

Pemanfaatan Biogas Skala Rumah Tangga Sebagai Sumber Energi Alternatif Berkelanjutan

Sawithri Raudhatunnisa

Universitas Jambi

Lailal Gusri

Universitas Jambi

Alamat: Jalan Jambi-Ma Bulian Km 15 Mendalo Darat Jambi, Muaro Jambi, Jambi 36261

lailal.gusri@unja.ac.id

Abstrak. *Climate change, driven by increasing greenhouse gas emissions, demands the diversification of cleaner and more sustainable energy sources, including at the household level. Jambi City, which faces the challenges of fossil fuel dependence and high organic waste production, has great potential for the development of biogas as a renewable energy source. The study aimed to evaluate potential feedstocks, production capacity, digester efficiency, and the economic and environmental benefits of biogas use in households. The research method employed a mixed quantitative and qualitative approach, utilizing surveys, interviews, observations, and literature reviews. The study results indicate that domestic and commercial organic waste in Jambi City, with a volume of 333.6 tons per day, can be processed to obtain sufficient biogas to meet domestic cooking energy needs. A simple facility based on livestock manure or organic waste has proven to be technically and economically effective, with a positive benefit-cost ratio (B/C) and significant energy savings potential of 1.23, along with a payback period of 3.5 years. However, challenges such as high initial costs, lack of technical expertise, and fluctuations in raw materials remain significant obstacles. Replication strategies through community training, institutional support, and crowdfunding schemes are key to increasing the scalability and sustainability of biogas utilization in Jambi City.*

Keywords: *biogas; energy efficiency; organic waste; renewable energy*

Abstrak. Perubahan iklim, yang didorong oleh peningkatan emisi gas rumah kaca, menuntut diversifikasi sumber energi yang lebih bersih dan berkelanjutan, termasuk di tingkat rumah tangga. Kota Jambi, yang menghadapi tantangan ketergantungan bahan bakar fosil dan produksi sampah organik yang tinggi, memiliki potensi besar untuk pengembangan biogas sebagai sumber energi terbarukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi bahan baku, kapasitas produksi, efisiensi digester, serta manfaat ekonomi dan lingkungan dari penggunaan biogas di rumah tangga. Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif dan kualitatif campuran, dengan memanfaatkan survei, wawancara, observasi, dan tinjauan pustaka. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sampah organik domestik dan komersial di Kota Jambi, dengan volume 333,6 ton per hari, dapat diolah untuk menghasilkan biogas yang cukup untuk memenuhi kebutuhan energi memasak rumah tangga. Fasilitas sederhana berbasis kotoran ternak atau sampah organik telah terbukti efektif secara teknis dan ekonomis, dengan rasio manfaat-biaya (B/C) positif dan potensi penghematan energi yang signifikan sebesar 1,23, serta periode pengembalian modal (*payback period*) selama 3,5 tahun. Namun, tantangan seperti biaya awal yang tinggi, kurangnya keahlian teknis, dan fluktuasi bahan baku tetap menjadi kendala yang signifikan. Strategi replikasi melalui pelatihan masyarakat, dukungan kelembagaan, dan skema penggalangan dana merupakan kunci untuk meningkatkan skalabilitas dan keberlanjutan pemanfaatan biogas di Kota Jambi.

Kata Kunci: biogas; energi terbarukan; efisiensi energi; limbah organik

PENDAHULUAN

Perubahan iklim merupakan tantangan lingkungan global yang semakin nyata dampaknya, seperti meningkatnya suhu rata-rata bumi, pergeseran pola cuaca, hingga bencana hidrometeorologis yang lebih sering terjadi. Salah satu penyebab utama perubahan iklim adalah peningkatan konsentrasi gas rumah kaca (GRK) di atmosfer yang berasal dari aktivitas manusia, terutama dari pembakaran bahan bakar fosil. Sektor energi, termasuk konsumsi listrik dan bahan

bakar di tingkat rumah tangga, memberikan kontribusi besar terhadap emisi GRK. Di Indonesia, ketergantungan rumah tangga terhadap energi berbasis fosil seperti listrik dari pembangkit batu bara dan gas LPG masih sangat tinggi.

Kota Jambi dengan jumlah penduduk 635.101 dan laju pertumbuhan penduduk 1,22% (BPS Kota Jambi) serta kebutuhan energi yang terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk dan aktivitas ekonomi menuntut adanya diversifikasi sumber energi, khususnya energi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Kota Jambi menghadapi tantangan dalam penyediaan energi yang bersih dan terjangkau, terutama bagi rumah tangga. Ketergantungan masyarakat terhadap bahan bakar fosil seperti elpiji dan minyak tanah tidak hanya membebani ekonomi rumah tangga, tetapi juga berdampak negatif terhadap lingkungan. Salah satu solusi alternatif yang potensial untuk mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil adalah pemanfaatan biogas. Biogas merupakan salah satu bentuk energi terbarukan yang dihasilkan dari proses fermentasi bahan organik, seperti limbah kotoran ternak, sampah organik rumah tangga, dan limbah pertanian.

Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2015), mengemukakan bahwa di Indonesia melakukan pengelolaan sampah melebihi 175.000 ton sampah setiap harinya. Praktik pengelolaan sampah yang dilakukan seperti sebanyak 69% sampah diangkut dan dikubur di Tempat Pembuangan Akhir (TPA), sebanyak 10% sampah ditimbun, sebanyak 7% sampah dikomposkan dan didaur ulang, sebanyak 5% sampah dibakar, dan sisanya sebanyak 7% tidak dikelola dengan baik. Apabila sampah tidak dikelola dengan baik dapat menyebabkan sumber penyakit, sumber pencemaran yang akan memproduksi sebuah cairan leachate dan berpotensi untuk mencemari air tanah, dan gas yang berisi metana berpotensi untuk mencemari udara yang akan berperan sebagai faktor penyumbang terjadinya pemanasan global dan menimbulkan bau yang tidak sedap (Nirmala *et al.*, 2020). Sampah-sampah ini menjadi salah satu pokok permasalahan yang sangat serius di berbagai dunia, tidak terkecuali Indonesia sendiri. Pada umumnya, sekitar 80% dari seluruh sampah yang dihasilkan yaitu sampah organik yang hanya dianggap sampah belaka yang tidak mempunyai nilai ekonomi.

Sampah organik yang berasal dari sampah rumah tangga merupakan salah satu jenis sampah yang turut berkontribusi terhadap pencemaran lingkungan. Sebanyak 68% sampah rumah tangga berisi sampah organik (Agustin *et al.*, 2023).

Pemanfaatan biogas dalam skala rumah tangga tidak hanya dapat menyediakan sumber energi bersih untuk memasak atau kebutuhan lainnya, tetapi juga membantu mengurangi pencemaran lingkungan dan mendukung pengelolaan limbah secara berkelanjutan.

Di Kota Jambi, potensi sumber bahan baku biogas cukup melimpah, terutama dari limbah rumah tangga dan sektor peternakan rakyat. Namun, pemanfaatan teknologi biogas masih belum optimal. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk mengevaluasi potensi, tantangan, dan strategi implementasi pemanfaatan energi biogas di tingkat rumah tangga.

METODE PENELITIAN

Lokasi

Penelitian ini mengambil lokasi di Kota Jambi, dikarenakan memiliki karakteristik wilayah permukiman padat dengan aktivitas domestik yang menghasilkan limbah organik dalam jumlah tinggi, sehingga berpotensi menjadi sumber bahan baku biogas. Selain itu, wilayah ini telah mendapatkan intervensi program pengelolaan energi terbarukan dari pemerintah kota dan lembaga masyarakat, menjadikannya lokasi strategis untuk studi pemanfaatan biogas skala rumah tangga. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret-April 2025.

Sumber Data

Penelitian ini menggunakan pendekatan campuran (kualitatif dan kuantitatif)

- a) Kuantitatif: Penggunaan survei kepada rumah tangga dan analisis data seperti volume limbah, biaya instalasi, serta tingkat pemanfaatan biogas.
- b) Kualitatif: Wawancara mendalam, studi literatur, observasi lapangan, dan analisis SWOT.

Teknik Pengumpulan data

Pengumpulan data dilakukan melalui metode

- a) Wawancara Mendalam: Dilakukan kepada pihak instansi terkait seperti Dinas ESDM, Dinas Lingkungan Hidup, dan pengguna biogas.
- b) Observasi: Observasi langsung terhadap lokasi atau rumah tangga yang sudah atau berpotensi menggunakan instalasi biogas.
- c) Studi Literatur: Mengkaji hasil penelitian, laporan teknis, dan dokumen kebijakan yang relevan.

Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan melalui tahapan analisis isi (*content analysis*). Setiap artikel ditelaah untuk mengidentifikasi:

- a) Analisis Kuantitatif Deskriptif: Untuk mengolah hasil survei dengan statistik sederhana (persentase, rata-rata) terkait volume limbah, biaya, dan penggunaan biogas.
- b) Analisis Kualitatif Tematik: Untuk menganalisis data hasil wawancara dan observasi, dengan mengelompokkan informasi berdasarkan tema-tema utama (misal: hambatan, persepsi, dan peluang).
- c) Analisis SWOT: Untuk menyusun strategi implementasi pemanfaatan biogas berdasarkan kekuatan, kelemahan, peluang, dan ancaman yang diidentifikasi dari data.

Potensi Bahan Baku Biogas di Lingkungan Permukiman

Potensi bahan baku biogas di kawasan permukiman Kota Jambi tergolong tinggi, terutama dari limbah organik rumah tangga seperti sisa makanan, limbah dapur, dan kotoran ternak skala kecil. Sebagian besar wilayah permukiman di Kota Jambi, khususnya di kelurahan padat penduduk seperti Simpang III Sipin dan Kenali Besar, menghasilkan limbah organik harian yang belum seluruhnya dikelola secara optimal. Studi oleh Ismet *et al.* (2023) menunjukkan bahwa pemanfaatan limbah organik pasar dan rumah tangga di Kelurahan Kenali Besar mampu menghasilkan biogas yang cukup untuk memenuhi kebutuhan energi memasak rumah tangga. Selain itu, residu hasil pengolahan biogas dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik atau media budidaya cacing tanah yang bernilai ekonomis (Kartika *et al.*, 2016). Kondisi iklim tropis Kota Jambi yang hangat dan kelembapan tinggi juga mendukung proses fermentasi anaerobik yang diperlukan dalam produksi biogas. Oleh karena itu, dengan pendekatan teknologi sederhana dan partisipasi masyarakat, pengembangan biogas berbasis limbah permukiman di Kota Jambi memiliki potensi besar untuk dikembangkan sebagai sumber energi terbarukan skala rumah tangga.

Efisiensi Energi dan Pemanfaatan Biogas

Penerapan biogas skala rumah tangga di Kota Jambi telah terbukti efisien dari segi energi dan ekonomi. Sebagai contoh, Pemerintah Provinsi Jambi membangun sekitar 80 instalasi biogas berbasis kotoran sapi di empat kabupaten pada tahun 2017, yang memungkinkan warga

mengubah limbah ternak menjadi bahan bakar untuk memasak, sehingga mengurangi ketergantungan pada LPG sekaligus nilai ekonomis yang jelas.

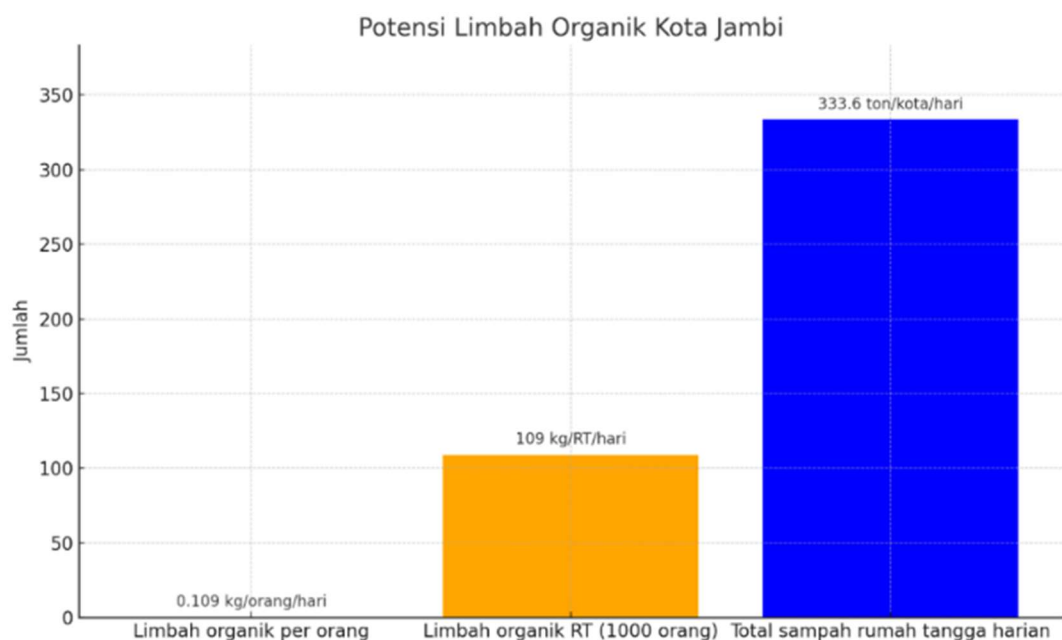
Evaluasi teknis dari Irsyad & Yanti (2016) menunjukkan bahwa digester plastik berkapasitas 4,71 m³ dapat menghasilkan rata-rata 0,79 m³ gas per hari, setara dengan penghematan biaya bahan bakar setara 0,211 liter minyak tanah, dan memberikan nilai rasio manfaat–biaya (B/C) sebesar 1,23 dengan periode pengembalian investasi selama 3,5 tahun. Selain itu, program inovatif di TPA Talang Gulo berhasil memanfaatkan gas metan dari pengolahan sampah untuk kebutuhan memasak sekitar 101 keluarga, membuktikan kelayakan biogas sebagai alternatif hemat dan berkelanjutan

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Potensi Limbah Organik Rumah Tangga Kota Jambi

Kota Jambi menghasilkan volume sampah rumah tangga harian yang besar, sekitar 333,6 ton per hari, dengan komposisi limbah organik mencapai mayoritas karbohidrat, sayuran, dan limbah dapur lainnya meski proporsi pastinya tidak dirinci dalam studi PLTSa Kota Jambi (Rayesa & Cahyono, 2022). Estimasi konservatif menunjukkan bahwa setiap orang dapat menyumbang sekitar 0,109 kg limbah organik per hari, sehingga sebuah lingkungan RT dengan 1.000 penduduk bisa menghasilkan hampir 109 kg limbah organik per hari.

Studi pasar Aurduri di Kelurahan Kenali Besar pun membuktikan bahwa limbah pasar sayuran segar, sisa makanan, dan kotoran hewan dapat diolah menjadi biogas skala rumah tangga melalui reaktor sederhana (Ismet *et al.*, 2023). Kondisi iklim tropis dengan kelembapan tinggi juga mempercepat proses fermentasi anaerobik, menjadikan Kota Jambi sangat potensial untuk pengembangan biodigester skala kecil. Keseluruhan data menunjukkan adanya potensi limbah organik yang cukup besar untuk menjadi bahan baku biogas harian di tingkat RT atau kelurahan.

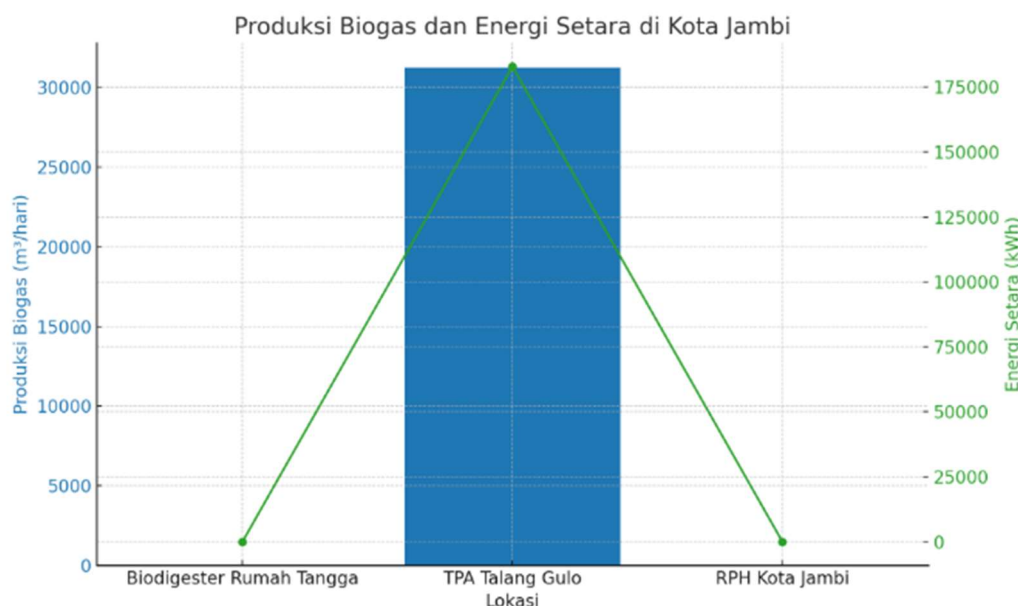


Gambar 1. Grafik Potensi Limbah Organik Kota Jambi

Kapasitas Produksi Biogas

Kapasitas produksi biogas di Kota Jambi menunjukkan potensi pemanfaatan energi terbarukan yang cukup besar, baik di sektor rumah tangga maupun pengolahan limbah skala komunal. Studi oleh Irsyad dan Yanti (2016) mencatat bahwa instalasi biodigester rumah tangga berbasis kotoran sapi dengan kapasitas 4,71 m³ mampu menghasilkan rata-rata 0,79 m³ gas per hari, yang cukup untuk memenuhi kebutuhan memasak satu keluarga secara berkelanjutan. Sementara itu, pemanfaatan gas metana di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Talang Gulo telah dikembangkan sejak 2020 untuk melayani kebutuhan memasak lebih dari 100 keluarga.

Estimasi melalui metode LandGEM menunjukkan potensi produksi gas metana di TPA ini mencapai 11,4 juta kilogram per tahun, setara dengan energi listrik sebesar 182.862 kWh/tahun (Rayesa & Cahyono, 2022). Selain itu, unit biogas di Rumah Potong Hewan (RPH) Kota Jambi juga dilaporkan mampu menghasilkan sekitar 2,4 m³ biogas per hari, yang setara dengan 11,28 kWh energi jika dikonversi menjadi listrik. Data ini menunjukkan bahwa kapasitas produksi biogas di Kota Jambi tidak hanya mampu menggantikan sumber energi konvensional seperti LPG, tetapi juga mendukung ketahanan energi lokal dengan memanfaatkan limbah domestik dan organik secara efisien.



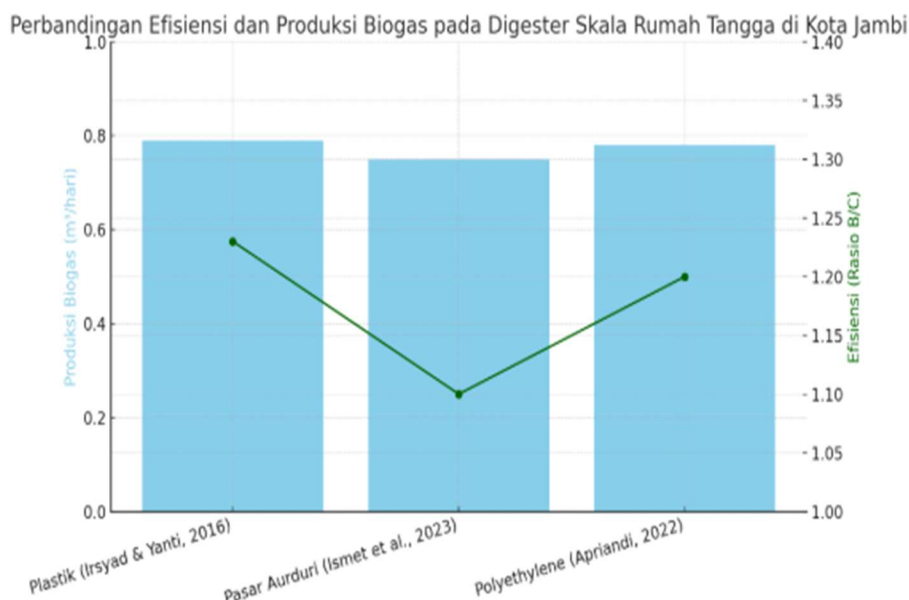
Gambar 2. Grafik Data Biogas

Efektivitas Digester Biogas Skala Rumah Tangga

Evaluasi efektivitas digester biogas skala rumah tangga menunjukkan hasil yang menjanjikan dalam hal produksi gas dan kelayakan ekonomis. Mengacu pada studi yang dilakukan oleh Irsyad & Yanti (2016), menganalisis biodigester plastik berkapasitas 4,71 m³ berbahan kotoran ternak dan mencatat produksi rata-rata 0,79 m³ gas per hari, setara dengan penghematan sekitar 0,21 liter minyak tanah dengan rasio manfaat/biaya (B/C) sebesar 1,23 dan periode balik modal sekitar 3,5 tahun.

Di Jambi sendiri, menurut studi yang pernah dilakukan oleh Ismet *et al.*, (2023) di Pasar Aurduri menggunakan reaktor biogas sederhana berhasil mengonversi limbah organik pasar menjadi biogas yang siap pakai untuk memasak, menunjukkan bahwa teknologi ini dapat diterapkan di lingkungan urban dengan keberlanjutan operasional. Selain itu, analisis teknis dari

Apriandi (2022) menyimpulkan bahwa biodigester polyethylene berfungsi optimal pada rasio campuran bahan dan suhu operasi yang sesuai, walaupun masih memerlukan untuk pemantauan kondisi internal agar kinerja tetap stabil. Keseluruhan data ini menegaskan bahwa digester sederhana yang didukung desain tepat guna, pelatihan pengguna, dan pemeliharaan rutin memiliki efektivitas tinggi dalam produksi biogas untuk rumah tangga, sekaligus menawarkan solusi berkelanjutan bagi pengelolaan limbah organik perkotaan.



Gambar 3. Grafik Data Biogas

Manfaat Ekonomi dan Lingkungan

Penerapan biogas skala rumah tangga dan komunal di Jambi terbukti memberikan manfaat ekonomi signifikan dan dampak lingkungan positif. Fatati *et al.* (2015) dalam studi valuasi ekosistem melaporkan bahwa adopsi teknologi biogas mencapai 53,33%, dengan peningkatan manfaat ekonomi sebesar 66%, termasuk penghematan biaya energi dan tambahan pendapatan melalui penggunaan pupuk dari slurry. Implementasi reaktor biogas di Pasar Aurduri, Jambi, juga berhasil mengubah limbah pasar menjadi bahan bakar alternatif yang layak, sekaligus mengurangi beban sampah organik perkotaan. Selain itu, Irsyad & Yanti (2016) dalam kaji techno-ekonomi menunjukkan bahwa biodigester plastik berkapasitas 4,71 m³ mampu menghasilkan 0,79 m³ gas per hari, setara penghematan bahan bakar dan memberikan nilai B/C 1,23 serta *payback period* 3,5 tahun. Secara ekologis, penggunaan biogas secara langsung menggantikan LPG dan kayu bakar, meminimalkan emisi gas rumah kaca dan mengurangi pemanfaatan sumber daya hutan. Selain itu, *slurry* yang kaya nutrisi meningkatkan kesuburan tanah dan mengurangi kebutuhan pupuk kimia, mendukung praktik pertanian ramah lingkungan.

Tantangan dan Kendala Implementasi

Implementasi biogas di tingkat rumah tangga di Kota Jambi menghadapi sejumlah kendala utama. Pertama, ketersediaan bahan baku limbah organik yang tidak selalu konsisten terutama fluktuasi pasokan kotoran ternak dan sisa makanan dapat menghambat kontinuitas produksi gas. Kedua, biaya investasi awal untuk pemasangan biodigester masih tergolong tinggi

bagi sebagian besar keluarga, dan biaya pemeliharaan berikutnya juga menambah beban ekonomi. Ketiga, minimnya pengetahuan teknis tentang pengoperasian dan pemeliharaan sistem biogas menyebabkan kesalahan penggunaan dan potensi kegagalan operasional. Keempat, kurangnya dukungan kebijakan dan koordinasi kelembagaan mengakibatkan jalur pendanaan dan insentif menjadi tidak jelas atau terbatas. Persepsi masyarakat yang menganggap penggunaan biogas rumit dibandingkan LPG termasuk kekhawatiran bau dan keamanan dapat menurunkan tingkat adopsi teknologi tersebut. Untuk mengatasi hambatan ini, diperlukan strategi terpadu seperti pelatihan teknis berkelanjutan, dukungan modal melalui relawan atau CSR, serta kampanye edukasi yang membangun kepercayaan masyarakat terhadap biogas.

Strategi Replikasi dan Skalabilitas

Penggandaan dan perluasan pemanfaatan teknologi biogas di skala rumah tangga di Kota Jambi dapat diperkuat melalui strategi replikasi berbasis kolaborasi multisektor. Program seperti *Biogas Rumah* (BIRU) yang didukung pemerintah pusat melalui Dana Alokasi Khusus dan kemitraan dengan lembaga internasional. Indonesia telah menciptakan lebih dari 31.000 instalasi biodigester, termasuk wilayah Jambi, dengan model keuangan campuran yang menggabungkan hibah dan skema cicilan untuk meningkatkan aksesibilitas masyarakat. Pendekatan ini terbukti efektif karena menggunakan teknologi sederhana, adaptif, dan dilengkapi pelatihan lokal agar komunitas dapat mengoperasikannya secara mandiri. Sebagai pelengkap, evaluasi dengan metode *fault-tree analysis* pada program DIY menunjukkan nilai pentingnya pemilihan pengguna yang tepat dan edukasi berkelanjutan untuk meminimalisasi kesalahan manusia, yang merupakan penyebab utama kegagalan sistem biogas. Mengadopsi model replikasi serupa yang memprioritaskan dukungan pendanaan terjangkau, pelatihan pengguna, dan sistem monitoring lokal Kota Jambi dapat memperluas basis pengguna rumah tangga biogas dan mengukuhkan struktur kelembagaan lokal yang mendukung skalabilitas teknologi ini (Kusuma *et al.*, 2016).

KESIMPULAN

Kota Jambi memiliki potensi besar dalam pemanfaatan biogas skala rumah tangga berkat tingginya produksi limbah organik harian. Instalasi biogas di berbagai lokasi telah menunjukkan efektivitas dalam menghasilkan energi alternatif yang layak secara teknis dan ekonomis. Manfaat yang diperoleh meliputi penghematan biaya energi, peningkatan kualitas lingkungan, serta kontribusi terhadap pengurangan emisi gas rumah kaca. Meskipun menghadapi tantangan seperti fluktuasi bahan baku, biaya awal tinggi, dan kurangnya edukasi teknis, strategi replikasi berbasis pelatihan masyarakat, dukungan kebijakan, dan pendanaan inovatif dapat memperluas adopsi teknologi ini secara berkelanjutan di Kota Jambi.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriandi, N. (2021). *Analisa biodigester polyethylene skala rumah tangga dengan memanfaatkan limbah organik sebagai sumber penghasil biogas*. Orbith: Majalah Ilmiah Pengembangan Rekayasa dan Sosial, 17(1), 23–29.
- Aulia Wulansari Agustin, Sudarti, S. and Yushardi, Y. (2023) ‘Potensi Pemanfaatan Biogas Dari Sampah Organik Sebagai Sumber Energi Terbarukan’, *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*, 2(6), pp. 1109–1116.
- KOTA JAMBI DALAM ANGKA (2025). Volume 26, Katalog: 1102001.1571, ISSN:

0215-3920, Nomor Publikasi: 15710.25001. BPS Kota Jambi.

- Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral Provinsi Jambi. (2017). *Laporan Pelaksanaan Program Biogas Rumah Tangga di Provinsi Jambi Tahun 2017*. Jambi: ESDM Provinsi Jambi.
- Fatati, F., Novra, A., & Farizal, F. (2015). *Valuasi Ekosistem dalam Menentukan Potensi Nilai Manfaat Ekonomi Teknologi Biogas bagi Rumah Tangga Peternak Sapi dan Daerah*. *Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Peternakan*, 18(2), 72–82.
- Irsyad, M., & Yanti, F. (2016). *Analisis Efektivitas dan Kelayakan Ekonomi Instalasi Biogas Skala Rumah Tangga Berbasis Kotoran Sapi di Kota Jambi*. *Jurnal Ilmiah Teknologi Energi*, 5(2), 87–94.
- Ismet, L. M., Gusti, D. R., & Yanova, S. . (2023). Pemanfaatan Reaktor Biogas Untuk Mengkonversi Limbah Organik Menjadi Biogas Sebagai Bahan Bakar Alternatif Di Pasar Rakyat Tradisional Aurduri Kelurahan Kenali Besar Kecamatan Alam Barajo Jambi. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Pinang Masak*, 4(1), 1–8.
- Kartika, W. D., Azhari, M. A., & Hidayat, T. (2016). *Pemanfaatan Sisa Biogas sebagai Media Budidaya Cacing Tanah di Kelurahan Kenali Asam Bawah, Kota Jambi*. *Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, 4(1), 27–33.
- Kusuma, G. J., Lubis, R. D., & Aryandono, D. (2016). *Strategi Penerapan Sistem Biogas dan Integrasinya dengan Pertanian di Provinsi Jambi*. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 17(2), 45–52.
- Pemerintah Kota Jambi. (2021). *Program Pemanfaatan Gas Metan TPA Talang Gulo untuk Energi Rumah Tangga*. Dinas Lingkungan Hidup Kota Jambi.
- Rayesa, M., & Cahyono, A. (2022). *Studi Kelayakan Pengembangan PLTSa di Kota Jambi*. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 9(1), 67–74.