

Perencanaan Sistem Pengelolaan Limbah Kandang Ternak di Permukiman Padat untuk Mengurangi Beban Pencemaran Sungai: Studi Kasus pada Kandang Transit UD. Segar Farm, Yogyakarta

Silvy Alfa Salamah* dan Satoto Endar Nayono

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta 55281, Indonesia

Kata Kunci:

Biogas
Fixed Dome
Limbah Ternak
Pengelolaan Limbah
Sungai Winongo

Keywords:

Biogas
Fixed Dome
Waste Management
Winongo River

ABSTRAK

Pencemaran sungai akibat limbah peternakan merupakan isu lingkungan krusial, terutama di permukiman padat. Di UD. Segar Farm, limbah kotoran sapi dibuang langsung ke Sungai Winongo tanpa pengelolaan sehingga menurunkan kualitas air dan membahayakan kesehatan masyarakat sekitar. Penelitian ini bertujuan untuk: (1) Mengetahui pengaruh limbah kotoran sapi yang langsung dibuang ke sungai terhadap kualitas air sungai; (2) Mengetahui pemanfaatan biogas dalam membuka peluang ekonomi tambahan bagi masyarakat sekitar; (3) Mendesain dan merekomendasikan biogas yang efektif dan dapat diterapkan di UD. Segar Farm dilihat dari aspek teknis, sosial, dan ekonomi. Penelitian ini menggunakan metode survei, wawancara, serta pengambilan sampel air limbah sebelum dan sesudah tercampur air Sungai Winongo. Sampel diuji di dua laboratorium, yaitu BBLabkesmas Yogyakarta dan Laboratorium Kualitas Lingkungan Universitas Islam Indonesia untuk mengukur parameter BOD, COD, TSS, TDS, pH, amonia, dan sulfida. Data dianalisis menggunakan metode indeks pencemaran (IP) dan perhitungan dengan mempertimbangkan aspek teknis, ekonomi, dan social. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar parameter kualitas air sungai tidak memenuhi baku mutu kelas II PP No. 22 Tahun 2021 dengan status mutu air cemar ringan. Dari tiga alternatif tipe biogas, yaitu tipe *fixed dome*, *floating drum*, dan *balloon*, biogas tipe *fixed dome* berkapasitas 8 m³ dengan diameter sebesar 3 m dan tinggi sebesar 1,5 m dipilih sebagai alternatif terbaik karena konstruksinya yang permanen dan terbuat dari material beton sehingga menjadikannya lebih tahan lama, kokoh, stabil, dan minim perawatan. Selain mengurangi pencemaran, biogas juga menghasilkan potensi pendapatan tambahan sebesar Rp24.090.000,00 per tahun sehingga layak diterapkan di permukiman padat secara berkelanjutan.

ABSTRACT

Livestock waste induced river pollution remains a critical environmental concern, particularly in densely populated residential areas. In the case of UD. Segar Farm, untreated cattle manure is directly discharged into the Winongo River, resulting in the degradation of water quality and posing significant health risks to the surrounding population. This study aims to: (1) Examine the impact of untreated cattle manure discharged directly into the river on water quality; (2) Assess the potential of biogas utilization to create additional economic opportunities for the local community; and (3) Design and recommend an effective biogas system for UD Segar Farm, considering technical, social, and economic perspectives. The study employed field surveys, interviews, and wastewater sampling before and after mixing with the Winongo River. Samples were analyzed at two laboratories, BBLabkesmas Yogyakarta and the Environmental Quality Laboratory at the Islamic University of Indonesia, focusing on parameters such as BOD, COD, TSS, TDS, pH, ammonia, and sulfide. Data analysis involved the Pollution Index (IP) method and biodigester capacity calculations, integrating technical, economic, and social considerations to determine the optimal solution. Results show that most water quality parameters exceed Class II standards (PP No. 22 of 2021), with the river classified as lightly polluted. Among the three biogas system alternatives—fixed dome, floating drum, and balloon—the fixed dome system with an 8 m³ capacity, 3 m diameter, and 1.5 m height was selected for its durability, stability, and low maintenance. Besides reducing pollution, this system offers an estimated additional income of IDR 24,090,000.00 per year, making it well-suited for sustainable application in high-density residential areas.



This is an open access article under the [CC-BY](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) license.

1. Pendahuluan

Sebagai salah satu kota dengan kepadatan penduduk tinggi, Yogyakarta memiliki perkembangan wilayah yang cepat dan memicu semakin banyaknya alih fungsi lahan untuk infrastruktur dan kegiatan ekonomi, termasuk peternakan. Hal ini menyebabkan konflik antara kebutuhan akan produk peternakan dan kualitas hidup masyarakat yang terpengaruh oleh pencemaran. Dalam konteks ini, UD. Segar Farm, sebuah kandang transit sapi yang terletak di permukiman padat penduduk di Pakuncen, Wirobrajan, Kota Yogyakarta, menjadi salah satu contoh tempat yang terpengaruh oleh situasi tersebut. Kandang transit ini sudah beroperasi sejak tahun 1970 dan berfungsi sebagai tempat penampungan sapi sementara sebelum dikirim ke rumah potong hewan (RPH) atau ke lokasi lain. Rata-rata jumlah sapi yang ditampung di tempat ini sekitar 30 ekor sapi, terdiri dari 10-15 sapi yang dipelihara dan sisanya hanya transit untuk dijual kembali. Dengan jumlah sapi dan aktivitas yang cukup banyak dilakukan di tempat tersebut, dihasilkan limbah dalam jumlah besar, meliputi kotoran sapi, sisa pakan ternak, sisa minuman ternak, dan air sisa pembersihan kandang [1].



Gambar 1. Limbah yang Dibuang ke Sungai

Di Indonesia, air limbah pada umumnya langsung dibuang ke badan sungai tanpa dilakukan pengelolaan (*treatment*) terlebih dahulu [2]. Hal ini sejalan dengan temuan dari hasil survei dan wawancara yang menunjukkan bahwa

limbah dari aktivitas kandang transit UD. Segar Farm dibuang langsung ke Sungai Winongo tanpa melalui tahapan pengelolaan sebelumnya. Hal tersebut menimbulkan bau tidak sedap yang mengganggu kenyamanan masyarakat sekitar. Limbah yang dibuang langsung ke sungai dapat mencemari air dan merusak ekosistem perairan. Selain itu, kurangnya pengelolaan dan pembuangan limbah yang memadai juga dapat menyebabkan penyakit hingga angka kematian yang tinggi [3].

Sungai Winongo berada pada urutan pertama sungai paling tercemar di Kota Yogyakarta dengan nilai indeks pencemaran (IP) sebesar 8,84 yang termasuk pada kategori cemar sedang [4]. Kondisi ini mencerminkan bahwa sejumlah parameter kualitas air tidak memenuhi baku mutu, di antaranya COD (*chemical oxygen demand*), BOD (*biochemical oxygen demand*), sulfida, dan amonia. Parameter-parameter tersebut diduga berasal dari berbagai sumber, seperti limbah domestik, kegiatan pertanian, serta usaha peternakan. Oleh karena itu, diperlukan sistem pengelolaan limbah yang efektif agar limbah yang dibuang setidaknya tidak membebani sungai dan telah memenuhi persyaratan baku mutu.

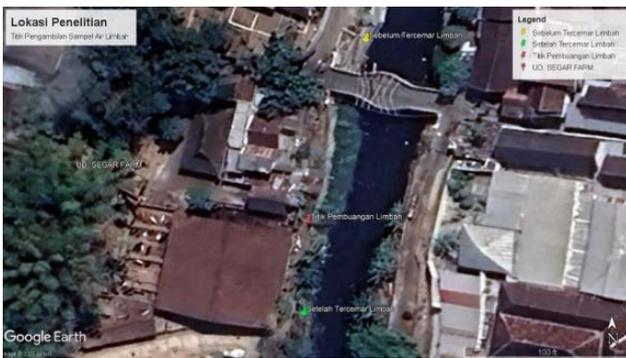
Salah satu solusi pengelolaan limbah di UD. Segar Farm adalah dengan dibuat biogas menggunakan digester yang bekerja secara anaerobik dengan menambahkan mikroorganisme sebagai pemicunya [5]. Pemilihan sistem pengelolaan limbah pada perencanaan ini perlu mempertimbangkan aspek teknis, ekonomi, dan sosial agar dapat diimplementasikan secara efektif. Aspek teknis berfokus pada kualitas awal air limbah, kriteria desain, kapasitas biodigester, ketersediaan bahan baku, serta kelebihan dan kekurangan pada setiap unit pengelolaan yang dipilih. Aspek ekonomi yang diperhitungkan, meliputi rencana anggaran biaya (RAB), potensi ekonomi tambahan, dan analisis kelayakan ekonomi. Sedangkan, aspek sosial mempertimbangkan mengenai dampak dan keterlibatan masyarakat serta kesadaran akan lingkungan terkait pentingnya pengelolaan limbah yang baik serta kontribusi terhadap keberlanjutan lingkungan.

Dengan mempertimbangkan ketiga aspek tersebut, perencanaan dan pemilihan jenis sistem pengelolaan limbah dapat dilakukan dengan lebih efektif dan efisien. Beragam aktivitas harian, mulai dari minum, memasak, mencuci, mandi, hingga keperluan lainnya, sangat bergantung pada ketersediaan air [6]. Oleh karena itu, menjaga kualitas air menjadi kebutuhan yang sangat penting, terutama di kawasan padat penduduk seperti Yogyakarta, di mana tekanan terhadap sumber daya air semakin besar akibat aktivitas domestik, pertanian, dan

peternakan. Upaya pengelolaan limbah yang baik dari sektor peternakan, seperti yang direncanakan di UD. Segar Farm, diharapkan dapat berkontribusi secara signifikan dalam memperbaiki kualitas air sungai dan mendukung keberlanjutan lingkungan hidup masyarakat sekitarnya.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui survei, wawancara, dan pengambilan sampel di lapangan sebelum dilakukan perencanaan pengelolaan limbah. Pengambilan sampel limbah air ternak dilakukan pada hari Kamis, 28 November 2024 Pukul 09.00 WIB. Penentuan waktu tersebut ditentukan berdasarkan jam puncak aktivitas di UD. Segar Farm, yaitu saat sapi-sapi dimandikan dan dilakukan pembersihan kandang. Pengambilan sampel dilakukan di dua titik aliran Sungai Winongo yang berada di belakang kandang transit, yaitu sampel pertama pada jarak ±100 m sebelum tercemar limbah ternak dan sampel kedua pada jarak ±100 m setelah tercemar limbah ternak.



Gambar 2. Lokasi Penelitian

Sampel air sungai sebelum dan sesudah tercampur limbah diambil menggunakan ember, lalu dituang ke dalam botol jerigen dengan kapasitas 1 liter dan 2 liter. Sampel lalu diuji di dua laboratorium, yaitu Balai Besar Laboratorium Kesehatan Masyarakat Yogyakarta (BBLabkesmas Yogyakarta) dan Laboratorium Kualitas Lingkungan Universitas Islam Indonesia.



Gambar 3. Pengambilan Sampel

Hasil sampel yang telah diuji, lalu dianalisis berdasarkan PP No. 22 Tahun 2021 dengan memperhatikan baku mutu air kelas II dan parameter, seperti BOD, COD, TSS, TDS, Sulfida (H₂S), amonia (NH₃), dan pH serta dianalisis validitas datanya [7]. Jika hasilnya konsisten atau memiliki selisih dalam batas wajar, maka data dianggap valid dan reliabel. Jika ada perbedaan signifikan, maka dilakukan analisis untuk mengetahui sumber perbedaan, waktu pengambilan, prosedur pengujian, atau faktor teknis lainnya. Data yang dianggap lebih valid dianalisis status mutunya berdasarkan Indeks Pencemaran (IP) dari Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air [8]. IP dihitung dengan rumus:

$$IP_j = \sqrt{\frac{\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)^2_M + \left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)^2_R}{2}}$$

Dimana *C_i* adalah konsentrasi parameter kualitas air ke-*i*, *L_{ij}* adalah konsentrasi parameter kualitas air-*i* yang dicantumkan dalam baku mutu peruntukan air-*j*, *M* adalah nilai maksimum dari *C_i/L_{ij}*, dan *R* adalah nilai rata-rata dari *C_i/L_{ij}*.

Setelah data terkumpul, dilakukan analisis dengan merencanakan dan memilih salah satu pengelolaan yang sesuai untuk kegiatan kandang transit berdasarkan analisis multikriteria dan skoring. Perencanaan tersebut mempertimbangkan beberapa faktor, seperti karakteristik limbah, analisis secara teknis, sosial, dan ekonomi.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Kualitas Air Sungai Sebelum dan Sesudah Tercampur Air Limbah

Tabel 1 merupakan hasil uji laboratorium dari sampel air sungai yang diambil sebelum dan sesudah tercampur air limbah.

Tabel 1. Kualitas Air Sungai Sebelum Tercampur Limbah

Sampel	Parameter	Hasil	Satuan	PP No. 22 Tahun 2021 (Kelas II)
1	BOD	4,9	mg/L	3
	COD	16,9	mg/L	25
	TSS	4	mg/L	50
	TDS	155	mg/L	1000
	Sulfida	0,0043	mg/L	0,002
	Amonia Total	0,2014	mg/L	0,2
	pH	7,6	-	6-9
2	BOD	24,5	mg/L	3
	COD	56,2	mg/L	25

Sampel	Parameter	Hasil	Satuan	PP No. 22 Tahun 2021 (Kelas II)
	TSS	2	mg/L	50
	TDS	260	mg/L	1000
	Sulfida	0,01	mg/L	0,002
	Amonia	0,04	mg/L	0,2
	Total			
	pH	7,65	-	6-9

Tabel 1 menunjukkan bahwa kualitas air sungai sebelum tercemar tergolong baik karena masih memenuhi baku mutu PP No. 22 Tahun 2021 (Kelas II). Namun, terdapat perbedaan signifikan antar hasil, misalnya nilai BOD laboratorium pertama 4,9 mg/L, sedangkan laboratorium kedua 24,5 mg/L untuk sampel yang sama. Selisih ini mencerminkan ketidakkonsistenan yang sulit dijustifikasi secara ilmiah, terutama jika metode dan titik sampel diasumsikan serupa. Ketidaksesuaian ini bisa dipengaruhi oleh perbedaan metode, waktu pengambilan dan pengujian, atau penyimpanan sampel.

Tabel 2. Kualitas Air Sungai Sesudah Tercampur Limbah

Sampel	Parameter	Hasil	Satuan	PP No. 22 Tahun 2021 (Kelas II)
1	BOD	8,6	mg/L	3
	COD	36,1	mg/L	25
	TSS	31	mg/L	50
	TDS	160	mg/L	1000
	Sulfida	0,0043	mg/L	0,002
	Amonia	0,8211	mg/L	0,2
	Total			
	pH	7,7	-	6-9
2	BOD	21,1	mg/L	3
	COD	49	mg/L	25
	TSS	256	mg/L	50
	TDS	344	mg/L	1000
	Sulfida	0,01	mg/L	0,002
	Amonia	1,63	mg/L	0,2
	Total			
	pH	7,32	-	6-9

Tabel 7 menunjukkan peningkatan konsentrasi beberapa parameter setelah pencampuran limbah kandang. Pada sampel 1, BOD naik dari 4,9 menjadi 8,6 mg/L dan COD dari 16,9 menjadi 36,1 mg/L. Ini menunjukkan adanya kontribusi pencemaran dari limbah kandang sapi. Sebaliknya, pada sampel 2 terjadi penurunan BOD dari 24,5 menjadi 21,1 mg/L dan COD dari 56,2 menjadi 49 mg/L. Hal tersebut menimbulkan keraguan terhadap validitas data karena secara ilmiah limbah organik seharusnya meningkatkan beban pencemar. Hal ini mengindikasikan kemungkinan kesalahan teknis atau faktor lapangan yang tidak terpantau. Dari dua hasil

laboratorium, data sampel 1 dari BBLabkesmas lebih konsisten dengan logika pencemaran dan dianggap lebih valid.

3.2. Analisis Status Mutu Air

Berdasarkan data hasil uji laboratorium kualitas air sungai di titik sebelum dan sesudah tercampur limbah, dapat dianalisis status mutu airnya menggunakan metode indeks pencemaran (IP) dengan hasil seperti Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan IP Sebelum Tercampur Limbah

Parameter	Cij	Lij	Satuan	Cij/Lij	(Cij/Lij) baru
BOD	4,9	3	mg/L	1,633	2,065
COD	16,9	25	mg/L	0,676	0,676
TSS	4	50	mg/L	0,080	0,080
TDS	155	1000	mg/L	0,155	0,155
Sulfida	0,004	0,002	mg/L	2,150	2,662
Amonia	0,2	0,2	mg/L	1,007	1,015
Total					
pH	7,6	6-9	-	1,013	1,029
Jumlah					7,682
Max					2,662
Rata-rata					1,097
Pij					1,44

Dari Tabel 3, diperoleh hasil Pij sebesar 1,44 yang diketahui bahwa status mutu air sungai termasuk dalam kategori cemar ringan.

Tabel 4. Hasil Perhitungan IP Sesudah Tercampur Limbah

Parameter	Cij	Lij	Satuan	Cij/Lij	(Cij/Lij) baru
BOD	8,6	3	mg/L	2,867	3,287
COD	36,1	25	mg/L	1,444	1,798
TSS	31	50	mg/L	0,620	0,620
TDS	160	1000	mg/L	0,160	0,160
Sulfida	0,0043	0,002	mg/L	2,150	2,662
Amonia	0,8211	0,2	mg/L	4,106	4,067
Total					
pH	7,7	6-9	-	1,027	1,057
Jumlah					13,651
Max					4,067
Rata-rata					1,950
Pij					2,26

Dari Tabel 4 diperoleh angka Pij sebesar 2,26 yang diketahui bahwa status mutu air sungai termasuk dalam kategori cemar ringan dan terdapat pengaruh peningkatan angka IP akibat dari air limbah kotoran sapi yang dibuang ke sungai.

3.3 Alternatif Metode Pengelolaan Limbah

3.3.1 Aspek Teknis

Berikut data-data yang telah diketahui dan perhitungan perencanaan biogas secara teknis:

1. Jumlah kotoran sapi (M)

$$M = \text{Jumlah sapi} \times \text{jumlah kotoran sapi}$$

$$= 15 \times 10$$

$$= 150 \text{ kg/hari}$$

2. Menghitung total solids (TS)

$$\text{TS harian} = M \times \text{TS}$$

$$= 150 \text{ kg/hari} \times 20\%$$

$$= 30 \text{ kg TS/hari}$$

3. Menghitung volatile solids (VS)

$$\text{VS harian} = 75\% \times \text{TS harian}$$

$$= 75\% \times 30 \text{ kg TS/hari}$$

$$= 22,5 \text{ kg VS/hari}$$

4. Volume biodigester (Vd)

$$V_f = \frac{M}{\rho} = \frac{150}{1000} = 0,15 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$V_d = V_f \times \text{HRT} = 0,15 \times 30 = 4,5 \text{ m}^3$$

5. Menghitung organic loading rate (OLR)

$$\text{OLR} = \frac{\text{VS harian}}{V_d} = \frac{22,5}{4,5} = 5 \text{ m}^3/\text{hari}$$

OLR seharusnya berada pada kisaran 1,6-3,2 kg VS/m³/hari, maka perlu dihitung kembali volume digester baru sebagai berikut:

$$V_d \text{ baru} = \frac{\text{VS harian}}{\text{OLR}} = \frac{22,5}{3,2} = 7,031 \text{ m}^3 \approx 8 \text{ m}^3$$

6. Menghitung dimensi

(a) Fixed Domed Digester

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

$$h = 1 \text{ m}$$

$$r = \sqrt{\frac{V_d}{\pi \cdot h}} = \sqrt{\frac{8}{\pi \cdot 1}} = 1,5 \text{ m}$$

(b) Floating Drum Digester

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

$$h = 2,5 \text{ m}$$

$$r = \sqrt{\frac{V_d}{\pi \cdot h}} = \sqrt{\frac{8}{\pi \cdot 2,5}} = 0,9 \text{ m}$$

(c) Balloon Digester

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

$$h = 4 \text{ m}$$

$$r = \sqrt{\frac{V_d}{\pi \cdot h}} = \sqrt{\frac{8}{\pi \cdot 4}} = 0,7 \text{ m}$$

7. Freeboard

(a) Fixed Domed Digester

$$\text{Freeboard} = 15\% \times h$$

$$= 15\% \times 1$$

$$= 0,150 \text{ m}$$

(b) Floating Drum Digester

$$\text{Freeboard} = 15\% \times h$$

$$= 15\% \times 2,5$$

$$= 0,375 \text{ m}$$

(c) Balloon Digester

$$\text{Freeboard} = 15\% \times r$$

$$= 15\% \times 0,7$$

$$= 0,115 \text{ m}$$

8. Jumlah slurry

$$m_{\text{slurry}} = 10^3 \times \frac{V}{\text{HRT}} = 10^3 \times \frac{8}{30} = 234,38 \text{ liter/hari}$$

9. Jumlah Biogas yang Dihasilkan (G)

$$G = \text{produksi biogas untuk kotoran sapi} \times \text{jumlah kotoran sapi} \times 1 \text{ hari}/24 \text{ jam}$$

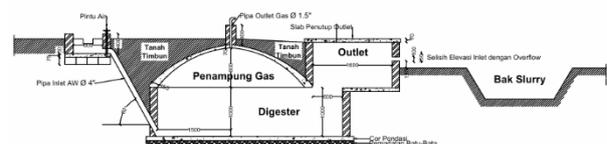
$$= 0,038 \times 150 \times 1/24$$

$$= 0,238 \text{ m}^3/\text{jam}$$

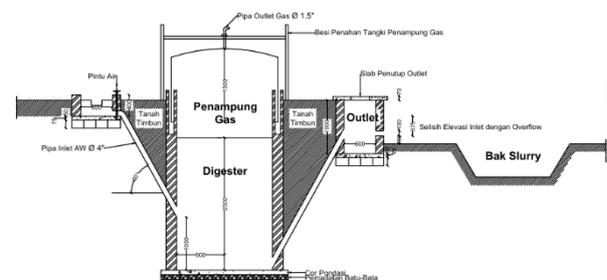
Maka, gas yang didapat dalam 1 hari = G x 24 jam

$$= 0,238 \times 24 = 5,70 \text{ m}^3$$

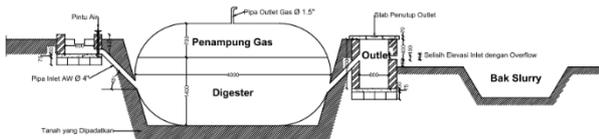
Desain dari ketiga jenis biogas setelah diketahui dimensinya disajikan dalam Gambar 4-6.



Gambar 4. Desain Fixed Dome Digester



Gambar 5. Desain Floating Drum Digester



Gambar 6. Desain Balloon Digester

3.3.2 Aspek Sosial

Berdasarkan hasil wawancara dengan masyarakat di sekitar kandang ternak UD. Segar Farm, tingkat penerimaan terhadap rencana penerapan teknologi biogas tergolong tinggi. Masyarakat memandang teknologi ini sebagai solusi energi alternatif yang ramah lingkungan dan ekonomis, sekaligus mampu mengatasi persoalan pencemaran air dan udara akibat limbah kandang. Mereka juga menyadari bahwa penggunaan biogas dapat mengurangi bau tidak sedap, memperbaiki kualitas air sungai, serta menekan risiko penyakit berbasis air, sehingga berpotensi mengurangi konflik lingkungan dengan pemilik kandang.

Sementara itu, pemilik kandang bersikap pasif, tetapi terbuka terhadap rencana implementasi biogas, dengan syarat ada keterlibatan pihak ketiga seperti LSM, universitas, atau pemerintah. Keterbatasan pengetahuan teknis dan padatnya aktivitas harian menjadi alasan utama. Agar pemilik lebih termotivasi mengolah limbah sebelum membuangnya ke sungai, dibutuhkan insentif berupa subsidi pembangunan, pelatihan teknis, atau skema kerja sama berbasis bagi hasil. Dukungan teknis dan finansial dari pemerintah atau mitra swasta dinilai penting untuk memastikan keberlanjutan sistem biogas.

3.3.3 Aspek Ekonomi

1. Perhitungan Biaya Biogas

Rekap perhitungan biaya untuk masing-masing tiga tipe sistem biogas disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Rekap Biaya Biogas

Jenis Biogas	Fixed Dome	Floating Drum	Balloon
Biaya Modal			
Modal Awal	18.601.952	14.896.473	17.391.872
Modal Tambahan	2.550.000	2.550.000	2.550.000
Total	21.151.952	17.446.473	19.941.872
Biaya Perawatan			
%Perawatan/Tahun	3%	5%	6%
Total	634.559	872.324	1.196.512
Biaya Operasional			
Total	Rp26.026.511	Rp22.558.797	Rp25.378.384

2. Potensi Ekonomi Tambahan

Biogas dari limbah organik seperti kotoran hewan dan sisa makanan dipandang sebagai alternatif bahan bakar fosil karena biaya produksinya rendah, ramah lingkungan, dan mudah dikendalikan [9] [10]. Setiap 1 m³ biogas setara dengan 0,46 kg LPG sehingga produksi 5,70 m³/hari dapat menggantikan sekitar satu tabung LPG 3 kg per hari [11]. Dengan harga gas elpiji Rp18.000,00 per tabung, masyarakat berpotensi menghemat hingga Rp6.570.000,00 per tahun, memperlihatkan nilai ekonomi biogas yang signifikan dalam mendukung kesejahteraan masyarakat [12] [13] [14].

Selain menggantikan LPG, produk sampingan berupa bio-slurry dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik berkualitas tinggi. Dengan asumsi 40% dari berat input kotoran menjadi sludge, maka dari 150 kg kotoran per hari akan dihasilkan 60 kg bio-slurry yang bernilai Rp48.000,00 per hari atau Rp17.520.000,00 per tahun. Jika digabungkan, total potensi ekonomi dari pemanfaatan biogas dan bio-slurry mencapai Rp24.090.000,00 per tahun.

3. Analisis Kelayakan Ekonomi

Analisis kelayakan ekonomi menggunakan pendekatan benefit cost ratio (B/C Ratio) membandingkan manfaat dengan biaya tahunan, dan dinyatakan layak jika $B/C \geq 1$ [15]. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa floating drum digester memiliki B/C sebesar 1,07, artinya layak secara ekonomi. Sementara itu, fixed dome dan tubular digester masing-masing memiliki nilai B/C sebesar 0,93 dan 0,95, yang meskipun belum sepenuhnya layak, tetapi sudah mendekati nilai 1 sehingga berpotensi diterapkan dengan catatan efisiensi biaya, peningkatan manfaat, atau adanya subsidi.

3.4 Pemilihan Alternatif Pengelolaan Limbah

Dalam menentukan tipe biogas yang sesuai untuk diterapkan di UD. Segar Farm, dilakukan analisis multikriteria dan penilaian skor yang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Analisis Multikriteria dan Skoring Ketiga Tipe Biogas

Kriteria	Fixed Dome	Floating Drum	Balloon
Ketahanan dan Efisiensi Teknis	1,75	1,05	0,70
Biaya Ekonomi dan Umur	0,60	1,20	0,90
Kemudahan Operasional	0,45	0,60	0,75
Penerimaan Sosial dan Material	1,00	0,80	0,60
Total	3,80	3,65	2,95

Berdasarkan Tabel 6, biogas tipe fixed dome adalah alternatif terbaik untuk diterapkan di UD. Segar Farm, dengan nilai tertinggi 3,80. Hal ini didukung oleh kelebihan dan kekurangannya dari segi ketahanan teknis, biaya, kemudahan operasional, dan penerimaan sosial yang tinggi di lingkungan permukiman padat.

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan dalam perencanaan sistem pengelolaan limbah kandang ternak ini, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil uji laboratorium terhadap sampel air sungai yang tercampur dengan limbah kotoran sapi, didapatkan hasil bahwa dari tujuh parameter, meliputi pH, BOD, COD, TSS, TDS, Sulfida, dan Amonia sebagian besar tidak memenuhi baku mutu berdasarkan PP No. 22 Tahun 2021 Kelas II. Selain itu, terdapat peningkatan pencemaran yang terlihat dari perbandingan nilai parameter kualitas air sungai di titik sebelum tercampur limbah dan sesudah tercampur limbah. Temuan ini mengindikasikan bahwa pembuangan limbah kotoran sapi secara langsung ke badan air berpengaruh dalam mencemari lingkungan serta menimbulkan bau tidak sedap yang dapat mengganggu kenyamanan masyarakat di sekitarnya.
2. Biogas memiliki potensi ekonomi tambahan sebagai bahan bakar alternatif dan sisa hasil prosesnya (*sludge* atau *bio-slurry*) dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik berkualitas tinggi. Berdasarkan perhitungan kesetaraan biogas dengan LPG, penggunaan biogas dapat menghemat biaya sebesar Rp. 6.570.000,00 per tahun, sedangkan potensi pendapatan dari penjualan *sludge* atau *bio-slurry* mencapai Rp17.520.000,00 per tahun. Dengan demikian, didapatkan total potensi ekonomi tambahan dari pemanfaatan biogas dan *sludge* mencapai Rp24.090.000,00 per tahun.

Berdasarkan perhitungan perencanaan dan perbandingan metode pengelolaan limbah secara mendetail, didapatkan hasil bahwa biogas tipe *fixed domed* yang berkapasitas 8 m³ dengan diameter digester sebesar 3 m dan tinggi digester sebesar 1,5 m merupakan alternatif yang paling sesuai untuk diterapkan di kandang transit UD. Segar Farm, Yogyakarta. Tipe *fixed domed* mendapat nilai skoring yang lebih tinggi dibandingkan dengan tipe lainnya, yaitu sebesar 3,80 karena memiliki beberapa kelebihan terkait konstruksinya yang terbuat dari beton membuat ketahanan dan umur pakainya lebih panjang serta minim perawatan. Selain itu, tipe *fixed dome* mampu menyimpan gas dengan tekanan stabil sehingga lebih efisien dalam pemanfaatan energi

biogas. Meskipun biaya pembangunannya lebih tinggi, yaitu sebesar Rp26.026.51, tipe *fixed domed* lebih ekonomis dalam jangka panjang karena tidak memerlukan penggantian komponen seperti drum atau kantong plastik yang rentan rusak. Sementara itu, *floating drum* memiliki keunggulan dalam biaya awal yang lebih rendah, tetapi rentan terhadap korosi dan memiliki umur pakai lebih pendek. Sedangkan, tipe *balloon* menawarkan instalasi yang cepat, tetapi tidak tahan lama serta memerlukan perlindungan ekstra dari kerusakan fisik.

Daftar Rujukan

- [1] Junus, M., Akhiroh, P., & Putritamara, J. A. (2023). Pengelolaan limbah ternak (1 ed.). Universitas Brawijaya Press.
- [2] Mulyandari, H., & Asyifa, A. (2019). Uji kelayakan tanah pada perencanaan septic tank komunal di lahan berkontur permukiman bantaran sungai Kota Yogyakarta. *INERSIA*, 15(2), 23-30.
- [3] Nayono, S. E. (2010). Metode pengolahan air limbah alternatif untuk negara berkembang. *INERSIA*, 6(1), 52-64.
- [4] Dinas Lingkungan Hidup. (2024). Laporan hasil analisa pemantauan kualitas air 2023.
- [5] Amandasari, N., Ainun, S., & Hartati, E. (2016). Studi komparasi sistem pengelolaan sistem sampah dengan biodigester (Kelurahan Cibangkong dan Kelurahan Cilengkrang). *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 4(2), 74-85.
- [6] Kurniawan, A. P. & Sudiyono. (2014). Kapasitas daya dukung jaringan pipa air bersih dan ven gedung lembaga pengembangan dan penjaminan mutu pendidikan Universitas Negeri Yogyakarta. *INERSIA*, 10(2), 80-92.
- [7] Pemerintah Republik Indonesia. (2021). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021, tentang Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- [8] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2003). Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003, tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air.

- [9] Desromi, F., Putri, Y. E., Lindawati, L., Chimayati, R. L., & Hasmawaty, H. (2022). Organik sampah organik Desa Pandan Dulang Kecamatan Semidang Aji dengan teknologi biodigester. *Jurnal Nusantara Mengabdi*, 2(1), Article 1.
- [10] Sukmana, R. W., SP, M. P., & Muljatiningrum, A. (2023). Biogas dari limbah ternak. *Nuansa Cendekia*.
- [11] Wahyuni, S. (2013). *Panduan praktis biogas*. Penebar Swadaya Grup.
- [12] Anindita, A. Y., Nada, E. I., Sya'roni, M., Rikza, M., & Arafat, A. T. (2020). Pemberdayaan ekonomi masyarakat berbasis energi biogas skala rumah tangga dari kotoran sapi di Desa Selotumpeng Kecamatan Mirit Kabupaten Kebumen. *Buletin Abdi Masyarakat*, 1(1).
- [13] Fajriyanto, F., & Damayanti, S. I. (2014). Potensi kotoran sapi untuk memproduksi biogas pada kelompok ternak bibit sapi. *Seminar Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat 2014*, 1(1), 185–195.
- [14] Prayitno, H. T. (2015). Pemetaan potensi biogas dan pupuk dari kotoran sapi untuk mendukung wisata pamelo di Desa Bageng Kecamatan Gembong Kabupaten Pati. *Jurnal Litbang: Media Informasi Penelitian, Pengembangan Dan IPTEK*, 11(2), 103–112.
- [15] Ruminta, D. (2020). Analisis perbandingan perhitungan kelayakan finansial konvensional dan syariah. *Jurnal Ecodemica*, 4(1), 92-102.