

**ANALISIS KELAYAKAN INVESTASI PEMANFAATAN
LIMBAH KOTORAN SAPI MENJADI BIOGAS DAN PUPUK ORGANIK
(STUDI KASUS : KANDANG SAPI MILIK ARI SETYAWAN)**

Merki Aryanto; Mila Faila Sufa
Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Abstract

Inadequate management of cow manure waste can cause environmental pollution while reducing its economic potential. This study aims to analyze the potential production of biogas and organic fertilizer and evaluate the investment feasibility of cow manure utilization at Ari Setyawan's cattle trading business in Glonggong Hamlet, Nogosari District. Data were collected through observation, interviews, and literature review. The results indicate that 270 kg of cow manure per day can produce 8.1 m³ of biogas daily, supplying energy to approximately 16 households. In addition, the system generates 19 bags of solid organic fertilizer (5 kg each) and 758 bottles of liquid organic fertilizer (500 ml each) per day. The investment feasibility analysis over a 10-year planning horizon with a 10% discount rate shows an initial investment requirement of IDR 94,201,850 and annual operating costs of IDR 1,574,175,600. Financial evaluation results reveal a Net Present Value (NPV) of IDR 131,605,896.50, an Internal Rate of Return (IRR) of 39%, a Payback Period (PP) of 2.10 years, and a Benefit-Cost Ratio (BCR) of 1.0134. These findings indicate that the project is technically and financially feasible while supporting the implementation of a circular economy approach.

Keywords: *Biogas, Bio-slurry, Investment Feasibility, Cow Manure, Industrial Engineering.*

Abstrak

Pengelolaan limbah kotoran sapi yang kurang optimal dapat menimbulkan pencemaran lingkungan sekaligus kehilangan potensi nilai ekonomi. Penelitian ini bertujuan menganalisis potensi produksi biogas dan pupuk organik serta mengevaluasi kelayakan investasi pemanfaatan limbah kotoran sapi pada usaha jual beli sapi milik Bapak Ari Setyawan di Dukuh Glonggong, Kecamatan Nogosari. Data diperoleh melalui observasi, wawancara, dan studi literatur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 270 kg kotoran sapi per hari dapat menghasilkan 8,1 m³ biogas per hari yang mampu melayani 16 rumah tangga. Selain itu, dihasilkan 19 karung pupuk padat (5 kg) dan 758 botol pupuk organik cair (500 ml) per hari. Analisis kelayakan investasi selama 10 tahun dengan tingkat diskonto 10% menunjukkan kebutuhan investasi awal sebesar Rp94.201.850,00 dan biaya operasional tahunan sebesar Rp1.574.175.600,00. Hasil evaluasi finansial menunjukkan nilai NPV sebesar Rp131.605.896,50, IRR sebesar 39%, PP selama 2,10 tahun, dan BCR sebesar 1,0134. Hasil tersebut menunjukkan bahwa proyek pemanfaatan limbah kotoran sapi menjadi biogas dan pupuk organik layak secara teknis dan finansial serta mendukung penerapan konsep circular economy.

Kata Kunci: Biogas, Bio-slurry, Kelayakan Investasi, Kotoran Sapi, Teknik Industri.

1. PENDAHULUAN

Sektor peternakan sapi dan perdagangan ternak merupakan salah satu kegiatan ekonomi yang menghasilkan limbah organik secara terus-menerus. Limbah kotoran sapi yang tidak dikelola dengan baik dapat menimbulkan bau, mengganggu kebersihan lingkungan, serta berpotensi mencemari air dan tanah di sekitar kandang (Sa'id Umar Agung et al., 2025). Penumpukan limbah ternak juga dapat meningkatkan emisi gas rumah kaca karena dalam penguraianya menghasilkan gas metana (CH_4) dan Dinitrogen Oksida (N_2O) sehingga pengelolaannya perlu menjadi perhatian dalam aktivitas peternakan berkelanjutan (Fachrurizal, 2025).

Kotoran sapi tidak hanya dipandang sebagai sisa aktivitas ternak, tetapi juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku yang memiliki nilai tambah. Pemanfaatan limbah menjadi produk baru sejalan dengan konsep ekonomi sirkular, yaitu mengolah kembali sumber daya yang sebelumnya tidak termanfaatkan menjadi produk bernilai ekonomi (Setiawan & Ramadhani, 2026). Pengembangan usaha peternakan berbasis ekonomi sirkular juga dapat mendukung ketahanan pangan dan penerapan ekonomi hijau di Indonesia (Widiarta et al., 2025). Pengelolaan limbah ternak sapi berbasis ekonomi sirkular dapat mengurangi dampak lingkungan sekaligus mendukung pembangunan berkelanjutan melalui pemanfaatan kembali limbah menjadi produk bernilai guna (Latif, 2022).

Circular Economy (CE) merupakan pendekatan yang mengoptimalkan pemanfaatan kembali sumber daya untuk mengurangi limbah sekaligus meningkatkan nilai ekonomi. Pada penelitian ini, konsep tersebut diterapkan melalui pemanfaatan limbah kotoran sapi menjadi biogas dan pupuk organik (slurry). (Satriyono et al., 2024) Konsep Circular Economy diterapkan melalui pengolahan limbah kotoran sapi menjadi biogas dan pupuk organik (slurry), sehingga limbah memperoleh nilai tambah dan mendukung keberlanjutan usaha. (Munawir et al., 2023)

Salah satu bentuk pemanfaatan limbah kotoran sapi adalah melalui produksi biogas. Biogas merupakan gas yang dihasilkan dari penguraian bahan organik secara anaerob dan dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif untuk kebutuhan rumah tangga maupun operasional usaha. (Widodo et al., 2022) Pengolahan kotoran sapi bersama bahan organik lain juga dapat meningkatkan peluang terbentuknya biogas apabila komposisi bahan dan proses fermentasi dikendalikan dengan baik (Aziz & Azizah, 2025)

Produksi biogas dipengaruhi oleh jenis bahan baku, kadar air, komposisi campuran, suhu, pH, dan waktu tinggal bahan di dalam digester. Penambahan jerami pada bahan baku kotoran sapi dapat memengaruhi karakteristik gas yang dihasilkan selama proses pembentukan biogas (Barata et al., 2024). Penerapan pencernaan anaerob menggunakan kotoran sapi juga menunjukkan potensi yang baik dalam menghasilkan energi terbarukan apabila sistem pengolahannya dirancang secara tepat (Umairi et al., 2023)

Keberhasilan produksi biogas memerlukan rancangan instalasi yang sesuai dengan kapasitas bahan baku yang tersedia. Evaluasi terhadap digester biogas tipe kubah tetap menunjukkan bahwa desain reaktor dan pengelolaan operasional merupakan faktor penting dalam menjaga kinerja produksi gas (R. Patil & Kalbande, 2023) Integrasi antara

ketersediaan limbah, teknologi pengolahan, kebutuhan energi, dan pemanfaatan hasil samping perlu direncanakan sebagai satu sistem yang saling mendukung (Nahwani et al., 2024) Aktivitas mikroorganisme dalam proses penguraian bahan organik juga memengaruhi efektivitas degradasi limbah dan kualitas hasil pengolahan yang diperoleh (Zhou et al., 2023).

Selain menghasilkan biogas, proses fermentasi anaerob menghasilkan residu yang disebut *slurry*. *Slurry* masih mengandung unsur hara dan dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik untuk mendukung kesuburan tanah. Penggunaan *slurry* biogas sebagai substitusi sebagian pupuk kimia dapat mempertahankan hasil tanaman serta mendukung perbaikan kondisi tanah dan mikrobioma tanah (Han et al., 2025). Oleh sebab itu, pengolahan limbah kotoran sapi melalui biogas memberikan dua manfaat sekaligus, yaitu menghasilkan energi dan pupuk organik.

Potensi pemanfaatan limbah kotoran sapi menjadi biogas telah ditunjukkan oleh beberapa penelitian terdahulu. Kegiatan pemetaan potensi biogas pada kelompok tani menunjukkan bahwa limbah kotoran sapi dapat diolah menjadi biogas dan *slurry* melalui sistem yang terintegrasi (Apriandi et al., 2023a). Sosialisasi mengenai teknologi biogas juga diperlukan untuk meningkatkan pemahaman peternak terhadap manfaat pengelolaan limbah secara produktif dan ramah lingkungan (Apriandi et al., 2023b). Pemanfaatan biogas dari kotoran sapi bahkan berpotensi membantu memenuhi kebutuhan energi rumah tangga pada kelompok peternak (Putra et al., 2024)

Objek dalam penelitian ini adalah usaha jual beli sapi milik Bapak Ari Setyawan yang berlokasi di Dukuh Glonggong, Desa Glonggong, Kecamatan Nogosari. Usaha tersebut menampung sekitar 18 ekor sapi di kandang setiap hari. Sapi-sapi tersebut merupakan sapi potong yang dibawa ke pasar untuk kegiatan jual beli dan kemudian kembali ke kandang pada hari yang sama. Kondisi tersebut menyebabkan kotoran sapi dihasilkan secara rutin sehingga tersedia bahan baku yang cukup stabil untuk dimanfaatkan dalam proses produksi biogas. Ketersediaan kotoran sapi yang stabil setiap hari sangat ideal untuk diolah menggunakan digester, guna mengubah limbah peternakan tersebut menjadi energi biogas dan pupuk organik secara efektif.

Saat ini, kotoran sapi masih dikelola secara sederhana dan belum dimanfaatkan secara optimal. Padahal, limbah tersebut berpotensi diolah menjadi biogas dan pupuk organik yang bernilai ekonomi. Pengembangan teknologi biogas memerlukan dukungan pengelolaan yang baik agar manfaat ekonomi dan lingkungan dapat dicapai secara optimal. (Ariyanto, 2024)

Penerapan instalasi biogas berpotensi mengurangi penumpukan limbah kotoran sapi sekaligus menghasilkan biogas dan pupuk organik yang bernilai ekonomi. Pemanfaatan limbah tersebut dapat meningkatkan nilai tambah usaha, sehingga diperlukan pengelolaan dan pengawasan yang baik untuk mendukung keberlanjutan operasional. (Ms & Wibowo, 2022)

Investasi instalasi biogas (digester, peralatan, instalasi, serta operasional) perlu dinilai kelayakan finansialnya menggunakan metode NPV untuk mengukur manfaat bersih berbasis nilai waktu uang, IRR untuk tingkat pengembalian modal, PP untuk durasi pemulihan investasi, dan BCR untuk membandingkan rasio total manfaat terhadap biaya proyek. (Ardyn et al., 2023)

Analisis biaya dan manfaat diperlukan pada tahap perencanaan agar dampak ekonomi proyek dapat dievaluasi sebelum investasi dijalankan (Islam & Rehman, 2022) Penggunaan indikator NPV, IRR, PP, dan BCR dapat membantu menilai kelayakan ekonomis suatu proyek secara lebih terukur (Asia, 2024) Analisis investasi juga dapat digunakan untuk menilai kemampuan proyek dalam menghasilkan keuntungan dan mengembalikan modal yang telah ditanamkan (Hamdan & Hutar, 2023)

Penilaian kelayakan finansial yang menggunakan lebih dari satu indikator dapat memberikan gambaran yang lebih lengkap mengenai manfaat dan risiko proyek. Proyek dapat dinilai layak apabila menghasilkan NPV positif, IRR yang memenuhi tingkat pengembalian yang diharapkan, *Payback Period* yang dapat diterima, dan BCR lebih dari satu (Tambunan et al., 2025) Penggunaan NPV, *Payback Period*, dan IRR secara bersama-sama juga membantu pengambil keputusan memilih investasi yang lebih menguntungkan dan sesuai dengan kondisi usaha (Zhao & yunqi, 2023)

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi pemanfaatan limbah kotoran sapi menjadi biogas dan pupuk organik serta menilai kelayakan investasi pembangunan instalasi biogas menggunakan metode NPV, IRR, *Payback Period*, dan BCR. Data penelitian diperoleh melalui observasi, wawancara, dan studi literatur. (Iba & Wardhana, 2023) Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan bagi pemilik usaha dalam mengelola limbah menjadi produk yang lebih bernilai ekonomi, ramah lingkungan, dan berkelanjutan.

Penelitian sebelumnya telah membahas pemanfaatan kotoran sapi sebagai sumber biogas dan pupuk organik. Namun, penelitian yang mengintegrasikan potensi produksi dengan analisis kelayakan investasi pada usaha jual beli sapi skala kecil masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan pada usaha milik Bapak Ari Setyawan untuk menganalisis potensi produksi biogas dan pupuk organik serta kelayakan investasinya menggunakan metode NPV, IRR, *Payback Period*, dan BCR.

Dalam perspektif Al-Islam dan Kemuhammadiyah (AIK), pengolahan limbah peternakan sejalan dengan prinsip pelestarian lingkungan dan pemanfaatan sumber daya secara bijak sebagaimana tercantum dalam QS. Ar-Rum ayat 41 dan QS. Al-Isra ayat 26–27. Selain itu, Rasulullah SAW bersabda, "Kebersihan adalah sebagian dari iman" (HR. Muslim), yang mencerminkan pentingnya menjaga lingkungan dari pencemaran. Oleh karena itu, pemanfaatan limbah menjadi biogas dan pupuk organik tidak hanya memberikan manfaat ekonomi, tetapi juga mendukung penerapan nilai-nilai Eco-Muhammadiyah untuk mewujudkan kemaslahatan bersama..

2. METODE

2.1 Objek Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada usaha jual beli sapi milik Bapak Ari Setyawan di Dukuh Glonggong, Desa Glonggong, Kecamatan Nogosari. Objek penelitian memiliki rata-rata 18 ekor sapi per hari. Penelitian berfokus pada pemanfaatan limbah kotoran sapi menjadi biogas dan pupuk organik serta kelayakan investasinya.

2.2 Pengumpulan Data

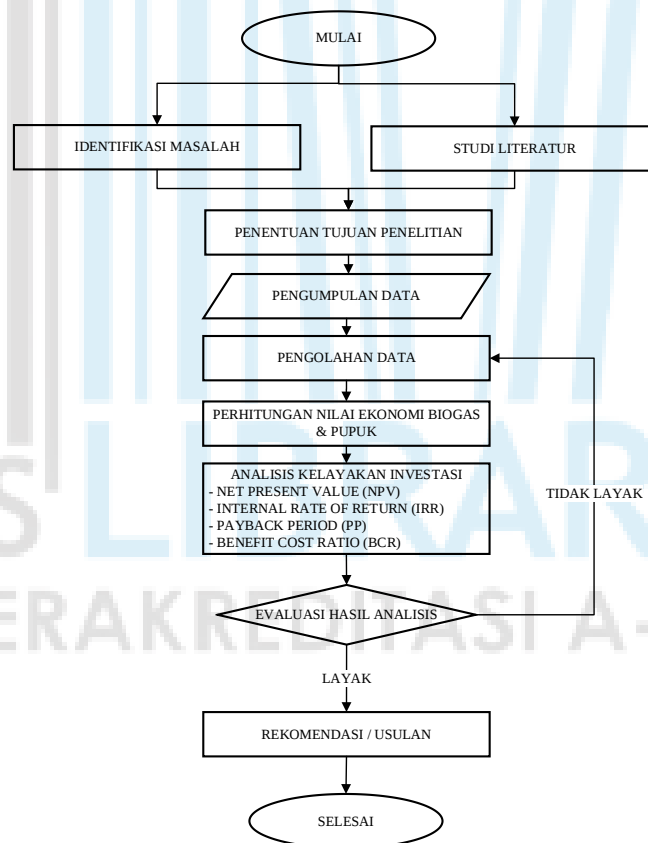
Data primer diperoleh melalui observasi kondisi kandang dan wawancara dengan pemilik usaha. Data yang dikumpulkan meliputi jumlah sapi, kondisi kandang, pengelolaan

limbah, serta biaya operasional. Data sekunder diperoleh dari jurnal dan buku untuk mendukung perhitungan produksi biogas, pupuk, dan kelayakan investasi (Iba & Wardhana, 2023)

2.3 Analisis Data

Potensi biogas dihitung berdasarkan jumlah sapi, produksi kotoran harian, dan rendemen biogas. Setiap sapi diasumsikan menghasilkan 15 kg kotoran per hari sehingga total kotoran dari 18 ekor sapi sebesar 270 kg per hari (Fachrurizal, 2025) Tahapan penelitian meliputi pengumpulan data, analisis potensi produksi biogas dan pupuk, perancangan digester, serta evaluasi kelayakan investasi menggunakan metode NPV, IRR, PP, dan BCR.

Penelitian diawali dengan identifikasi masalah dan studi literatur. Selanjutnya dilakukan penentuan tujuan penelitian pengumpulan data, pengolahan data lalu perhitungan potensi biogas dan pupuk, serta analisis kelayakan investasi. Hasil analisis digunakan sebagai dasar penarikan kesimpulan dan penyusunan saran. Yang dapat di lihat pada Gambar 1 flowchart alur penelitian



Gambar 1 flowchart alur penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan hasil analisis teknis dan kelayakan investasi pemanfaatan limbah kotoran sapi menjadi biogas dan pupuk organik, meliputi potensi produksi, kebutuhan investasi, biaya operasional, pendapatan, serta indikator NPV, IRR, PP, dan BCR.

3.1 Perhitungan Parameter Teknis dan Potensi Produksi

Perhitungan teknis dilakukan untuk menentukan kapasitas digester serta potensi produksi biogas dan pupuk organik. Penelitian ini menggunakan dasar yang diambil dari website <https://pennyu.co.id/produk/pennyu-biogas-digester/> Berikut dapat dilihat pada Tabel 1 Perhitungan Parameter Teknis dan Potensi Produksi.

Tabel 1 Perhitungan Parameter Teknis dan Potensi Produksi

No.	Diskripsi	Kapasitas	Satuan
Diskripsi Alat			
1	Panjang Digster	2.81	Meter
2	Diameter Digester	1.5	Meter
3	Tinggi Digester	1.67	Meter
4	Diameter Bawah	0.95	Meter
5	Diameter Atas	1.22	Meter
6	Tinggi h	1.1	Meter
7	Volume	5000	liter
8	input slury	166.7	liter/hari
9	Potensi Produksi Gas	1.08	m3/hari
10	Potensi Untuk Memasak	6	jam/hari
11	Potensi Pupuk Organik Cair	150	liter/Hari
12	Potensi Pupuk Organik Padat	9	Kg
Perhitungan Potensi			
13	Kotoran Sapi	270	kg/Hari
14	Total Setelah Dicampur Air 1:1	540	liter/Hari
15	Hydraulic Retention Time	30	Hari
16	Kebutuhan Alat	4	Unit
17	input Slury	135	liter/hari
18	Potensi Biogas	3.5	m3/Hari
	Kesetaraan LPG	1.6	kg/Hari
19	Pupuk Organik Cair	486	liter/hari
20	Pupuk Organik Padat	29.16	kg/Hari
21	Potensi Waktu Memasak	19.44	jam/hari

Analisis:

Berdasarkan hasil perhitungan, usaha peternakan dengan 18 ekor sapi menghasilkan 270 kg kotoran per hari yang diolah menjadi 540 liter slurry. Dengan rendemen biogas sebesar 0,03 m³/kg kotoran, sistem mampu menghasilkan 8,1 m³ biogas per hari yang dapat dimanfaatkan oleh sekitar 16 rumah tangga. Untuk mendukung proses tersebut diperlukan digester berkapasitas total 21,06 m³ dengan kebutuhan lahan sekitar 20 m² Selain menghasilkan biogas sebagai energi terbarukan, proses pengolahan juga menghasilkan produk sampingan berupa 58 kg pupuk padat dan 379 liter pupuk cair per hari. Hasil ini menunjukkan bahwa pemanfaatan limbah kotoran sapi berpotensi memberikan nilai tambah ekonomi sekaligus mengurangi dampak lingkungan melalui produksi energi dan pupuk organik.

3.2 Circular Economy (CE) "Efisiensi Sirkularitas Material"

Efisiensi sirkularitas material menunjukkan bahwa limbah kotoran sapi dapat dimanfaatkan kembali menjadi biogas dan pupuk organik sehingga mendukung penerapan ekonomi sirkular Tabel 2 Efisiensi Sirkularitas Material. Berikut dapat dilihat pada Tabel 2 Efisiensi Sirkularitas Material

Tabel 2 Efisiensi Sirkularitas Material

No.	Limbah Yang Dimanfaatkan Kembali	Jumlah (Kg/Liter
1	Biogas	54
2	Pupuk padat	58
3	Pupuk Cair	379
Total Limbah Yang dimanfaatkan kembali		515.6
Total Limbah Yang Dihasilkan		540
Efisiensi Sirkularitas		95.48%

Analisis:

Total material yang dimanfaatkan kembali mencapai 515.6 liter ekuivalen slurry sehingga menghasilkan efisiensi sirkularitas material sebesar 95.48. Nilai ini menunjukkan bahwa sebagian besar limbah berhasil dikonversi menjadi produk bernilai guna, sedangkan sisanya hilang selama proses pengolahan.

3.3 pengeluaran modal investasi awal (CapEx)

kebutuhan modal investasi awal atau Capital Expenditure (CapEx) untuk membangun sistem biogas dan fasilitas pengolahan pupuk. Biaya investasi awal terdiri atas pembangunan konstruksi digester dan pengadaan alat maupun bahan pendukung operasional. Berikut dapat dilihat pada Tabel 3 Harga Bahan Material Dasar, Tabel 4 Harga Pengadaan Alat dan Bahan Digester Biogas dan Tabel 5 Biaya jasa Tukang

Tabel 3 Harga Bahan Material Dasar

Harga Pengadaan Barang					
No	Bahan	Jumlah Kebutuhan	satuan	Harga Satuan	Total Harga
1	Penyu Biogas Digester siap pakai	4	Pcs	Rp 18,500,000.00	Rp 74,000,000.00
2	Pasir	0.5	Dam	Rp 1,700,000.00	Rp 850,000.00
3	Semen	4	Sak	Rp 60,000.00	Rp 240,000.00
4	Bata Merah	500	Buah	Rp 750.00	Rp 375,000.00
5	Krikil	0.5	Dam	Rp 2,000,000.00	Rp 1,000,000.00
Total					Rp 76,465,000.00

Analisis:

Biaya pembangunan konstruksi digester sebesar Rp76,465,000.00 yang mencakup material utama seperti pasir, semen, bata merah, kerikil, besi beton,. Komponen biaya terbesar berasal dari Penyu biogas digester. Investasi konstruksi ini diperlukan untuk memastikan instalasi biogas memiliki struktur yang kuat, kedap, dan mampu beroperasi secara optimal dalam jangka panjang. Pengadaan Alat dan Bahan Digester Biogas

Tabel 4 Harga Pengadaan Alat dan Bahan Digester Biogas

Harga Pengadaan Alat dan Bahan Digester Biogas					
No	Bahan	Jumlah Dibutuhkan	Satuan	Harga Satuan	Total Harga
1	Pipa gas utama	1	Lonjor	300000	Rp 300,000.00
2	Accessories perpipa	1	pcs	250000	Rp 250,000.00
3	Pipa PVC ½ AW	40	Lonjor	25000	Rp 1,000,000.00
4	Waterdrain	2	pcs	250000	Rp 500,000.00
5	Kampor biogas 2 tungku	1	Pcs	580000	Rp 580,000.00
6	Cangkul	1	Pcs	140000	Rp 140,000.00

Harga Pengadaan Alat dan Bahan Digester Biogas					
No	Bahan	Jumlah Dibutuhkan	Satuan	Harga Satuan	Total Harga
7	Sekop Panjang	2	Pcs	100000	Rp 200,000.00
8	Skop kecil	2	Pcs	50000	Rp 100,000.00
10	Selotif Teflon	8	Pcs	80000	Rp 640,000.00
11	Pipa PVC 4 inchi AW	3	Lonjor	50000	Rp 150,000.00
13	Knee 4 inchi	5	Pcs	25000	Rp 125,000.00
16	Mesin Jahit Karung	1	Unit	900000	Rp 900,000.00
17	smart diaphragm Gas Meter	1	Unit	1000000	Rp 1,000,000.00
18	Tanki Intermediate Bulk Container	6	Unit	1600000	Rp 9,600,000.00
19	Pompa Lumpur	1	Unit	1200000	Rp 1,200,000.00
20	Gerobak Sorong	2	Unit	350000	Rp 700,000.00
Total					Rp 17,385,000.00

Analisis:

Biaya pengadaan alat dan bahan digester sebesar Rp 17,385,000.00 dengan komponen biaya terbesar berasal dari tangki IBC dan smart diaphragm gas meter. Pengadaan peralatan ini mendukung proses pengolahan limbah menjadi biogas dan pupuk organik secara terintegrasi sehingga operasional dapat berjalan lebih efektif dan terkontrol.

Tabel 5 Biaya Jasa Tukang

No	Keterangan	Jumlah	Biaya/ Hari	Total	Biaya 1 Minggu
1	Biaya Tenaga Kerja Pria	2	Rp 125,000.00	Rp 125,002.00	Rp 875,014.00

Analisis:

Dalam tabel 5 menjelaskan bahwa dalam pembuatan digester membutuhkan tenaga kerja untuk pembangunannya, jumlah pekerja tersebut ada 2 orang dengan biaya Rp 125,000,00 perorang dalam satu hari. Dalam pembuatan digester dilakukan selama 1 minggu sehingga total biaya tukang sebesar Rp 875,014.00

3.4 pengeluaran operasional tahunan (OpEx).

Subbab ini menjelaskan biaya operasional tahunan atau Operational Expenditure (OpEx) yang diperlukan agar kegiatan produksi biogas dan pupuk organik dapat berjalan secara berkelanjutan. Komponen biaya meliputi tenaga kerja, perawatan, bahan baku tambahan, bahan pendukung pupuk, promosi, serta penggantian aset. Berikut dapat dilihat pada Tabel 6 Biaya Operasional, Tabel 7 Analisis Kebutuhan dan Anggaran Bahan Baku (Kotoran Sapi), Tabel 8 Biaya Bahan Baku dan Material Pendukung Pupuk Padat dan Tabel 9 Biaya Bahan Baku dan Material pendukung Pupuk Cair.

Tabel 6 Biaya Operasional

Biaya Operasional						
No	Keterangan	Jumlah	Biaya/ Hari	Total	Total Perbulan	Total / Tahun
1	Listrik	1	Rp 30,000.00	Rp 30,000.00	Rp 900,000.00	Rp 10,800,000.00
2	Biaya Perawatan	3	Rp 10,000.00	Rp 30,000.00	Rp 900,000.00	Rp 10,800,000.00
3	Biaya Tenaga Kerja Pria	4	Rp 120,000.00	Rp 480,000.00	Rp 14,400,000.00	Rp 172,800,000.00
4	Biaya Kerja Wanita	2	Rp 100,000.00	Rp 200,000.00	Rp 6,000,000.00	Rp 72,000,000.00

8	Sewa Transportasi 69km	2			Rp 500,000.00	Rp 6,000,000.00
Total					Rp 22,700,000.00	Rp 272,400,000.00

Analisis:

Pada tabel 5 Biaya operasional usaha sebesar Rp 272.400.000,00 per tahun. Komponen biaya terbesar berasal dari tenaga kerja yang mendukung kegiatan pengolahan limbah, produksi pupuk, dan distribusi, dimana pekerja wanita melakukan pekerjaan yang relatif mudah dan pekerja pria melakukan pekerjaan yang lebih berat. Hal ini menunjukkan bahwa keberhasilan operasional usaha sangat dipengaruhi oleh pengelolaan tenaga kerja yang efektif dan efisien.

Tabel 7 Analisis Kebutuhan dan Anggaran Bahan Baku (Kotoran Sapi)

Tabel Analisis Kebutuhan dan Anggaran Bahan Baku (Kotoran Sapi)						
No	Sumber Pasokan	Estimasi Kotoran (kg)	Status Biaya	Biaya Bulanan	Biaya Tahunan	Kebutuhan Tambahan
1	Kandang pribadi	120	Rp -	Rp -	Rp -	0
2	Warga Sekitar	150	Rp 20,000.00	Rp 600,000.00	Rp 7,200,000.00	150 KG Harus dicari
TOTAL					Rp7,200,000.00	

Analisis:

Berdasarkan Tabel 7, Biaya pengadaan bahan baku kotoran sapi sebesar Rp7.200.000,00 per tahun untuk memenuhi kebutuhan tambahan 150 kg/hari dari warga sekitar. Pasokan dari kandang sendiri dan kerja sama dengan masyarakat membantu menjaga ketersediaan bahan baku secara berkelanjutan guna mendukung operasional produksi biogas dan pupuk organik.

Tabel 8 Biaya Bahan Baku dan Material Pendukung Pupuk Padat

No	Keterangan	jumlah	Harga	Satuan	Total Harga	Pengeluaran Bulanan	Harga Tahunan
1	Pupuk Padat	29.16	0	/Kg	Rp -	Rp -	Rp -
2	Tanah Tupoksil/pasir	10.84	600	/Kg	Rp 6,504.00	Rp 195,120.00	Rp 2,341,440.00
3	Karung	8	1500	/Pcs	Rp 12,000.00	Rp 360000	Rp 4,320,000.00
Total Pengeluaran / Tahun							Rp 6,661,440.00

Analisis:

Berdasarkan Tabel 8, Biaya bahan baku dan material pendukung pupuk padat sebesar Rp 6,661,440,00 per tahun. Biaya ini mencakup kebutuhan tanah tupoksil atau pasir, dan karung kemasan yang diperlukan dalam proses produksi dan pengemasan pupuk. Pengelolaan biaya bahan pendukung menjadi penting untuk menjaga efisiensi produksi dan keuntungan usaha.

Tabel 9 Biaya Bahan Baku dan Material pendukung Pupuk Cair

No	Keterangan	jumlah	Satuan	Harga / Liter	Total Harga	Pengeluaran Bulanan	Harga Tahunan
1	Slurry	486	Liter	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
2	EM4	7	Liter	Rp 30,000.00	Rp 210,000.00	Rp 6,300,000.00	Rp 75,600,000.00

3	tetes tebu	7	Liter	Rp 8,000.00	Rp 56,000.00	Rp 1,680,000.00	Rp 20,160,000.00
Total							Rp 95,760,000.00

Analisis:

Berdasarkan tabel 9 biaya bahan baku dan material pendukung pupuk cair sebesar Rp 95,760,000.00 per tahun. Komponen biaya utama berasal EM4, yang digunakan dalam proses produksi dan pemasaran produk. Oleh karena itu, efisiensi pengadaan bahan pendukung menjadi faktor penting untuk menjaga keuntungan usaha.

3.5 Rencana Peremajaan/Penggantian Aset

Peremajaan dilakukan guna memastikan proses produksi tetap berjalan tanpa adanya kerusakan. Berikut dapat dilihat pada Tabel 10 Barang yang perlu diganti dalam waktu 2 tahun dan Tabel 11 Barang yang perlu diganti dalam waktu 3 tahun

Tabel 10 Barang yang perlu diganti dalam waktu 2 tahun

No	Bahan	Jumlah	Satuan	Harga Satuan	Total Harga
1	Tanki Intermediate Bulk Container	2	unit	Rp 2,600,000.00	Rp 5,200,000.00
Barang Yang Perlu Diganti dalam waktu 2 tahun					Rp 5,200,000.00

Analisis:

Pada tabel 10 biaya penggantian tangki IBC sebesar Rp 5,200,000.00 setiap dua tahun. Penggantian aset ini diperlukan untuk menjaga kelancaran proses penyimpanan slurry dan pupuk cair serta mendukung keberlanjutan operasional usaha.

Tabel 11 Barang yang perlu diganti dalam waktu 3 tahun

Barang Yang Perlu Diganti dalam waktu 3 tahun				
No	Bahan	Jumlah (Buah, , Kaleng,)	Harga Satuan	Total Harga
1	Cangkul	3	140000	Rp 420.000,00
2	Sekop Panjang	3	100000	Rp 300.000,00
3	Skop kecil	3	50000	Rp 150.000,00
4	Cat Waterprof	3	250000	Rp 750.000,00
5	Gerobak Sorong	2	350000	Rp 700.000,00
Barang Yang Perlu Diganti dalam waktu 5 tahun				Rp 2.320.000,00

Analisis:

Berdasarkan tabel 11 biaya penggantian peralatan kerja sebesar Rp2.320.000,00 setiap tiga tahun. Penggantian peralatan ini diperlukan untuk mendukung kelancaran operasional dan menjaga produktivitas dalam proses pengolahan limbah serta perawatan fasilitas.

3.6 Proyeksi Pendapatan Bulanan, Tahunan dan Analisis sensitifitas

Proyeksi pendapatan dari penjualan biogas, pupuk padat, dan pupuk organik cair. Selain itu, analisis sensitivitas digunakan untuk melihat kemampuan usaha dalam menghadapi perbedaan tingkat penjualan pada skenario optimis, moderat, dan pesimis. Berikut dapat dilihat pada Tabel 12 Pendapatan setiap bulan dan tahun, Tabel 13 Analisis Sensitivitas dan Tabel 14 Arus kas Tahunan.

Tabel 12 Pendapatan setiap bulan dan tahun

N o	Produk	Produk Jadi/hari	harga jual	Satuan	Total Harga	Pendapatan / 30 Hari	Total Pendapatan / Tahun
1	Biogas	16	Rp -	rumah	Rp -	Rp 288,000.00	Rp 3,456,000.00

No	Produk	Produk Jadi/hari	harga jual	Satuan	Total Harga	Pendapatan / 30 Hari	Total Pendapatan / Tahun
2	Pupuk Padat	8	Rp 7,000.00	Pcs	Rp 56,000.00	Rp 1,680,000.00	Rp 20,160,000.00
3	Pupuk Cair	500	Rp 5,000.00	Liter	Rp 2,500,000.00	Rp 75,000,000.00	Rp900,000,000.00
Total							Rp923,616,000.00

Analisis:

Pada tabel 12 total pendapatan usaha diproyeksikan sebesar Rp3.254.292.000,00 per tahun yang berasal dari penjualan biogas, pupuk padat, dan pupuk cair. Pupuk cair menjadi sumber pendapatan utama sehingga keberhasilan usaha sangat dipengaruhi oleh kemampuan produksi dan pemasaran produk tersebut. Adapun target pemasaran, Target pemasaran untuk produk biogas difokuskan pada pemenuhan kebutuhan energi rumah tangga di sekitar lokasi fasilitas produksi. Sementara itu, pemasaran pupuk padat dan pupuk cair ditargetkan kepada kelompok tani, pemilik perkebunan komersial, toko sarana produksi pertanian, serta konsumen rumah tangga peminat tanaman hias.

Tabel 13 Analisis Sensitivitas

No	Skenario	Kapasitas	Omzet Kotor / Tahun	Pajak PPh Final (0,5%)	Pendapatan setelah Pajak
1	Maksimal / Optimis	100%	Rp 923,616,000.00	Rp 4,618,080.00	Rp 918,997,920.00
2	Moderat / Medium	50%	Rp 461,808,000.00	Rp 2,309,040.00	Rp 459,498,960.00
3	Rendah / Pesimis	35%	Rp 323,265,600.00	Rp 1,616,328.00	Rp 321,649,272.00

Analisis:

Berdasarkan Tabel 13 Analisis sensitivitas menunjukkan bahwa usaha tetap menghasilkan pendapatan positif pada berbagai tingkat kapasitas produksi. Skenario moderat dengan kapasitas 50% menghasilkan pendapatan setelah pajak sebesar Rp1.619.010.270,00 per tahun dan digunakan sebagai dasar analisis karena dianggap paling realistis untuk tahap awal usaha.

Tabel 14 Arus kas Tahunan

Tahun	Investasi	Biaya Operasi tahunan	Pendapatan	Arus Kas Bersih
0	Rp 94,725,014.00			-Rp 94,725,014.00
1	Rp -	Rp 382,021,440.00	Rp 459,498,960.00	Rp 77,477,520.00
2	Rp 5,200,000.00	Rp 382,021,440.00	Rp 459,498,960.00	Rp 72,277,520.00
3	Rp 2,320,000.00	Rp 382,021,440.00	Rp 459,498,960.00	Rp 75,157,520.00
4	Rp 5,200,000.00	Rp 382,021,440.00	Rp 459,498,960.00	Rp 72,277,520.00
5	Rp -	Rp 382,021,440.00	Rp 459,498,960.00	Rp 77,477,520.00
6	Rp 7,520,000.00	Rp 382,021,440.00	Rp 459,498,960.00	Rp 69,957,520.00
7	Rp -	Rp 382,021,440.00	Rp 459,498,960.00	Rp 77,477,520.00
8	Rp 5,200,000.00	Rp 382,021,440.00	Rp 459,498,960.00	Rp 72,277,520.00
9	Rp 2,320,000.00	Rp 382,021,440.00	Rp 459,498,960.00	Rp 75,157,520.00
10	Rp 5,200,000.00	Rp 382,021,440.00	Rp 459,498,960.00	Rp 72,277,520.00

Analisis:

Berdasarkan Tabel 14 Investasi awal proyek sebesar Rp95.550.500,00 dengan arus kas bersih tahunan yang tetap positif selama periode analisis. Meskipun terdapat biaya penggantian aset pada beberapa tahun, pendapatan yang diperoleh masih mampu menutupi biaya operasional sehingga usaha memiliki prospek finansial yang baik.

3.7 Analisis Cash Flow Usaha (Periode 10 Tahun) *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), *Payback Period* (PP), dan *Benefit Cost Ratio* (BCR).

Kelayakan investasi konversi kotoran sapi menjadi biogas dan pupuk organik di peternakan Bapak Lembu Ari Setyawan dievaluasi melalui proyeksi *cash flow* 10 tahun (diskonto 10%) menggunakan parameter NPV, IRR, PP, dan BCR. Yang dapat dilihat pada Tabel 15 *Net Present Value* (NPV), Tabel 16 *Internal Rate of Return* (IRR), Tabel 17 *Payback Period* (PP) serta Tabel 18 *Benefit Cost Ratio* (BCR).

Tabel 15 *Net Present Value* (NPV)

Tahun	Arus Kas Bersih	Discount Factor 10%	present value
0	-Rp 94,725,014.00	1.00	-Rp 94,725,014.00
1	Rp 77,477,520.00	0.91	Rp 70,434,109.09
2	Rp 72,277,520.00	0.83	Rp 59,733,487.60
3	Rp 75,157,520.00	0.75	Rp 56,466,957.18
4	Rp 72,277,520.00	0.68	Rp 49,366,518.68
5	Rp 77,477,520.00	0.62	Rp 48,107,444.23
6	Rp 69,957,520.00	0.56	Rp 39,489,196.25
7	Rp 77,477,520.00	0.51	Rp 39,758,218.37
8	Rp 72,277,520.00	0.47	Rp 33,717,996.50
9	Rp 75,157,520.00	0.42	Rp 31,874,125.23
10	Rp 72,277,520.00	0.39	Rp 27,866,112.81
NPV			Rp 362,089,151.95

Analisis:

Berdasarkan Tabel 15, nilai NPV proyek adalah Rp 362,089,151.95 pada tingkat diskonto 10%. Nilai NPV positif menunjukkan bahwa nilai sekarang dari seluruh manfaat proyek lebih besar daripada nilai sekarang dari seluruh biaya investasi dan biaya operasional. Berdasarkan kriteria NPV, investasi dikatakan layak apabila NPV lebih besar dari nol. Dengan nilai NPV positif sebesar Rp 362,089,151.95 proyek pemanfaatan limbah kotoran sapi menjadi biogas dan pupuk organik dinyatakan layak secara finansial serta mampu memberikan nilai tambah ekonomi bagi usaha.

Tabel 16 *Internal Rate of Return* (IRR)

Tahun	Arus Kas Bersih
0	-Rp 94,725,014.00
1	Rp 77,477,520.00
2	Rp 72,277,520.00
3	Rp 75,157,520.00
4	Rp 72,277,520.00
5	Rp 77,477,520.00
6	Rp 69,957,520.00
7	Rp 77,477,520.00
8	Rp 72,277,520.00
9	Rp 75,157,520.00
10	Rp 72,277,520.00
Arus kas dari tahun 0	79%

Analisis:

Berdasarkan Tabel 16, nilai Internal Rate of Return yang diperoleh adalah 79%. Nilai ini lebih tinggi dibandingkan tingkat diskonto yang digunakan, yaitu 10%. Nilai IRR sebesar

79% menunjukkan bahwa proyek memiliki tingkat pengembalian investasi yang baik. Berdasarkan kriteria IRR, investasi layak apabila nilai IRR lebih besar daripada tingkat pengembalian minimum atau tingkat diskonto. Dengan demikian, investasi ini dapat dinyatakan layak untuk dijalankan.

Tabel 17 *Payback Period (PP)*

Tahun	Investasi	Biaya Operasi tahunan	Pendapatan	Arus Kas Bersih	Arus Kas Kumulatif
0	Rp 94,725,014.00	Rp -	Rp -	-Rp 94,725,014.00	-Rp 94,725,014.00
1	Rp -	Rp 382,021,440.00	Rp 459,498,960.00	Rp 77,477,520.00	-Rp 17,247,494.00
2	Rp 5,200,000.00	Rp 382,021,440.00	Rp 459,498,960.00	Rp 72,277,520.00	Rp 55,030,026.00
3	Rp 2,320,000.00	Rp 382,021,440.00	Rp 459,498,960.00	Rp 75,157,520.00	Rp 130,187,546.00
4	Rp 5,200,000.00	Rp 382,021,440.00	Rp 459,498,960.00	Rp 72,277,520.00	Rp 202,465,066.00
5	Rp -	Rp 382,021,440.00	Rp 459,498,960.00	Rp 77,477,520.00	Rp 279,942,586.00
6	Rp 7,520,000.00	Rp 382,021,440.00	Rp 459,498,960.00	Rp 69,957,520.00	Rp 349,900,106.00
7	Rp -	Rp 382,021,440.00	Rp 459,498,960.00	Rp 77,477,520.00	Rp 427,377,626.00
8	Rp 5,200,000.00	Rp 382,021,440.00	Rp 459,498,960.00	Rp 72,277,520.00	Rp 499,655,146.00
9	Rp 2,320,000.00	Rp 382,021,440.00	Rp 459,498,960.00	Rp 75,157,520.00	Rp 574,812,666.00
10	Rp 5,200,000.00	Rp 382,021,440.00	Rp 459,498,960.00	Rp 72,277,520.00	Rp 647,090,186.00
Tahun Balik Modalnya adalah (Tahun)					1.24

Analisis:

Berdasarkan Tabel 17, modal investasi awal dapat kembali dalam waktu 2,24 tahun atau sekitar 1 tahun 2 bulan. Pada akhir tahun pertama, arus kas kumulatif masih negatif sebesar -Rp17.247.494,00. Tetapi pada tahun kedua telah berubah menjadi positif sebesar Rp 55.030.026,00. Waktu pengembalian modal yang singkat menunjukkan bahwa proyek memiliki risiko investasi yang relatif rendah. Dengan umur proyek selama sepuluh tahun, usaha masih memiliki waktu yang cukup panjang untuk menghasilkan keuntungan setelah modal awal berhasil dikembalikan.

Tabel 18 *Benefit Cost Ratio (BCR)*

Tahun	Pendapatan	Cost	Discount Factor	Present Value of Benefit	Present Value of Cost
0	Rp -	Rp 94,725,014.00	1.00	Rp -	Rp 94,725,014.00
1	Rp 459,498,960.00	Rp 382,021,440.00	0.91	Rp 417,726,327.27	Rp 347,292,218.18
2	Rp 459,498,960.00	Rp 387,221,440.00	0.83	Rp 379,751,206.61	Rp 320,017,719.01
3	Rp 459,498,960.00	Rp 384,341,440.00	0.75	Rp 345,228,369.65	Rp 288,761,412.47
4	Rp 459,498,960.00	Rp 387,221,440.00	0.68	Rp 313,843,972.41	Rp 264,477,453.73
5	Rp 459,498,960.00	Rp 382,021,440.00	0.62	Rp 285,312,702.19	Rp 237,205,257.96
6	Rp 459,498,960.00	Rp 389,541,440.00	0.56	Rp 259,375,183.81	Rp 219,885,987.56
7	Rp 459,498,960.00	Rp 382,021,440.00	0.51	Rp 235,795,621.64	Rp 196,037,403.27
8	Rp 459,498,960.00	Rp 387,221,440.00	0.47	Rp 214,359,656.04	Rp 180,641,659.54
9	Rp 459,498,960.00	Rp 384,341,440.00	0.42	Rp 194,872,414.58	Rp 162,998,289.35
10	Rp 459,498,960.00	Rp 387,221,440.00	0.39	Rp 177,156,740.53	Rp 149,290,627.72
HASIL Present Value of Benefit dan Present Value of Cost				Rp 2,823,422,194.72	Rp 2,461,333,042.78
HASIL Benefit Cost Ratio (BCR).				1.1471	

Analisis:

Nilai Present Value of Benefit sebesar Rp 2.823.422.194,72 dan Present Value of Cost sebesar Rp2.461.333.042,78 menghasilkan BCR sebesar 1.1471 Nilai BCR yang lebih besar dari satu menunjukkan bahwa proyek layak secara ekonomi karena manfaat yang diperoleh lebih besar dibandingkan biaya yang dikeluarkan.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Pengolahan limbah kotoran sapi menggunakan sistem digester biogas tipe *fixed dome* terbukti memberikan dampak positif dari aspek teknis, efisiensi sirkularitas lingkungan, maupun kelayakan finansial. Dengan mengonversi limbah menjadi produk bernilai tambah, sistem ini secara efektif mengurangi beban pencemaran lingkungan sekaligus menciptakan sumber energi terbarukan dan komoditas pupuk organik yang ekonomis.

1. Kinerja Teknis dan Produksi: Penggunaan 4 unit reaktor biogas berkapasitas total 5.000 liter dengan *Hydraulic Retention Time* (HRT) 30 hari mampu mengolah 270 kg kotoran sapi per hari (atau 540 liter *slurry* per hari setelah pencampuran air 1:1). Sistem ini menghasilkan potensi biogas sebesar 3,5 m³/hari (setara 1,6 kg LPG/hari atau 19,44 jam waktu memasak), pupuk organik cair sebesar 486 liter/hari, serta pupuk organik padat sebesar 29,16 kg/hari.
2. Efisiensi Sirkularitas Material: Penerapan konsep *Circular Economy* mencapai tingkat Efisiensi Sirkularitas Material sebesar 95,48%. Dari total 540 kg/liter limbah yang dihasilkan, sebanyak 515,6 kg/liter berhasil dimanfaatkan kembali menjadi produk berguna, sehingga meminimalkan residu limbah ke lingkungan.
3. Parameter Finansial Proyek: Proyek membutuhkan investasi awal sebesar Rp 94.725.014,- dengan potensi pendapatan tahunan sebesar Rp 459.498.960,- dan biaya operasional tahunan rata-rata sebesar Rp 382.021.440,- pada skenario umur proyek 10 tahun.
4. Kelayakan Ekonomi: Berdasarkan analisis arus kas dengan *discount rate* 10%, proyek dinyatakan sangat layak secara finansial karena menghasilkan *Net Present Value* (NPV) positif sebesar Rp 362.089.151,95, *Internal Rate of Return* (IRR) sebesar 79,19%, *Benefit Cost Ratio* (BCR) sebesar 1,15, dan *Payback Period* (PP) tercapai dalam waktu 1,22 tahun.

4.2 Saran

Untuk menjaga keberlanjutan operasional reaktor dan efisiensi usaha secara berkesinambungan, pengelola disarankan untuk melakukan pemeliharaan rutin reaktor dan saluran pipa serta mematuhi jadwal penggantian alat berkala (seperti tangki IBC dan peralatan operasional pada tahun ke-2, 4, 6, 8, dan 10). Selain itu, perlu dibuat kesepakatan kerja sama jangka panjang dengan peternak warga sekitar guna menjamin pasokan kotoran sapi tambahan sebesar 150 kg/hari, memperluas jaringan kemitraan distribusi pupuk organik (POC dan POP), membangun saluran pipa biogas sederhana ke rumah warga terdekat, serta menyisihkan dana cadangan dari surplus kas tahunan untuk memitigasi fluktuasi biaya operasional dan mendorong riset metode *co-digestion* demi meningkatkan efisiensi sirkularitas material hingga mendekati 100%.

1. DAFTAR PUSTAKA

- Apriandi, N., Kristiawan, T. A., Yanuar, P., Satito, A., Setyawan, T., & Raharjanti, R. (2023a). Sosialisasi Dan Pemetaan Potensi Biogas Berbahan Dasar Limbah Kotoran Sapi Di Kelompok Tani Sumber Rejeki Kota Semarang. *Jurnal Hilirisasi Technology Pengabdian Masyarakat SITECHMAS*, 4(2), 125–132. <https://Jurnal.Polines.Ac.Id/Index.Php/SITECHMAS>
- Apriandi, N., Kristiawan, T. A., Yanuar, P., Satito, A., Setyawan, T., & Raharjanti, R. (2023b). Sosialisasi Dan Pemetaan Potensi Biogas Berbahan Dasar Limbah Kotoran Sapi Di Kelompok Tani Sumber Rejeki Kota Semarang. *Jurnal Hilirisasi Technology Pengabdian Masyarakat SITECHMAS*, 4(2). <https://Jurnal.Polines.Ac.Id/Index.Php/SITECHMAS>
- Ardyn, S. S., Maya, M. S., Anggi, A. H., Safina, T. Z., Ayu, A., Anisa, F., & Muhammad, A. C. (2023). Comparison Of Capital Budgeting Methods: NPV, IRR, PAYBACK PERIOD. *World Journal Of Advanced Research And Reviews*, 19(2), 1078–1081. <https://doi.org/10.30574/Wjarr.2023.19.2.1483>
- Ariyanto, Y. (2024). Teknologi, Pendanaan Dan Manfaat Limbah Ternak Menjadi Biogas Di KPSP Setia Kawan, Pasuruan. *Media Agribisnis*, 8. <https://doi.org/10.35326/Agribisnis.V8i2.7206>
- Asia, P. (2024). Analisis Kelayakan Ekonomis Pembangunan Rumah Produksi Kopi Di Kelurahan Burung Dinang Kecamatan Dempo Utara. *Jurnal Ilmiah Berings*, 12(02), 76–87.
- Aziz, A. M., & Azizah, Z. (2025). Pengembangan Biogas Ramah Lingkungan Dari Limbah Tanaman Pisang (Musa Paradisiaca) Dan Kotoran Sapi Development Of Environmentally Friendly Biogas From Banana Plant Waste (Musa Paradisiaca) And Cow Dung. *Jurnal Chemurgy*, 9, 102–107. <http://E-Journals.Unmul.Ac.Id/Index.Php/TK>
- Barata, L. O. A., Jenny Delly, & Samhuddin. (2024). Studi Karakteristik Biogas Dari Kotoran Sapi Dengan Penambahan Jerami. *Piston: Jurnal Teknologi*, 9(2), 65–71. <https://doi.org/10.55679/Pistonjt.V9i2.76>
- Fachrurizal. (2025). Dampak Teknologi Biogas Dari Kotoran Sapi Terhadap Lingkungan Dan Ekonomi Peternakan. *Jurnal Ilmu Peternakan Indonesia*, 02, 15–20.
- Hamdan, Indra. H., & Hutar, Alliny. N. R. (2023). Analisis Kelayakan Investasi Usaha Budidaya Ikan Air Tawar Di Kabupaten Sumba Timur. *Jurnal Ekonomi Manajemen Dan Akuntansi*, 19, 102–114. <http://Ejournal.Iba.Ac.Id/Index.Php/Jemasi>
- Han, Z., Zheng, T., Yan, W., Rensing, C., Wu, H., Wu, W., & Wu, H. (2025). Substitution Of Chemical Fertilizer By Biogas Slurry Maintain Wheat Yields By Regulating Soil Properties And Microbiomes. *Environmental Technology And Innovation*, 38. <https://doi.org/10.1016/J.Eti.2025.104161>
- Iba, Z., & Wardhana, A. (2023). *Metode Penelitian Penerbit* (M. Pradana, Ed.). CVEUREKA MEDIA AKSARA.
- Islam, M., & Rehman, A. (2022). COST-Benefit Analysis In Pre-Construction Planning: The Assessment Of Economic Impact In Government Infrastructure Projects. *American*

- Journal Of Advanced Technology And Engineering Solutions*, 02(04), 91–122. <https://doi.org/10.63125/Kjwd5e33>
- Latif, A. (2022). Potensi Pengelolaan Limbah Ternak Sapi Berbasis Circular Economy Di Kabupaten Bandung Untuk Mendukung Pembangunan Berkelanjutan. *Jurnal Syntax Fusion*, 2(11), 808–817. <https://doi.org/10.54543/Fusion.V2i11.223>
- Ms, M. R. F., & Wibowo, P. (2022). Optimalisasi Pelaksanaan Program Pengawasan Dan Pembimbingan Pada Klien Masyarakat Dalam Masa Pandemi Covid-19 Pada Balai Masyarakat Kelas I Medan. *Jurnal Pendidikan Kewarganegaraan Undiksha*, 10, 159–170. <https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/jppp>
- Munawir, H., Sutopo, W., Hisjam, M., & Widiyanto, A. (2023, September). Stakeholder Analysis Of The Circular Business Of Electric Motorcycle Swappable Batteries In Indonesia. *Proceedings Of The 4th Asia Pacific Conference On Industrial Engineering And Operations Management*.
- Nahwani, A., Soeprijanto, S., & Widodo, E. (2024). Strategic Model For Integrating Biogas A Framework For Sustainable Energy Integration In Agro-Industries. *Scientific Reports*, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-83181-1>
- Putra, I. K. P., Yadnya, M. S., & Muljono, A. B. (2024). Potensi Pemanfaatan Biogas Kotoran Sapi Sebagai Sumber Energi Konsumsi Rumah Tangga. *Jurnal Pepadu*, 5(2), 292–296. <https://doi.org/10.29303/pepadu.V5i2.4922>
- R. Patil, S., & Kalbande, S. R. (2023). Design And Performance Evaluation Of Community Size Fixed Dome Biogas Plant. *International Journal Of Current Microbiology And Applied Sciences*, 12(1), 248–260. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2023.1201.028>
- Sa'id Umar Agung, Lingu J. Andrean, P Satria Bima, & Trisatria Dian. (2025). Utilization Of Biogas From Livestock Waste Cattle In Gobos IV Palangkaraya. *Jurnal Riset Multidisiplin (JRM)*, 1, 33–37.
- Satriyono, R. D. A. P., Pebrianti, D., & Sakti, A. S. A. (2024). Micro Small Medium Enterprises Intention To Implement Circular Economy In Solo, Indonesia. *E3S Web Of Conferences*, 517. <https://doi.org/10.1051/E3sconf/202451714002>
- Setiawan, O., & Ramadhani, P. (2026). Analisis Ekonomi Sirkular Pada Rantai Nilai Komoditas Kelapa Sawit: Studi Tentang Pemanfaatan Limbah Menjadi Biogas Dan Dampaknya Terhadap Pendapatan Petani Plasma. *Jurnal Ilmiah Multi Disiplin Ilmu (MURAMU)*, 25–36. <https://doi.org/10.64365/Muramu.V2i1.229>
- Tambunan, A. C., Patresia, A., Naibaho, B., Purba, L. A., & Simarmata, R. A. (2025). Financial Feasibility Analysis Of Green Cleasa Apartment Project. *Economic: Journal Economic And Business*, 4(2), 89–96. <https://jurnal.larisma.or.id/index.php/ejeb/>
- Umairi, A. R. Al, Amri, H. Al, Kalbani, A. Al, Hussain, A., Al Hadidi, & Marwan Al Hashami. (2023). Biogas Production From Cow Manure Using An Anaerobic Digestion Technique. *International Conference On Civil Infrastructure And Construction*, 1484–1490.
- Widiarta, I. P. G. D., Suarna I Wayan, Muharram Fadhil, Wijakesuma, M. H., Agung, A. P., & Qamara, C. (2025). Pengembangan Bisnis Peternakan Sapi Potong Berbasis Circular Economy Dalam Mendukung Ketahanan Pangan Dan Green Economy. <https://jurnal.polbangtanyoma.ac.id/index.php/pros2025yoma>

- Widodo, N. G., Styana, F. U., & Cahyono, S. M. (2022). Potensi Campuran Kotoran Sapi Dan Limbah Cair Rumah Pemotongan Ayam Sebagai Sumber Energi Penghasil Biogas. *Jurnal Offshore: Oil, Production Facilities And Renewable Energy*, 6, 29–37.
- Zhao, & Yunqi. (2023). Research On The Ways To Appraise The Investment Based On NPV, Payback Period And IRR. *Advances In Economics, Management And Political Sciences*, 15(1), 359–366. <https://doi.org/10.54254/2754-1169/15/20230947>
- Zhou, L., Yang, X., Wang, X., Feng, L., Wang, Z., Dai, J., Zhang, H., & Xie, Y. (2023). Effects Of Bacterial Inoculation On Lignocellulose Degradation And Microbial Properties During Cow Dung Composting. *Bioengineered*, 14(1), 213–228. <https://doi.org/10.1080/21655979.2023.2185945>

