightarrow V_{\text{total}} = \pi r^2 h$

$$= \frac{22}{7} \cdot 29^2 \cdot 6,8$$

$$= 22 \cdot 120 \cdot 6,8$$

$$= 17,952$$

$$V_{\text{buan}} = 17,952 - \left(\frac{22}{7} \cdot 22^2 \cdot 6,8 \right)$$

$$= 17,952 - (22 \cdot 63 \cdot 6,8)$$

$$= 17,952 - 9,425$$

$$= 8,527 \text{ cm}^3$$

$X_2 \rightarrow V_{\text{total}} = \pi r^2 h$

$$= \frac{22}{7} \cdot 29^2 \cdot 6$$

$$= 22 \cdot 121,8 \cdot 6$$

$$= 16,078$$

$$V_{\text{buan}} = 16,078 - \left(\frac{22}{7} \cdot 21^2 \cdot 6 \right)$$

$$= 16,078 - (22 \cdot 63 \cdot 6)$$

$$= 16,078 - 8,316$$

$$= 7,762 \text{ cm}^3$$

$X_3 \rightarrow V_{\text{total}} = \pi r^2 h$

$$= \frac{22}{7} \cdot 31^2 \cdot 7$$

$$= 22 \cdot 137 \cdot 7$$

$$= 21,098$$

$$V_{\text{buan}} = 21,098 - \left(\frac{22}{7} \cdot 24^2 \cdot 7 \right)$$

$$= 21,098 - (22 \cdot 24^2 \cdot 7)$$

$$= 21,098 - 12,628$$

$$= 8,47 \text{ cm}^3$$

Volume Ban

I. X_1 : diameter ban = 60 $\rightarrow r = 30$
 = tinggi ban = 9
 = d. tengah ban = 44 $\rightarrow r = 22$

X_2 : diameter ban = 58 $\rightarrow r = 29$
 = tinggi ban = 7
 = d. tengah ban = 44 $\rightarrow r = 22$

X_3 : diameter ban = 62 $\rightarrow r = 31$
 = tinggi ban = 7,5
 = d. tengah ban = 48 $\rightarrow r = 24$

II. X_1 : diameter ban = 60 $\rightarrow r = 30$
 = tinggi ban = 9,1
 = d. tengah ban = 44 $\rightarrow r = 22$

X_2 : diameter ban = 58,2 $\rightarrow r = 29,1$
 = tinggi ban = 7
 = d. tengah ban = 44 $\rightarrow r = 22$

X_3 : diameter ban = 62,2 $\rightarrow r = 31,1$
 = tinggi ban = 7,5
 = d. tengah ban = 48 $\rightarrow r = 24$

Rumus Volume Ban

I. $X_1 \rightarrow V_{\text{total}} = \pi r^2 l$

$$= \frac{22}{7} \cdot 30^2 \cdot 9$$

$$= 22 \cdot 128 \cdot 9$$

$$= 25.344$$

$$V_{\text{ban}} = 25.344 - \left(\frac{22}{7} \cdot 22^2 \cdot 9 \right)$$

$$= 25.344 - (22 \cdot 69 \cdot 9)$$

$$= 25.344 - 13.662$$

$$= 11.682 \text{ cm}^3$$

$X_2 \rightarrow V_{\text{total}} = \pi r^2 l$

$$= \frac{22}{7} \cdot 29^2 \cdot 7$$

$$= 22 \cdot 10 \cdot 7$$

$$= 18.480$$

$$V_{\text{ban}} = 18.480 - \left(\frac{22}{7} \cdot 22^2 \cdot 7 \right)$$

$$= 18.480 - (22 \cdot 69 \cdot 7)$$

$$= 18.480 - 10.626$$

$$= 7.854 \text{ cm}^3$$

$X_3 \rightarrow V_{\text{total}} = \pi r^2 l$

$$= \frac{22}{7} \cdot 31^2 \cdot 7,5$$

$$= 22 \cdot 137 \cdot 7,5$$

$$= 22.605$$

$$V_{\text{ban}} = 22.605 - \left(\frac{22}{7} \cdot 24^2 \cdot 7,5 \right)$$

$$= 22.605 - (22 \cdot 82 \cdot 7,5)$$

$$= 22.605 - 13.583$$

$$= 9.022 \text{ cm}^3$$

II. $X_1 \rightarrow V_{\text{total}} = \pi r^2 l$

$$= \frac{22}{7} \cdot 30^2 \cdot 9,1$$

$$= 22 \cdot 128 \cdot 9,1$$

$$= 25.626$$

$$V_{\text{ban}} = 25.626 - \left(\frac{22}{7} \cdot 22^2 \cdot 9,1 \right)$$

$$= 25.626 - (22 \cdot 69 \cdot 9,1)$$

$$= 25.626 - 13.814$$

$$= 11.812 \text{ cm}^3$$

$X_2 \rightarrow V_{\text{total}} = \pi r^2 l$

$$= \frac{22}{7} \cdot 29,1^2 \cdot 7$$

$$= 22 \cdot 120 \cdot 9 \cdot 7$$

$$= 18.619$$

$$V_{\text{ban}} = 18.619 - \left(\frac{22}{7} \cdot 22^2 \cdot 7 \right)$$

$$= 18.619 - (22 \cdot 69 \cdot 7)$$

$$= 18.619 - 10.626$$

$$= 7.993 \text{ cm}^3$$

$X_3 \rightarrow V_{\text{total}} = \pi r^2 l$

$$= \frac{22}{7} \cdot 31,1^2 \cdot 7,5$$

$$= 22 \cdot 138 \cdot 7,5$$

$$= 22.770$$

$$V_{\text{ban}} = 22.770 - \left(\frac{22}{7} \cdot 24^2 \cdot 7,5 \right)$$

$$= 22.770 - (22 \cdot 82 \cdot 7,5)$$

$$= 22.770 - 13.583$$

$$= 9.187 \text{ cm}^3$$

Lampiran 3: Pembuatan Reaktor

PEMBUATAN REAKTOR



Persiapan alat dan bahan



Memanaskan Keran Kompresor



Pemasangan Keran Kompresor



Keran kompresor berhasil melekat ke tutup ember.



Pemasangan Selang Y



Pemasangan Selang ke Ban Baru.



Tabung Reactor Selesai di Rakit.

Lampiran 4. Persiapan Bahan Isian

PERSIAPAN BAHAN ISIAN



Kotoran Sapi yang telah dikumpulkan.



Pengambilan kotoran sapi.



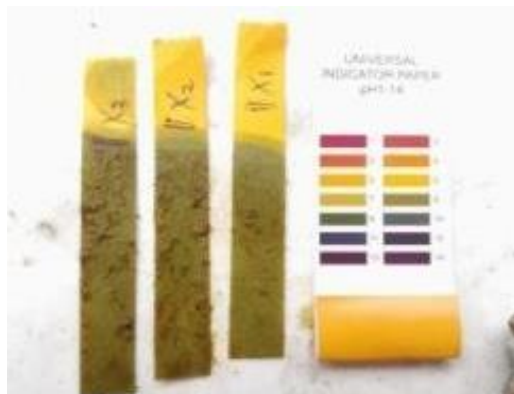
Pengumpulan sampah sayuran.



Proses pencacahan sampah sayuran



Proses pencampuran bahan.



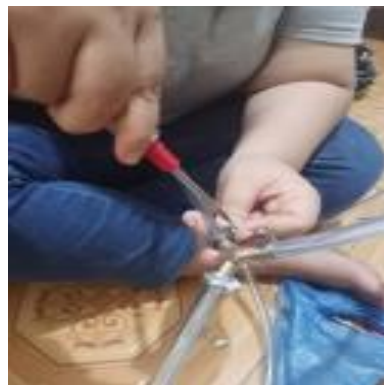
Pengukuran kadar pH dan Suhu

Lampiran 5. Dokumentasi Alur Penelitian

DOKUMENTASI ALUR PENELITIAN



Tahap 1



Tahap 2



Tahap 3



Tahap 4



Tahap 5



Tahap 6



Tahap 7



Tahap 8



Tahap 9



Tahap 10



Tahap 11



Tahap 12

Lampiran 6.

Oneway

ANOVA

Uji Lama Nyala Api

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	74.333	2	37.167	111.500	.002
Within Groups	1.000	3	.333		
Total	75.333	5			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Uji Lama Nyala Api

Tukey HSD

(I) Variasi	(J) Variasi	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
X1	X2	-3.000*	.577	.028	-5.41	-.59
	X3	-8.500*	.577	.001	-10.91	-6.09
X2	X1	3.000*	.577	.028	.59	5.41
	X3	-5.500*	.577	.005	-7.91	-3.09
X3	X1	8.500*	.577	.001	6.09	10.91
	X2	5.500*	.577	.005	3.09	7.91

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Homogeneous Subsets

Uji Lama Nyala Api

Tukey HSD^a

Variasi	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
X1	2	36.50	39.50	45.00
X2	2			
X3	2			
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

Lampiran 7.

INFORMANT CONSENT

Persetujuan Setelah Penjelasan (*Informed Consent*)

Saya **PUTRI DEWI EARLYTA SIMBOLON** adalah peneliti dari **Poltekkes KEMENKES Medan Jurusan Kesehatan Lingkungan**, dengan ini meminta anda untuk berpartisipasi dengan sukarela dalam penelitian yang berjudul " **PENGARUH VARIASI CAMPURAN KOTORAN SAPI DAN SAMPAH SAYURAN TERHADAP PRODUKSI BIOGAS DIKECAMATAN BANDAR KABUPATEN SIMALUNGUN**" dengan beberapa penjelasan sebagai berikut :

1. Tujuan dari penelitian ini Untuk mengevaluasi pengaruh kombinasi bahan organik dalam menghasilkan energi alternatif ramah lingkungan
2. Penelitian dilakukan melalui pengumpulan bahan organik, fermentasi dalam digester, serta pengukuran volume biogas.
3. Penelitian berlangsung selama kurang lebih 2 minggu (termasuk proses pengambilan data lapangan dan pengamatan).
4. Keterlibatan Anda dalam penelitian ini **bersifat sukarela**.
5. Anda berhak **mengundurkan diri kapan saja** tanpa konsekuensi atau sanksi apa pun.

atau

6. Tidak ada **intervensi medis** atau risiko fisik yang ditimbulkan dalam penelitian ini.
7. Anda **tidak akan menerima kompensasi finansial**, namun kontribusi Anda sangat penting dalam mendukung pengembangan teknologi energi alternatif di masyarakat.
8. Keterlibatan Anda dalam penelitian ini **bersifat sukarela**.
9. Anda berhak **mengundurkan diri kapan saja** tanpa konsekuensi atau sanksi apa pun.
10. Tidak ada **intervensi medis** atau risiko fisik yang ditimbulkan dalam penelitian ini.

atau

11. Anda **tidak akan menerima kompensasi finansial**, namun kontribusi Anda sangat penting dalam mendukung pengembangan teknologi energi alternatif di masyarakat.
12. Semua data yang Anda berikan akan dijaga kerahasiaannya dan hanya digunakan untuk keperluan akademik.
13. Tidak ada informasi pribadi Anda yang akan dipublikasikan.

14. Anda akan mendapatkan pengetahuan lebih mengenai proses produksi biogas.
15. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat langsung maupun tidak langsung bagi masyarakat, terutama dalam pemanfaatan limbah organik dan pengembangan energi terbarukan.

atau

1. Anda akan diberikan informasi bila didapatkan informasi baru dari penelitian ini ataupun dari sumber lain.
2. Semua data dalam penelitian ini akan disimpan oleh peneliti (tim peneliti) dalam bentuk file computer atau dokumen cetak selama -
3. Semua informasi yang anda berikan dalam penelitian ini tidak akan disebar luaskan sehingga kerahasiaannya akan terjaga.
4. Penelitian ini mendapatkan dana dari - namun pihak pemberi dana tidak dapat mengakses data hasil penelitian tanpa ijin dari peneliti. Peneliti telah memastikan tidak ada konflik kepentingan dalam hal ini

atau

Penelitian ini merupakan penelitian pribadi dan tidak ada sponsor yang mendanai penelitian ini.

5. Peneliti menjadi peneliti sepenuhnya dalam penelitian ini.
6. Selama penelitian, peneliti akan bertanggungjawab terhadap terjadinya -.

atau

Peneliti tidak memberikan jaminan kesehatan atau perawatan kepada subyek karena penelitian ini tidak mengandung unsur intervensi dan hanya pengisian kuisioner.

7. Apabila terjadi risiko lain maka anda bisa mendapatkan pelayanan kesehatan berupa.(tuliskan sifat/ jenis pelayanan kesehatan, lamanya pelayanan, nama organisasi atau nama fasilitas kesehatan yang akan memberikan pelayanan) secara gratis. (Jika terdapat ketidakpastian pembiayaan, harus dijelaskan dengan baik).

atau

Tidak ada pengobatan atau rehabilitasi dan perawatan kesehatan pada individu / subyek karena penelitian ini tidak mengandung unsur intervensi terhadap subyek.

8. Jika terjadi kecacadan atau kematian akibat penelitian ini, maka - .(tuliskan bahwa tidak ada rencana untuk memberikan kompensasi semacam itu, perlu dijelaskan bahwa jika terdapat kompensasi harus ada kejelasan atas penerimaan kompensasi tersebut. Meliputi : siapa

yang menjadi tanggungan subjek dan bisa menerima kompensasi, organisasi apa yang akan memberikan, dan dengan cara apa kompensasi itu diserahkan)

atau

Peneliti tidak menjamin apabila terjadi resiko pada subyek karena penelitian ini non intervensi dan tidak ada organisasi yang bertanggung jawab karena ini merupakan penelitian pribadi.

9. Hal tersebut di atas sesuai dengan -(tuliskan ada atau tidaknya jaminan hukum atas keharusan disediakan kompensasi bagi seorang warga negara yang mengalami cedera, kecacatan, atau kematian ketika menjadi subjek penelitian).

atau

Penelitian ini tidak melibatkan unsure-unsur yang membahayakan kepada individu/subyek sehingga tidak ada jaminan hukum untuk hal tersebut

10. Penelitian ini telah mendapat persetujuan laik etik dari -(tuliskan sesuai nama KEPK yang memberikan surat laik etik).
11. Anda akan diberikan informasi apabila terjadi pelanggaran pelaksanaan protokol penelitian ini; dan jika terjadi pelanggaran, maka ketua peneliti akan -(tuliskan bagaimana keamanan dan kesejahteraan subjek akan dijamin).
12. Anda akan mendapatkan penjelasan tentang rancangan penelitian dan perlakuan yang akan dilakukan hingga penelitian selesai.

atau

Anda akan diberi tahu bagaimana prosedur penelitian ini berlangsung dari awal sampai selesai penelitian termasuk cara pengisian kuisisioner.

13. Semua informasi penting akan diungkapkan selama penelitian berlangsung dan anda berhak untuk menarik data/informasi selama penelitian berlangsung
14. Hasil tes genetik dan informasi genetik keluarga akan disimpan kerahasiaannya oleh peneliti, tidak akan diungkapkan kecuali atas ijin anda.

atau

Penelitian ini hanya observasional menggunakan instrument kuisisioner tidak menggunakan hasil tes genetik dan informasi genetik keluarga.

15. Penelitian akan menggunakan catatan rekam medis dan hasil laboratorium anda hanya bila anda memberikan ijin.

atau

Penelitian ini hanya observasional menggunakan instrument kuisisioner, tidak menggunakan catatan medis dan hasil laboratorium perawatan klinis milik anda.

16. Penelitian ini menggunakan sampel -(darah, sputum atau spesimen lain) milik anda. Peneliti hanya akan menggunakan sampel tersebut sesuai tujuan penelitian ini dan bila ada sisa sampel akan dilakukan pemusnahan agar tidak disalahgunakan.

atau

Penelitian ini tidak menggunakan catatan medis dan hasil laboratorium perawatan klinis milik anda, sehingga tidak diperlukan pengumpulan, penyimpanan, dan penggunaan bahan biologi.

17. Penelitian ini melibatkan anda (wanita usia subur) dan anda berhak mengikuti terus penelitian ini atau mengundurkan diri bila terjadi - (sesuai risiko penelitian).

atau

Penelitian ini hanya observasional menggunakan instrument kuisisioner, semua responden mendapat perlakuan yang sama dan apabila ada yang membutuhkan tentang informasi tentang kesehatan akan dijelaskan oleh peneliti, termasuk bila ada wanita usia subur.

18. Penelitian ini melibatkan anda (wanita hamil/menyusui) dan anda berhak mengikuti terus penelitian ini atau mengundurkan diri bila terjadi -(sesuai risiko penelitian).

atau

Penelitian ini hanya observasional menggunakan instrument kuisisioner, semua responden mendapat perlakuan yang sama dan apabila ada yang membutuhkan tentang informasi tentang kesehatan akan dijelaskan oleh peneliti, termasuk bila ada wanita hamil/menyusui

19. Penelitian melibatkan anda sebagai korban bencana untuk tujuan penelitian dan tidak berhubungan dengan bantuan kemanusiaan yang mungkin akan diberikan pihak lain.

atau

Penelitian ini hanya observasional menggunakan instrument kuisisioner, semua responden mendapat perlakuan yang sama dan apabila ada yang membutuhkan tentang informasi tentang kesehatan akan dijelaskan oleh peneliti, termasuk disitu bila ada individu yang pernah mengalami atau menjadi korban bencana.

20. Penelitian ini dilakukan secara online dengan bantuan aplikasi - (sesuai protokol penelitian). Peneliti akan menggunakan password tertentu (atau metode lain) untuk mencegah kebocoran data anda.

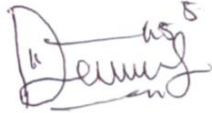
atau

Penelitian ini tidak dilakukan secara online dan tidak menggunakan alat online atau digital.

Saya berharap Saudara bersedia untuk menjadi responden dalam penelitian ini dimana saudara akan melakukan pengisian kuesioner yang terkait dengan penelitian. Setelah Saudara membaca maksud dan tujuan penelitian diatas maka saya mohon untuk mengisi nama dan tanda tangan dibawah ini.

Saya setuju untuk ikut serta dalam penelitian ini.

Nama : Putri Dewi Earlyta Simbolon

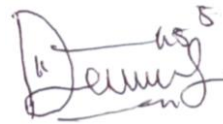
Tanda tangan : 

Terimakasih atas kesediaan anda untuk ikut serta di dalam penelitian ini.

Dengan Hormat :

Saksi

Peneliti



Putri Dewi Earlyta Simbolon

Lampiran 8 .

LEMBAR BIMBINGAN

KEMENTERIAN KESEHATAN POLITEKNIK KESEHATAN MEDAN

JURUSAN KESEHATAN LINGKUNGAN PRODI SARJANA TERAPAN SANITASI LINGKUNGAN
TA 2024/2025

LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : PUTRI DEWI EARLYTA SIMBOLONI
NIM : P00933221045
Dosen Pembimbing : ERISA KALITO MANUE SKM.MSc.
Judul Skripsi :

Pertemuan Ke	Hari/ Tanggal	Materi Bimbingan
1.	senin, 20-01-2025	Konsultasi Judul, Skripsi
2.	Jumat, 24-01-2025	Konsultasi BAB I
3.	Jumat, 31-01-2025	Konsultasi BAB II
4.	Senin, 05-02-2025	Konsultasi BAB III
5.	Jumat, 07-02-2025	Konsultasi BAB III
6.	Selasa, 10-02-2025	Perubahan Judul
7.	Selasa, 25-03-2025	Konsultasi BAB II/III
8.	senin, 5/5-2025	Acc Usian Proposal
9.	Jumat, 13/6-2025	Konsultasi Perbaikan Revisi
10.	Kamis, 26/6-2025	Acc Penentuan
11.	Jumat, 27/6-2025	Perbaikan Revisi Pembahasan
12.	Sabtu, 28/6-2025	Perbaikan Revisi Pembahasan
13.	senin, 30/6-2025	Konsul Hasil Penentuan
14.	Rabu, 02/07-2025	Penyusunan lengkap
15.	Jumat, 04/07-2025	Acc Usian Skripsi

Ketua Jurusan Kesehatan Lingkungan
Kemenkes Poltekkes Medan,


HAESTI SEMBIRING SST, MSc
NIP. 197206181997032003

Lampiran 9.

LEMBAR REVISI

LEMBAR PERBAIKAN HASIL SIDANG SKRIPSI
MAHASISWA PRODI SARJANA TERAPAN SANITASI LINGKUNGAN
KEMENKES POLTEKKES MEDAN
TAHUN AJARAN 2024/2025

Nama : Putri Dewi Eanyita Simbolon
NIM : 200953220095

	Hal Yang Disarankan Perbaikan	Disposisi
Pembimbing Erba.	- Teknis penulisan diperbaiki. - Abstrak : jumlah kesehatan lingkungan	
Penguji I Nelson	- Latar belakang ditambahkan jumlah kotoran sapi dan sampah di Sa Sayura yg dibersihkan per hari. - Campuran kotoran dan sampah yg paling efektif - Pembahasan.	25/7-25
Penguji II Helfi	- Teknis Penulisan diperbaiki - Abstrak isinya diperbaiki - Observasi peneliti (gambar 6 reaktor) - Pembahasan : hasil penelitian dibahas - Hasil penelitian sesuai dengan Tujuan penelitian dibahas - Kesimpulan diperbaiki - Saran	

Kabupaten, 16 July 2025
Ketua Jurusan Kesehatan Lingkungan
Kemenkes Poltekkes Medan

Haesti Sembiring, SST, M.Sc
NIP. 197206181997032003

Lampiran 10 .

ETHICAL EXEMPTION



Kementerian Kesehatan
Poltekkes Medan
Komisi Etik Penelitian Kesehatan
Jalan Jamin Ginting KM. 13,5
Medan, Sumatera Utara 20137
(061) 8368633
<https://poltekkes-medan.ac.id>

KETERANGAN LAYAK ETIK
DESCRIPTION OF ETHICAL EXEMPTION
"ETHICAL EXEMPTION"

No.01.26.1982/KEPK/POLTEKKES KEMENKES MEDAN 2025

Protokol penelitian versi 1 yang diusulkan oleh :
The research protocol proposed by

Peneliti utama : PUTRI DEWY EARLYTA SIMBOLON
Principal In Investigator

Nama Institusi : KEMENKES POLTEKKES MEDAN
Name of the Institution

Dengan judul:
Title
"Pengaruh variasi campuran kotoran sapi dan sampah sayuran terhadap produksi biogas di kecamatan ujung Padang kabupaten Simalungun"

"The Effect of Variations in the Mixture of Cow Manure and Vegetable Waste on Biogas Production in Ujung Padang District, Simalungun Regency." Apa artinya"

Dinyatakan layak etik sesuai 7 (tujuh) Standar WHO 2011, yaitu 1) Nilai Sosial, 2) Nilai Ilmiah, 3) Pemerataan Beban dan Manfaat, 4) Risiko, 5) Bujukan/Eksploitasi, 6) Kerahasiaan dan Privacy, dan 7) Persetujuan Setelah Penjelasan, yang merujuk pada Pedoman CIOMS 2016. Hal ini seperti yang ditunjukkan oleh terpenuhinya indikator setiap standar.

Declared to be ethically appropriate in accordance to 7 (seven) WHO 2011 Standards, 1) Social Values, 2) Scientific Values, 3) Equitable Assessment and Benefits, 4) Risks, 5) Persuasion/Exploitation, 6) Confidentiality and Privacy, and 7) Informed Consent, referring to the 2016 CIOMS Guidelines. This is as indicated by the fulfillment of the indicators of each standard.

Pernyataan Laik Etik ini berlaku selama kurun waktu tanggal 04 September 2025 sampai dengan tanggal 04 September 2026.

This declaration of ethics applies during the period September 04, 2025 until September 04, 2026.



September 04, 2025
Chairperson,

Dr. Lestari Rahmah, MKT