

SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW (SLR): SUMBER ENERGI TERBARUKAN : POTENSI KOTORAN TERNAK DAN LIMBAH PERTANIAN UNTUK PRODUKSI BIOGAS BERKELANJUTAN

Nisa Cantika Fitri 1¹, Hamdi 2^{1,2}

¹Mahasiswa Magister Pendidikan Fisika, Universitas Negeri Padang, Indonesia;

²Dosen Magister Pendidikan Fisika, Universitas Negeri Padang, Indonesia;

Email : nisacantikaf@gmail.com;

Abstrak : Biogas memiliki potensi yang signifikan sebagai sumber energi terbarukan untuk aplikasi industri dan domestik serta solusi efisien terhadap krisis energi global . Meningkatnya penggunaan bahan bakar fosil dan kekhawatiran lingkungan atas emisi gas rumah kaca dan perubahan iklim telah membangkitkan minat terhadap bio-gas sebagai sumber energi alternatif terbarukan. Biogas dapat dibuat dari biomassa yang berbeda seperti kotoran unggas, limbah tanaman pertanian, dan kotoran ternak dengan degradasi anaerobik yang terkendali. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi perkembangan penelitian biogas dari seluruh dunia yang diperoleh dari jurnal internasional terkait pada tahun 2018 - 2023. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Systematic Literature Review (SLR). Metode SLR digunakan untuk mengidentifikasi, mengkaji, mengevaluasi, dan menyimpulkan semua penelitian yang ada dengan bidang topik yang menarik, dengan pertanyaan penelitian spesifik yang relevan. Data diperoleh dengan melakukan pencarian jurnal dengan aplikasi publish or perish ditemukan 160 jurnal yang diperoleh dari database Google Scholar. Kemudian jurnal tersebut disaring berdasarkan jenis artikelnya dan jika jumlah sitasi lebih dari 32 maka diperoleh 76 artikel yang akan direview. Metode SLR ini menunjukkan perkembangan penelitian Biogas di beberapa negara .

Kata Kunci : Biogas, Energi Terbarukan

1. Pendahuluan

Energi merupakan kebutuhan mendasar bagi kenyamanan manusia dan kebutuhan pokok kehidupan sehari-hari. Sebagian besar negara, khususnya negara berkembang, mengalami krisis energi karena ketergantungan berlebihan pada bahan bakar fosil yang persediannya terbatas (Kabeyi & Olanrewaju, 2022) . Penggerak energi nasional di seluruh negara secara global adalah keamanan

Jurnal Energi Baru & Terbarukan, 20xx, Vol. x, No. x, pp 1 – **Error! Bookmark not defined.**

Received : ...

Accepted : ...

Published : ...



Copyright: © 2022 by the authors. [Jurnal Energi Baru dan Terbarukan](#) (p-ISSN: [2809-5456](#) and e-ISSN: [2722-6719](#)) published by Master Program of Energy, School of Postgraduate Studies. This article is an open access article distributed under the terms and condition of the [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](#) (CC BY-SA 4.0).

energi, perlindungan lingkungan, dan pertumbuhan ekonomi. Sumber bahan bakar fosil seperti batu bara, gas, dan minyak diperkirakan akan habis dalam 10 dekade mendatang, sehingga diperlukan sumber energi alternatif (Deng et al., 2020). Selain itu, perjanjian internasional seperti agen 21 dan Protokol Kyoto menganjurkan transisi ke sumber energi terbarukan dan rendah karbon karena tingginya emisi gas rumah kaca yang terkait dengan bahan bakar fosil dan perubahan iklim terkait yang disebabkan (Tabatabaei et al., 2020).

Biogas memiliki potensi yang signifikan sebagai sumber energi terbarukan untuk aplikasi industri dan domestik serta solusi efisien terhadap krisis energi global (Atelge et al., 2020). Meningkatnya penggunaan bahan bakar fosil dan kekhawatiran lingkungan atas emisi gas rumah kaca dan perubahan iklim telah membangkitkan minat terhadap bio-gas sebagai sumber energi alternatif terbarukan (Struk et al., 2020). Biogas dapat dibuat dari biomassa yang berbeda seperti kotoran unggas, limbah tanaman pertanian, dan kotoran ternak dengan degradasi anaerobik yang terkendali. Biogas yang dihasilkan dapat diolah lebih lanjut dan dipekatkan untuk menghasilkan biometana yang dapat diinjeksikan ke dalam pipa gas alam (Lu & Gao, 2021). Biogas yang merupakan produk sampingan dari metabolisme mikroba dapat digunakan dalam bentuk mentahnya untuk pembangkit panas dan listrik atau dapat ditingkatkan menjadi biometana dan untuk produksi bahan kimia bernilai tambah untuk energi dan aplikasi proses industri (Khanal et al., 2021). Penggunaan biogas dapat mengurangi emisi gas rumah kaca karena mempunyai potensi yang sangat besar untuk digunakan sebagai sumber daya terbarukan (Villadsen et al., 2019). Sebagai contoh, 0,29% dari total konsumsi energi di Swiss pada tahun 2014 adalah dalam bentuk biogas dan menyumbang hampir 8% dari total produksi energi terbarukan tanpa memperhitungkan pembangkit listrik tenaga air (Korberg et al., 2020)

Biogas dapat digunakan untuk mengurangi ketergantungan pada biomassa padat seperti kayu bakar sebagai bahan bakar memasak. Biogas mempunyai potensi untuk menyediakan bahan bakar memasak ramah lingkungan bagi sekitar 200 juta orang pada tahun 2040, khususnya di Afrika dan Asia. Hal ini menyiratkan bahwa biogas memiliki peran penting dalam realisasi tujuan pembangunan sosial (SDGs). Dengan peningkatan, biogas menghasilkan biometana sebagai bahan bakar yang lebih unggul dibandingkan biogas yang belum diproses (Kasinath et al., 2021). Hal ini menempatkan biogas sebagai sumber energi yang dapat diandalkan dalam transisi energi menuju energi ramah lingkungan dan rendah karbon serta bauran listrik (Baena-Moreno et al., 2019)

Biogas dihasilkan melalui proses pencernaan anaerobik (AD) yang manfaatnya antara lain menghasilkan sumber energi terbarukan sedangkan proses tersebut dapat mengarah pada pengolahan bahan baku selama pengolahan dan juga menghasilkan pencernaan yang merupakan pupuk organik bermanfaat yang dapat menggantikan pupuk kimia secara berkelanjutan (Roubik et al., 2018). Biogas mempunyai peran penting dalam transisi energi global karena adanya kebutuhan untuk mengubah sistem kelistrikan global dari pembangkit listrik berbasis bahan bakar fosil menjadi pembangkit listrik berbasis energi rendah karbon dan terbarukan. Dengan potensi konversi biomassa menjadi bio-gas yang sangat besar dan banyaknya teknologi konversi biogas menjadi listrik yang layak, biogas akan memainkan peran yang sangat penting dalam transisi energi sebagai sumber bahan bakar energi terbarukan dan bahan baku untuk produksi industri bahan bakar kimia dan bahan bakar kimia produk terbarukan (Cebula et al., 2018). Pembangkitan biogas yang dikendalikan secara mikroba merupakan bagian penting dari siklus karbon global dimana biodegradasi anaerobik

alami diperkirakan menghasilkan 590–800 juta ton metana ke atmosfer global (Lindkvist & Karlsson, 2018).

Biogas dan biometana yang diperkaya juga menyediakan cara untuk mengintegrasikan masyarakat pedesaan dan industri ke dalam transformasi sektor energi melalui pembangkitan listrik yang terhubung ke jaringan dan menghindari beban pada jaringan listrik melalui pembangkitan listrik dan panas milik sendiri (Nwokolo et al., 2020). Biogas adalah metana yang merupakan sumber energi terbarukan yang dihasilkan oleh pencernaan bahan organik secara anaerobik dalam kondisi terkendali. Substrat biomassa digunakan untuk produksi biogas asalkan mengandung selulosa, hemiselulosa, protein, lemak, dan karbohidrat yang tidak dapat dicerna. Biogas memiliki banyak aplikasi dalam produksi panas dan listrik serta sebagai bahan mentah untuk produksi beberapa biofuel dan juga dapat digunakan untuk produksi biometana, karbon dioksida, dan hidrogen. Kandungan energi biogas merupakan fungsi komposisi metana yang dipengaruhi oleh proses dan jenis substrat yang digunakan dalam produksinya (Nevzorova & Kutcherov, 2019)

Review ini bertujuan untuk mendapatkan informasi terkait potensi dan manfaat biogas dalam konteks energi terbarukan. Melalui penelitian ini, kami berharap dapat memberikan kontribusi yang berharga dalam pemahaman lebih lanjut tentang peran biogas dalam transformasi energi menuju masa depan yang lebih berkelanjutan. Tidak dapat dipungkiri bahwa masa depan energi kita harus didasarkan pada sumber-sumber yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan. Biogas, sebagai contoh nyata bagaimana limbah dapat diubah menjadi sumber energi berkelanjutan, menjadi topik yang sangat relevan dan menarik untuk diteliti lebih lanjut. Dalam konteks ini, penelitian ini adalah langkah pertama kami untuk memahami potensi biogas dalam memberikan solusi energi terbarukan dan berkontribusi pada pelestarian bumi kita yang rentan membatasi artikel pada tahun 2018 sampai dengan tahun 2023.

2. METODE

2.1. Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah Biogas. Ada beberapa alasan memilih Biogas sebagai objek penelitian, misalnya Biogas mempunyai potensi Biogas bersifat kompetitif, layak, dan umumnya merupakan sumber energi berkelanjutan karena melimpahnya pasokan bahan baku yang murah dan ketersediaan beragam aplikasi biogas dalam pemanas, pembangkit listrik, bahan bakar, dan bahan mentah untuk pemrosesan lebih lanjut dan produksi bahan kimia berkelanjutan termasuk hidrogen, dan karbon dioksida dan biofuel.

2.2. Metode Penelitian

2.2.1. Pertanyaan penelitian

- Berapa jumlah artikel terindeks Google Scholar dengan penelitian Biogas yang ditemukan pada tahun 2018-2023?
- Bagaimana tren perkembangan jumlah artikel terindeks Google Scholar dengan penelitian Biogas pada tahun 2018-2023?
- Berapa jumlah sitasi artikel terindeks Google Scholar dengan penelitian Biogas pada tahun 2018-2023?
- Negara mana saja yang mengulas Biogas dari artikel terindeks Google Scholar pada tahun 2018-2023?
- Apa saja focus group penelitian tentang Biogas dari artikel yang terindeks Google Scholar pada tahun 2018 - 2023?

2.2.2. Proses Pencairan

Proses pencarian dilakukan pada database Google Scholar dengan aplikasi Publish or Perish. Kata kunci yang digunakan adalah “Biogas” dengan membatasi artikel pada tahun 2018 sampai dengan tahun 2023.

2.2.3. Kriteria Inklusi dan Eksklusi

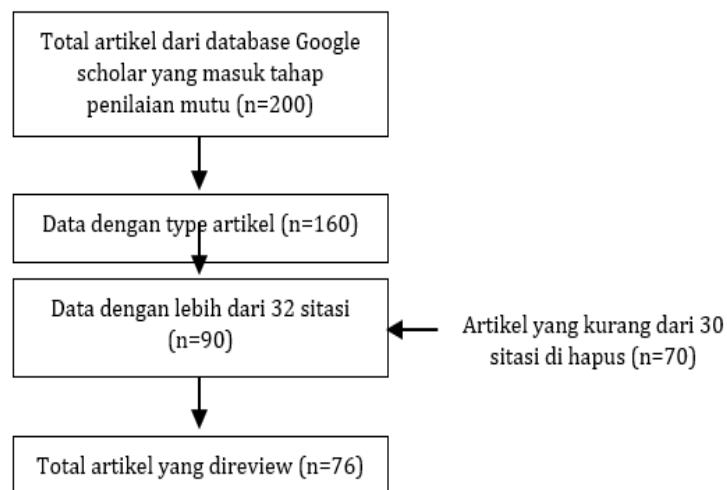
Pada tahap ini ditentukan kriteria dari data yang diperoleh, apakah data tersebut layak dijadikan sumber data penelitian atau tidak. Berikut kriteria data yang dikatakan layak dijadikan sumber data penelitian, yaitu:

- Data diperoleh dalam rentang waktu 2018-2023.
- Data diperoleh dari database Google Scholar melalui aplikasi Publish or Perish.
- Data yang digunakan hanya berkaitan dengan Biogas.

2.2.4. Penilaian Kualitas

Pada tahap ini akan dilakukan evaluasi terhadap data-data yang telah ditemukan berdasarkan kriteria berikut :

- Data yang dipilih hanya tipe artikel.
- Data dengan jenis conference paper, letter, book, dan review dihilangkan.
- Data yang dipilih hanya dari artikel jurnal yang sitasinya lebih dari 32.



Gambar 1. Flowchart Penyeleksian Jurnal

2.2.5. Pengumpulan Data

Pada tahap ini, data-data yang diperlukan dalam penelitian dikumpulkan untuk dianalisis lebih lanjut. Berikut langkah-langkah pengumpulan datanya :

1. Buka aplikasi Publish or Perish.
2. Pilih database pencarian Google Scholar.
3. Masukkan kata kunci “Biogas”.
4. Pada kolom “Tahun” pencarian Scopus, masukkan tahun 2018 pada kotak pertama dan 2023 pada kotak kedua.
5. Klik tombol “Cari” dan akan muncul database artikel Google Scholar tentang Biogas tahun 2018-2023.

The screenshot shows a Google Scholar search interface with the keyword 'biogas' entered. The search results table is as follows:

	Cites	Per year	Rank	Authors	Title	Year	Publication	Publisher	Type
	120	30.00	4	E Winquist, P Rikko...	Is biogas an energy or a sustainab...	2019	Journal of cleaner ...	Elsevier	HTML
	36	9.00	13	E Bahrs, E Angenen...	Status quo and perspectives of bi...	2019	Gcb Bioenergy	Wiley Online Library	
	75	18.75	15	N Sawyerr, C Trois, ...	An overview of biogas production...	2019	International Journal of ...	researchgate.net	PDF
	38	7.60	17	YJ Chan, MF Chong	Palm oil mill effluent (POME) treat...	2018	Green technologies for the...	Springer	
	36	7.20	18	A Schnürer, Å Jarvis	Microbiology of the biogas process	2018	Swedish university of agric...	researchgate.net	PDF
	72	18.00	20	RJ Patinvoh, MJ Tah...	Challenges of biogas implementat...	2019	Current Opinion in Environ...	Elsevier	
	72	24.00	22	N Nwokolo, P Muk...	Waste to energy: A focus on the l...	2020	Processes	mdpi.com	
	77	19.25	30	FM Baena-Moreno...	Recent advances in biogas purifyin...	2019	... Journal of Green ...	Taylor & Francis	
	103	34.33	35	AD Korberg, IR Sko...	The role of biogas and biogas-der...	2020	Energy	Elsevier	
	117	39.00	41	TH Christensen, R C...	Landfilling of waste: Biogas	2020		books.google.com	BOOK
	117	23.40	43	S Sarker, JJ Lamb, ...	Overview of recent progress towar...	2018	Fuel	Elsevier	
	63	31.50	44	M Gustafsson, S A...	Dimensions and characteristics of ...	2021	Renewable and sustainable...	Elsevier	HTML
	99	49.50	45	U Brémond, A Bertr...	A vision of European biogas secto...	2021	Journal of Cleaner ...	Elsevier	
	286	57.20	47	N Scarlet, F Fahl, JF ...	A spatial analysis of biogas potent...	2018	... and Sustainable Energy ...	Elsevier	HTML

Gambar 2. Hasil pencarian artikel menggunakan Publish or Perish dengan kata kunci Biogas

2.2.6. Analisis Data

Data yang telah dikumpulkan pada tahap sebelumnya akan dianalisis pada tahap ini. Hasilnya akan menjawab semua pertanyaan penelitian yang telah ditentukan.

2.2.7. Dokumentasi

Pada tahap ini hasil penelitian dituangkan dalam bentuk makalah sesuai format yang telah disediakan.

3. Hasil dan Pembahasan

Dari hasil proses pencarian, kriteria inklusi dan eksklusi, serta penilaian kualitas. Didapatkan 76 artikel jurnal yang sesuai dengan bauran yaitu jurnal terindeks Google Scholar periode 2018-2023 dengan topik “Biogas”.

Tabel 1. Menampilkan artikel jurnal tersebut.

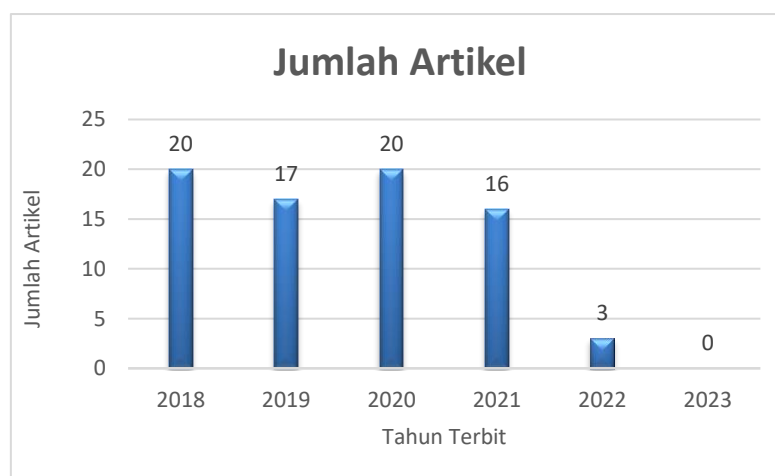
NO	SITASI	PENULIS	JUDUL	TAHUN
1	79	Yevdokymov, Y	Biogas as an alternative energy resource for Ukrainian companies: EU experience	2018
2	69	Cebula, J	Biogas as an alternative energy source in Ukraine and Israel: Current issues and benefits	2018
3	82	Khalilpour, K R	Biogas as an energy vector	2021
4	60	Wang, Y	Biogas energy generated from livestock manure in China: Current situation and future trends	2021
5	174	Zabed, H M	Biogas from microalgae: Technologies, challenges and opportunities	2020
6	75	Gao, M	Biogas potential, utilization and countermeasures in agricultural provinces: A case study of biogas development in Henan Province, China	2019

7	65	Kabeyi, M J B	Biogas production and applications in the sustainable energy transition	2022
8	175	Atelge, M R	Biogas production from organic waste: recent progress and perspectives	2020
9	37	Ghosh, P	Biogas production from waste: Technical overview, progress, and challenges	2020
10	42	Lindkvist, E	Biogas production plants; existing classifications and proposed categories	2018
11	32	Valijanjan, E	Biogas production systems	2018
12	36	Rodero, M R	Biogas purification and upgrading technologies	2018
13	49	Roubík, H	Biogas quality across small-scale biogas plants: A case of central Vietnam	2018
14	101	Obaideen, K	Biogas role in achievement of the sustainable development goals: Evaluation, Challenges, and Guidelines	2022
15	38	Wang, X	Biogas standard system in China	2020
16	46	Deng, L	Biogas technology	2020
17	1066	Angelidaki, I	Biogas upgrading and utilization: Current status and perspectives	2018
18	88	Baena-Moreno, F M	Biogas upgrading by cryogenic techniques	2019
19	44	Struk, M	Biogas upgrading methods: recent advancements and emerging technologies	2020
20	68	Angelidaki, I	Biogas upgrading: current and emerging technologies	2019
21	1246	Scarlat, N	Biogas: Developments and perspectives in Europe	2018
22	55	Tabatabaei, M	Biogas: fundamentals, process, and operation	2018
23	53	Lu, J	Biogas: Potential, challenges, and perspectives in a changing China	2021
	286	Scarlat, N	A spatial analysis of biogas potential from manure in Europe	2018
24				
25	32	Borges, C P	A systems modeling approach to estimate biogas potential from biomass sources in Brazil	2021
26	99	Brémond, U	A vision of European biogas sector development towards 2030: Trends and challenges	2021
27	58	Golmakani, A	Advances, challenges, and perspectives of biogas cleaning, upgrading, and utilisation	2022
28	35	Stürmer, B	Agricultural biogas production: A regional comparison of technical parameters	2021
29	48	Mazur, V A	Agroecological prospects of using corn hybrids for biogas production	2020
30	83	Yücenur, G N	An integrated solution with SWARA&COPRAS methods in renewable energy production: City selection for biogas facility	2020
31	33	Khanal, S K	Anaerobic digestion beyond biogas	2021
32	70	Mukeshimana, M C	Analysis on barriers to biogas dissemination in Rwanda: AHP approach	2021
33	113	Kasinath, A	Biomass in biogas production: Pretreatment and codigestion	2021
34	72	Patinvoh, R J	Challenges of biogas implementation in developing countries	2019
35	92	Li, Y	Composition and toxicity of biogas produced from different feedstocks in California	2019

36	71	Oliveira, L G S	Contextual structures and interaction dynamics in the Brazilian De Biogas Innovation System	2019
37	39	Shallo, L	Determinants of biogas technology adoption in southern Ethiopia	2020
38	63	Gustafsson, M	Dimensions and characteristics of biogas policies–Modelling the European policy landscape	2021
39	39	Zhang, Y	Economic assessment of biogas purification systems for removal of both H ₂ S and siloxane from biogas	2021
40	93	Bhatt, A H	Economic perspectives of biogas production via anaerobic digestion	2020
41	58	Bao, W	Estimation of livestock excrement and its biogas production potential in China	2019
42	68	Mittal, S	Future biogas resource potential in India: a bottom-up analysis	2019
43	222	Meyer, A K P	Future European biogas: Animal manure, straw and grass potentials for a sustainable European biogas production	2018
44	230	Goh, K	Harnessing filler materials for enhancing biogas separation membranes	2018
45	58	Jabeen, G	Household-based critical influence factors of biogas generation technology utilization: a case of Punjab province of Pakistan	2020
46	49	Bragança, I	Impurities in biogas: Analytical strategies, occurrence, effects and removal technologies	2020
47	166	Mancini, G	Increased biogas production from wheat straw by chemical pretreatments	2018
48	120	Winquist, E	Is biogas an energy or a sustainability product?-Business opportunities in the Finnish biogas branch	2019
49	86	Benato, A	Italian biogas plants: Trend, subsidies, cost, biogas composition and engine emissions	2019
50	117	Christensen, T H	Landfilling of waste: Biogas	2020
51	77	Chowdhury, T	Latest advancements on livestock waste management and biogas production: Bangladesh's perspective	2020
52	115	Mishra, A	Multidimensional approaches of biogas production and up-gradation: Opportunities and challenges	2021
53	38	Marks, S	New trends in substrates and biogas systems in Poland	2020
54	39	Gilassi, S	Optimizing membrane module for biogas separation	2019
55	117	Sarker, S	Overview of recent progress towards in-situ biogas upgradation techniques	2018
56	38	Chan, Y J	Palm oil mill effluent (POME) treatment—current technologies, biogas capture and challenges	2018
57	364	Abraham, A	Pretreatment strategies for enhanced biogas production from lignocellulosic biomass	2020
58	73	Bakkaloglu, S	Quantification of methane emissions from UK biogas plants	2021
59	77	Baena-Moreno, F M	Recent advances in biogas purifying technologies	2019
60	56	Zhao, J	Recent progress towards in-situ biogas upgrading technologies	2021
61	105	Bušić, A	Recent trends in biodiesel and biogas production	2018
62	163	Rasapoor, M	Recognizing the challenges of anaerobic digestion: Critical step toward improving biogas generation	2020
63	102	Santos, R O	Simulation and optimization of a methanol synthesis process	2018

		dos	from different biogas sources	
64	176	Saadabadi, S A	Solid Oxide Fuel Cells fuelled with biogas: Potential and constraints	2019
65	36	Bahrs, E	Status quo and perspectives of biogas production for energy and material utilization	2019
66	270	Pramanik, S K	The anaerobic digestion process of biogas production from food waste: Prospects and constraints	2019
67	70	Tian, G	The effect of temperature on the microbial communities of peak biogas production in batch biogas reactors	2018
68	92	Debowski, M	The effects of microalgae biomass co-substrate on biogas production from the common agricultural biogas plants feedstock	2020
69	54	Villadsen, S N B	The potential of biogas; the solution to energy storage	2019
70	68	Yaqoob, H	The potential of sustainable biogas production from biomass waste for power generation in Pakistan	2021
71	103	Korberg, A D	The role of biogas and biogas-derived fuels in a 100% renewable energy system in Denmark	2020
72	97	Blumenthal, A	The role of biogas solutions in sustainable biorefineries	2018
73	42	Wu, L	Upgrading biogas produced in anaerobic digestion: Biological removal and bioconversion of CO ₂ in biogas	2021
74	54	Weinrich, S	Value of batch tests for biogas potential analysis	2018
75	227	Khalil, M	Waste to energy technology: The potential of sustainable biogas production from animal waste in Indonesia	2019
76	72	Nwokolo, N	Waste to energy: A focus on the impact of substrate type in biogas production	2020

Berdasarkan tabel 1 data artikel diatas, Artikel diurutkan berdasarkan jumlah sitasi terbanyak dari tahun 2018 sampai 2023. Dari 76 artikel yang memenuhi kriteria, jumlah artikel paling banyak terbit pada tahun 2018 dan 2020 sebanyak 20 artikel, disusul tahun 2019 sebanyak 17 artikel, tahun 2021 sebanyak 16 artikel, tahun 2022 sebanyak 3 artikel namun tahun 2023 tidak ditemukan artikel jurnal yang terbit. Berikut disajikan diagram batang terkait jumlah artikel yang terbit dari tahun ke tahun, mulai dari tahun 2018 sampai 2023.

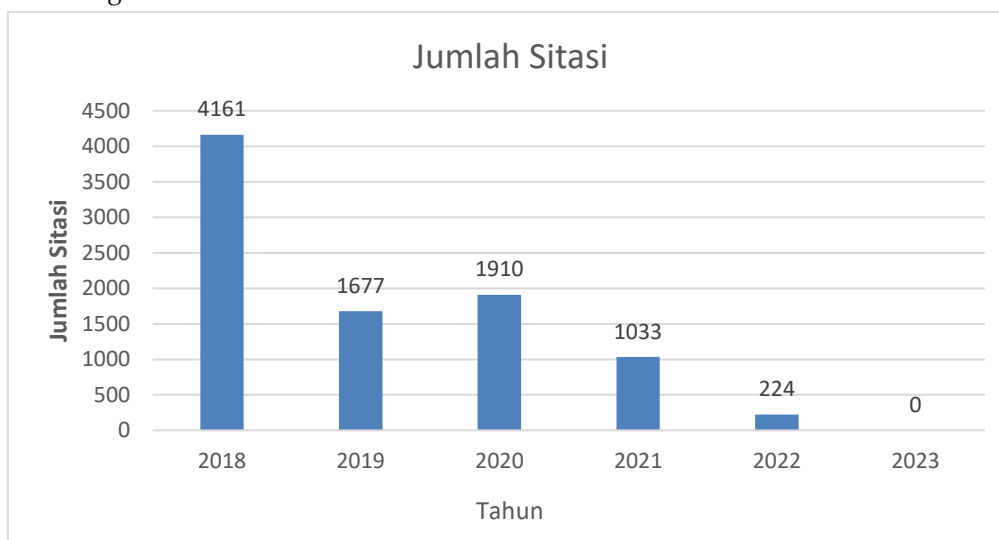


Gambar 3. Jumlah Artikel yang Terbit Per Tahun

Berdasarkan gambar diatas, Jumlah artikel terbit yang mengalami penurunan drastis yaitu dari tahun 2021 sebanyak 16 artikel. Penurunan tersebut berlanjut sampai tahun 2022 sebanyak 3 artikel dan tidak adanya artikel yang terbit pada tahun 2023.

3.2. Hasil Research Jumlah Sitasi Artikel Penelitian Biogas Rentang Tahun 2018-2023

Berdasarkan research, total jumlah sitasi artikel terindeks Google Scholar dengan penelitian biogas rentang tahun 2018-2023 adalah 9005 sitasi . Jika dilihat dari masing masing jurnal per tahun, jumlah sitasi artikel per tahun mengikuti tren jumlah artikel yang telah diterbitkan seperti terlihat pada gambar diagram dibawah.



Gambar 4. Jumlah Sitasi Artikel Pertahun

Berdasarkan gambar 4 diatas, artikel yang paling banyak sitasinya adalah pada tahun 2018 dengan total sitasi 4161, disusul oleh tahun 2020 dengan jumlah sitasi 1910, tahun 2019 jumlah sitasinya adalah 1677, kemudian pada tahun 2021 sitasi artikel menurun dengan total 1033 sitasi , penurunan ini terus berlanjut pada tahun 2022 hanya diperoleh 224 sitasi dan pada tahun 2023 tidak ada artikel yang terbit maka jumlah sitasinya tidak ada.

3.3. Hasil Research Pengelompokkan Artikel Penelitian Biogas Rentang Tahun 2018-2023

Berdasarkan jenis jurnal tempat di terbitkan artikel, ada berbagai macam jurnal terindeks Google Scholar yang membahas tentang biogas rentang tahun 2018-2023. Berikut tabel pengelompokkan artikel berdasarkan jenis jurnal yang diperoleh.

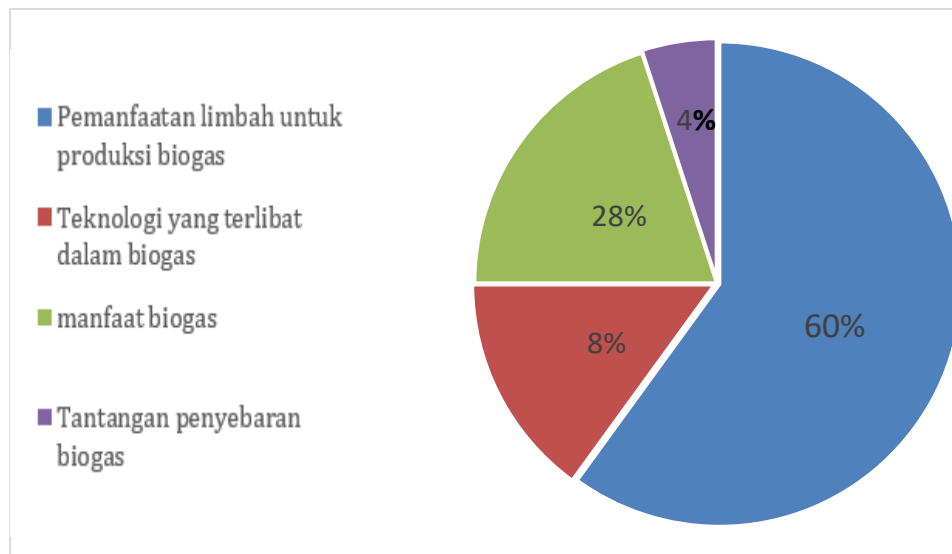
Tabel 2. Pengelompokkan Artikel Berdasarkan Jenis Jurnal

Sumber Jurnal	Tahun						Jumlah
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	
Biomass and Bioenergy	1		1	2			4
Bioreactors	1						1
Bioresource Technology	2	1	1	2			2

Biotechnology Advances	1					1
Chemical Reviews	1					4
Energies	2		2			9
Energy	1	2	1	3	2	6
Energy, Sustainability and Society	2	1	3			1
Energy Sources			1			1
Environmental chemistry Letters		1				1
Environmental Science and Health		1				1
Environmental Science and Technology		1				1
Environmental Technology and Management	1					1
Fuel	2	1	1	2	1	7
Gcb Bioenergy		1				1
Green technologies for the oil palm industry	1					1
IEA Bioenergy	1					1
International Journal of Greenhouse Gas Control		1				1
Journal of Cleaner Production	3	3	1	1		8
Journal of Ecological Engineering			1			1
Journal of Energy	1				1	2
Journal of Environmental Management Processes			1			1
Renewable and Sustainable Energy Reviews	1	3		4	4	12
Renewable Energy	3	2	3	2	3	13
Science of the Total Environment				1		1
Waste and Biomass Valorization	1	2	1	2	2	8
Waste Management				1		1

Berdasarkan data diatas, terdapat publikasi 76 artikel tahun 2018-2023 tentang biogas yang dipilih berdasarkan kriteria. Jurnal yang banyak memuat topik tentang “Biogas” adalah Renewable and Sustainable Energy Reviews dan Renewable Energy yang menerbitkan artikel sebanyak 13 artikel, kemudian Journal Energy 9 artikel, dan disusul oleh biomass and bioenergy, fuel, waste and biomass valorization.

Hasil *Research* Topik Penelitian Artikel Terindeks Google Scholar dengan Penelitian Biogas Rentang Tahun 2018-2023. Berdasarkan research dari 76 artikel yang terindeks scopus pada tahun 2018-2023. Berbagai macam topik penelitian dibahas dalam artikel tersebut, diantaranya pemanfaatan limbah untuk produksi biogas, teknologi yang terlibat dalam biogas, manfaat biogas dan tantangan penyebaran biogas. Berikut persentase topik penelitian yang paling banyak diambil dari 76 artikel terindeks Google Scholar tentang penelitian biogas tersebut.



Gambar 5. Persentase Topik Penelitian Tentang Biogas dari Artikel Terindeks Google Scholar

Gambar diatas menjelaskan bahwa topik penelitian yang paling banyak diambil dari 76 artikel terindeks Scopus adalah tentang pemanfaatan limbah untuk produksi biogas dengan persentase 60%. Dalam topik tersebut memaparkan bahwa berbagai macam limbah dapat dimanfaatkan untuk produksi biogas. Residu tanaman pertanian yang paling umum adalah jerami biji-bijian, yang merupakan limbah yang berasal dari pemanenan gandum hitam, gandum, beras, jagung, sorgum, dll untuk keperluan makanan. Hal ini umum dan mudah diakses digunakan untuk pakan ternak dan sebagai alas tidur. Jerami tanaman serat lebih murah karena tidak cocok untuk hewan. Residu pulp kering yang tersisa setelah ekstraksi sari tebu atau residu dari pengolahan bit dapat diklasifikasikan sebagai substrat berenergi tinggi untuk produksi biogas, namun tersedia secara lokal dan tidak cocok untuk transportasi dan penyimpanan jangka panjang karena tingginya kadar air dan proses pembusukanyang terjadi di dalamnya. Residu dari cabang industri yang berhubungan dengan agroforest dapat digunakan untuk suplementasi karbon dalam bioreaktor; namun, karena ringan dan kandungan lignoselulosanya yang tinggi, dekomposisinya memerlukan proses jangka panjang. Substrat yang lebih jarang digunakan seperti limbah dari serikultur atau florikultura mungkin merupakan substrat lokal yang menarik bagi sisa hewan, sebagian besar gratis atau bahkan menarik pendapatan tambahan untuk diambil (Rodero et al., 2018)

Menurut (Angelidaki et al., 2018) Limbah makanan, keju, dan air limbah pabrik zaitu dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan produksi biogas dari pencernaan bersama secara anaerobik dari lumpur limbah. Menurut J. Ning (2019) kotoran babi dan jerami jagung dapat meningkatkan produksi biogas dan bubur biogas secara bersamaan dari pencernaan bersama: Optimalisasi kinerja dan pergeseran komunitas mikroba. Menurut L. Mu (2020) Pencernaan bersama secara anaerobik dari lumpur limbah, sisa makanan, dan limbah pekarangan dapat meningkatkan sinergis pada stabilitas proses dan produksi biogas.

Topik penelitian kedua yaitu manfaat biogas dengan persentase 8%. Menurut B. Zhou (2018) mengatakan biogas dapat bermanfaat untuk pasokan energi multicarrier. Energi multi carrier adalah sistem energi yang menggunakan berbagai macam energi carrier atau pembawa energi. Energi carrier ini dapat berupa listrik, gas, air panas, atau bahkan energi terbarukan seperti panas matahari, angin, atau biomassa. Menurut Y.X. Zeng (2018) menyebutkan bahwa salah satu manfaat dari biogas adalah untuk menghasilkan syngas kaya hydrogen. Syngas kaya hidrogen dapat digunakan untuk berbagai macam aplikasi, termasuk pembangkit listrik, produksi bahan bahak cair dan produksi hydrogen

murni. Selain sebagai pembangkit listrik biogas juga bermanfaat sebagai salah satu upaya menuju kelestarian lingkungan dan revolusi hijau (S. Ali, 2023).

Topik penelitian ketiga yaitu teknologi yang terlibat dalam biogas dengan persentase 13%. Biogas yang diproses menggunakan teknologi penghilangan yang ada dapat digunakan secara selektif untuk pemanasan SSAD dalam boiler, atau untuk pembangkit listrik oleh ICE atau sel bahan bakar, sesuai dengan batasan H₂S dan siloksan yang sesuai. Karena setiap teknologi pemurnian biogas memiliki kisaran konsentrasi dan RE maksimum yang sesuai untuk pengotor yang ditargetkan secara khusus mengejar RE yang tinggi secara membabi buta dapat menimbulkan biaya berlebihan yang secara signifikan mengurangi manfaat memperoleh energi dari biogas. Oleh karena itu, RE, yang dapat disimpulkan berdasarkan persyaratan aplikasi akhir biogas, sangat membantu dalam memilih teknologi penghilangan yang paling sesuai dan mengoptimalkan kondisi pengoperasian. Selain itu, evaluasi tekno-ekonomi dan perbandingan kinerja sangat penting untuk mengidentifikasi teknologi pemurnian biogas yang tepat untuk penerapan di dunia nyata. Namun, sebagian besar penilaian ekonomi saat ini dan perbandingan kinerja teknologi pemurnian biogas hanya ditujukan untuk H₂S atau siloksan. Sulit untuk menilai apakah teknologi terkait yang dipilih berdasarkan pengotor tunggal sudah optimal untuk menghilangkan H₂S dan siloksan secara bersamaan. Misalnya, BTF adalah Umumnya, teknologi penghilangan berbagai pengotor biogas diterapkan secara terpisah, sehingga mempersulit proses pemurnian biogas dan meningkatkan biaya pemasangan (Abraham et al., 2020).

Oleh karena itu, sangat penting untuk mengembangkan teknologi pemurnian biogas yang sangat terintegrasi, sehingga meningkatkan manfaat yang dihasilkan dengan menggabungkan teknologi untuk menghilangkan berbagai pengotor biogas. Baru-baru ini, beberapa upaya telah dilakukan untuk mengeksplorasi potensi penghilangan H₂S dan siloksan dari biogas secara simultan, dan perbedaan perilaku adsorpsi dari beberapa adsorben yang tersedia secara komersial telah dibandingkan, termasuk kombinasi zeolit dan oksida besi hidroksida yang terdiri dari 42 % besi oksida hidroksida, 11% silika gel, dan 10% AC Lebih lanjut, Gaj (2017) mengusulkan kombinasi siloksan berbasis haloisit yang menjanjikan dengan penghilangan H₂S secara biologis dalam perangkat biofiltrasi yang sama. Secara teknis, pengintegrasian penghilangan H₂S dan siloksan dalam perangkat yang sama memerlukan efek sinergis dari beberapa proses penghilangan. Namun demikian, penelitian yang relevan sangat jarang dilakukan karena sulitnya mencapai penghilangan H₂S dan siloksan secara simultan serta menyeimbangkan energi terbarukan dan biaya (Bušić et al., 2018)

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, didapat beberapa kesimpulan dari hasil Systematic Literature Review atau SLR terhadap 76 artikel yang diterbitkan jurnal terindeks Google Scholar dari tahun 2018-2023 mengenai "Biogas". Pertama, Jumlah artikel yang didapatkan sesuai standar inklusi, eksklusi, dan penilaian kualitas terhadap jurnal adalah 76 artikel. Kedua, jumlah artikel paling banyak terbit pada tahun 2018 sebanyak 20 artikel. Ketiga, artikel yang paling banyak sitasinya adalah pada tahun 2018 dengan total sitasi 4161. Keempat, Jurnal yang banyak memuat topik tentang Biogas adalah renewable Energy yang menerbitkan artikel sebanyak 13 artikel. Kelima, topik penelitian yang paling banyak diambil dari 76 artikel terindeks Scopus adalah tentang pemanfaatan limbah untuk produksi biogas dengan persentase 60%. tantangan penyebaran biogas dengan persentase 4%. Penyebaran biogas masih menghadapi beberapa tantangan, antara lain: Pembangunan instalasi biogas membutuhkan biaya yang tidak sedikit, Ketersediaan teknologi, Ketersediaan bahan baku, Ketersediaan infrastruktur, Ketersediaan sumber daya manusia.

Daftar Pustaka

- Abraham, A., Mathew, A. K., Park, H., Choi, O., Sindhu, R., & ... (2020). Pretreatment strategies for enhanced biogas production from lignocellulosic biomass. *Bioresource*
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852419319546>
- Angelidaki, I., Treu, L., Tsapekos, P., Luo, G., & ... (2018). Biogas upgrading and utilization: Current status and perspectives. *Biotechnology*
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0734975018300119>
- Angelidaki, I., Xie, L., Luo, G., Zhang, Y., Oechsner, H., & ... (2019). Biogas upgrading: current and emerging technologies. ... *Processes for the*
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128168561000336>
- Atelge, M. R., Krisa, D., Kumar, G., Eskicioglu, C., & ... (2020). Biogas production from organic waste: recent progress and perspectives. *Waste and Biomass* <https://doi.org/10.1007/s12649-018-00546-0>
- Baena-Moreno, F. M., Rodríguez-Galán, M., & ... (2019). Recent advances in biogas purifying technologies. ... *Journal of Green* <https://doi.org/10.1080/15435075.2019.1572610>
- Baena-Moreno, F. M., Rodríguez-Galán, M., Vega, F., & ... (2019). Biogas upgrading by cryogenic techniques. *Environmental* <https://doi.org/10.1007/s10311-019-00872-2>
- Bahrs, E., & Angenendt, E. (2019). Status quo and perspectives of biogas production for energy and material utilization. *Gcb Bioenergy*. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12548>
- Bakkaloglu, S., Lowry, D., Fisher, R. E., France, J. L., & ... (2021). Quantification of methane emissions from UK biogas plants. In *Waste Management*. Elsevier.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X21000167>
- Bao, W., Yang, Y., Fu, T., & Xie, G. H. (2019). Estimation of livestock excrement and its biogas production potential in China. *Journal of Cleaner Production*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619315756>
- Benato, A., & Macor, A. (2019). Italian biogas plants: Trend, subsidies, cost, biogas composition and engine emissions. *Energies*, 12(6), 1–31. <https://doi.org/10.3390/en12060979>
- Bhatt, A. H., & Tao, L. (2020). Economic perspectives of biogas production via anaerobic digestion. *Bioengineering*. <https://www.mdpi.com/2306-5354/7/3/74>
- Blumenthal, A., Eklund, M., & ... (2018). The role of biogas solutions in sustainable biorefineries. *Journal of Cleaner* <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652617306406>
- Borges, C. P., Sobczak, J. C., Silberg, T. R., & ... (2021). A systems modeling approach to estimate biogas potential from biomass sources in Brazil. ... *and Sustainable Energy*
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032120308030>
- Bragança, I., Sánchez-Soberón, F., Pantuzza, G. F., & ... (2020). Impurities in biogas: Analytical strategies, occurrence, effects and removal technologies. *Biomass and*
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953420304128>
- Brémond, U., Bertrandias, A., Steyer, J. P., Bernet, N., & ... (2021). A vision of European biogas sector development towards 2030: Trends and challenges. *Journal of Cleaner*
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095965262035109X>
- Bui, V. G., Tran, V. N., Hoang, A. T., Bui, T. M. T., & ... (2020). A simulation study on a port-injection SI engine fueled with hydroxy-enriched biogas. *Energy Sources, Part A*
<https://doi.org/10.1080/15567036.2020.1804487>
- Bušić, A., Kundas, S., Morzak, G., Belskaya, H., & ... (2018). Recent trends in biodiesel and biogas production. In *Food technology and* <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6117991/>
- Cebula, J., Chygryn, O., Chayen, S. V., & ... (2018). Biogas as an alternative energy source in Ukraine and Israel: Current issues and benefits. *International Journal*
<https://doi.org/10.1504/IJETM.2018.100592>

- Chan, Y. J., & Chong, M. F. (2018). Palm oil mill effluent (POME) treatment—current technologies, biogas capture and challenges. *Green Technologies for the Oil Palm Industry*. https://doi.org/10.1007/978-981-13-2236-5_4
- Chowdhury, T., Chowdhury, H., Hossain, N., & ... (2020). Latest advancements on livestock waste management and biogas production: Bangladesh's perspective. *Journal of Cleaner ...*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620328638>
- Christensen, T. H., Cossu, R., & Stegmann, R. (2020). *Landfilling of waste: Biogas*. books.google.com. <https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=ZlYEEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT8&dq=biogas+b+biogas&ots=oHDYnmMB4u&sig=OdlhrP32EypoTqUDGdAGoPyxMvU>
- Debowski, M., Kisieleska, M., Kazimierowicz, J., & ... (2020). The effects of microalgae biomass co-substrate on biogas production from the common agricultural biogas plants feedstock. In *Bioenergy and ...*. mdpi.com. <https://www.mdpi.com/books/pdfdownload/book/4292#page=92>
- Deng, L., Liu, Y., & Wang, W. (2020). *Biogas technology*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-981-15-4940-3>
- Gao, M., Wang, D., Wang, H., Wang, X., & Feng, Y. (2019). Biogas potential, utilization and countermeasures in agricultural provinces: A case study of biogas development in Henan Province, China. *Renewable and Sustainable ...*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032118306968>
- Ghosh, P., Shah, G., Sahota, S., Singh, L., & Vijay, V. K. (2020). Biogas production from waste: Technical overview, progress, and challenges. *Bioreactors*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128212646000073>
- Gilassi, S., Taghavi, S. M., Rodrigue, D., & ... (2019). Optimizing membrane module for biogas separation. *International Journal of ...*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1750583618306984>
- Goh, K., Yang, Y., Gong, H., Li, W., & ... (2018). Harnessing filler materials for enhancing biogas separation membranes. *Chemical ...*. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.8b00091>
- Golmakani, A., Nabavi, S. A., Wadi, B., & Manovic, V. (2022). Advances, challenges, and perspectives of biogas cleaning, upgrading, and utilisation. *Fuel*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016236121029458>
- Govender, I., Thopil, G. A., & Inglesi-Lotz, R. (2019). Financial and economic appraisal of a biogas to electricity project. *Journal of Cleaner Production*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618340216>
- Gustafsson, M., & Anderberg, S. (2021). Dimensions and characteristics of biogas policies—Modelling the European policy landscape. In *Renewable and sustainable energy reviews*. Elsevier. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032120304901>
- Jabeen, G., Yan, Q., Ahmad, M., Fatima, N., Jabeen, M., Li, H., & ... (2020). Household-based critical influence factors of biogas generation technology utilization: a case of Punjab province of Pakistan. *Renewable Energy*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148120303748>
- Kabeyi, M. J. B., & Olanrewaju, O. A. (2022). Biogas Production and Applications in the Sustainable Energy Transition. *Journal of Energy*, 2022, 1–43. <https://doi.org/10.1155/2022/8750221>
- Kasinath, A., Fudala-Ksiazek, S., Szopinska, M., & ... (2021). Biomass in biogas production: Pretreatment and codigestion. In *... and Sustainable Energy ...*. Elsevier. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032121007887>
- Khalil, M., Berawi, M. A., Heryanto, R., & Rizalie, A. (2019). Waste to energy technology: The potential of sustainable biogas production from animal waste in Indonesia. *Renewable and Sustainable ...*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032119301042>
- Khalilpour, K. R., Prest, J., & Skryabin, I. (2021). Biogas as an energy vector. *Biomass and Bioenergy*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953420304670>
- Khanal, S. K., Lü, F., Wong, J. W. C., Wu, D., & Oechsner, H. (2021). Anaerobic digestion beyond

- biogas. *Bioresource Technology*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852421007185>
- Korberg, A. D., Skov, I. R., & Mathiesen, B. V. (2020). The role of biogas and biogas-derived fuels in a 100% renewable energy system in Denmark. *Energy*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544220305338>
- Li, Y., Alaimo, C. P., Kim, M., Kado, N. Y., & ... (2019). Composition and toxicity of biogas produced from different feedstocks in California. ... *Science & Technology*.
<https://doi.org/10.1021/acs.est.9b03003>
- Lindkvist, E., & Karlsson, M. (2018). Biogas production plants; existing classifications and proposed categories. *Journal of Cleaner Production*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652617326288>
- Lu, J., & Gao, X. (2021). Biogas: Potential, challenges, and perspectives in a changing China. *Biomass and Bioenergy*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953421001641>
- Mancini, G., Papirio, S., Lens, P. N. L., & Esposito, G. (2018). Increased biogas production from wheat straw by chemical pretreatments. *Renewable Energy*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148117312491>
- Marks, S., Dach, J., Morales, F. J. F., & ... (2020). New trends in substrates and biogas systems in Poland. *Journal of Ecological ...*
<https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-f24fa969-95bd-4e60-91dc-048de1321ad4>
- Mazur, V. A., Pantsyreva, H. V., Mazur, K. V., Myalkovsky, R. O., & ... (2020). *Agroecological prospects of using corn hybrids for biogas production*. dspace.emu.ee. <https://dspace.emu.ee/handle/10492/5594>
- Meyer, A. K. P., Ehimen, E. A., & Holm-Nielsen, J. B. (2018). Future European biogas: Animal manure, straw and grass potentials for a sustainable European biogas production. *Biomass and Bioenergy*, 111, 154–164. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2017.05.013>
- Mishra, A., Kumar, M., Bolan, N. S., Kapley, A., Kumar, R., & ... (2021). Multidimensional approaches of biogas production and up-gradation: Opportunities and challenges. *Bioresource ...*
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852421008543>
- Mittal, S., Ahlgren, E. O., & Shukla, P. R. (2019). Future biogas resource potential in India: a bottom-up analysis. *Renewable Energy*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148119304549>
- Mukeshimana, M. C., Zhao, Z. Y., Ahmad, M., & Irfan, M. (2021). Analysis on barriers to biogas dissemination in Rwanda: AHP approach. *Renewable Energy*, 163, 1127–1137.
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.09.051>
- Nwokolo, N., Mukumba, P., Obileke, K. C., & Enebe, M. (2020). Waste to energy: A focus on the impact of substrate type in biogas production. *Processes*. <https://www.mdpi.com/2227-9717/8/10/1224>
- Obaideen, K., Abdelkareem, M. A., Wilberforce, T., & ... (2022). Biogas role in achievement of the sustainable development goals: Evaluation, Challenges, and Guidelines. *Journal of the Taiwan ...*
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876107022000062>
- Oliveira, L. G. S. De, & Negro, S. O. (2019). Contextual structures and interaction dynamics in the Brazilian Biogas Innovation System. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Elsevier.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032119301236>
- Patinvoh, R. J., & Taherzadeh, M. J. (2019). Challenges of biogas implementation in developing countries. *Current Opinion in Environmental Science & ...*
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S246858441930039X>
- Pramanik, S. K., Suja, F. B., Zain, S. M., & ... (2019). The anaerobic digestion process of biogas production from food waste: Prospects and constraints. *Bioresource Technology ...*
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589014X19302002>
- Rasapoor, M., Young, B., Brar, R., Sarmah, A., Zhuang, W. Q., & ... (2020). Recognizing the challenges

- of anaerobic digestion: Critical steps toward improving biogas generation. *Fuel*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016236119318514>
- Rodero, M. R., Ángeles, R., Marín, D., Díaz, I., Colzi, A., & ... (2018). Biogas purification and upgrading technologies. *Biogas: Fundamentals* https://doi.org/10.1007/978-3-319-77335-3_10
- Roubík, H., Mazancová, J., Dinh, P. Le, Van, D. D., & ... (2018). Biogas quality across small-scale biogas plants: A case of central Vietnam. *Energies*. <https://www.mdpi.com/1996-1073/11/7/1794>
- Saadabadi, S. A., Thallam Thattai, A., Fan, L., Lindeboom, R. E. F., Spanjers, H., & Aravind, P. V. (2019). Solid Oxide Fuel Cells fuelled with biogas: Potential and constraints. *Renewable Energy*, 134, 194–214. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.11.028>
- Santos, R. O. dos, Santos, L. de S., & ... (2018). Simulation and optimization of a methanol synthesis process from different biogas sources. *Journal of Cleaner*
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618307698>
- Scarlat, N., Dallemand, J. F., & Fahl, F. (2018). Biogas: Developments and perspectives in Europe. *Renewable Energy*, 129, 457–472. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.03.006>
- Scarlat, N., Fahl, F., Dallemand, J. F., Monforti, F., & ... (2018). A spatial analysis of biogas potential from manure in Europe. In ... *and Sustainable Energy* Elsevier.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032118304714>
- Shallo, L., Ayele, M., & Sime, G. (2020). Determinants of biogas technology adoption in southern Ethiopia. In *Energy, Sustainability and Society*. Springer. <https://doi.org/10.1186/s13705-019-0236-x>
- Struk, M., Kushkevych, I., & Vítězová, M. (2020). Biogas upgrading methods: recent advancements and emerging technologies. *Reviews in Environmental Science* <https://doi.org/10.1007/s11157-020-09539-9>
- Stürmer, B., Leiers, D., Anspach, V., Brüggling, E., & ... (2021). Agricultural biogas production: A regional comparison of technical parameters. *Renewable Energy*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148120314993>
- Tabatabaei, M., Aghbashlo, M., Valijanian, E., Kazemi Shariat Panahi, H., Nizami, A. S., Ghanavati, H., Sulaiman, A., Mirmohamadsadeghi, S., & Karimi, K. (2020). A comprehensive review on recent biological innovations to improve biogas production, Part 1: Upstream strategies. *Renewable Energy*, 146, 1204–1220. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.07.037>
- Tian, G., Yang, B., Dong, M., Zhu, R., Yin, F., Zhao, X., Wang, Y., Xiao, W., Wang, Q., Zhang, W., & Cui, X. (2018). The effect of temperature on the microbial communities of peak biogas production in batch biogas reactors. *Renewable Energy*, 123, 15–25. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.01.119>
- Valijanian, E., Tabatabaei, M., Aghbashlo, M., & ... (2018). Biogas production systems. *Biogas: Fundamentals* https://doi.org/10.1007/978-3-319-77335-3_4
- Villadsen, S. N. B., Fosbøl, P. L., Angelidaki, I., & ... (2019). The potential of biogas; the solution to energy storage. <https://doi.org/10.1002/cssc.201900100>
- Wang, X., Yan, R., Zhao, Y., Cheng, S., Han, Y., Yang, S., & ... (2020). Biogas standard system in China. *Renewable Energy*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096014812030762X>
- Wang, Y., Zhang, Y., Li, J., Lin, J. G., Zhang, N., & ... (2021). Biogas energy generated from livestock manure in China: Current situation and future trends. *Journal of Environmental*
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479721013864>
- Weinrich, S., Schäfer, F., Bochmann, G., & ... (2018). Value of batch tests for biogas potential analysis. In ... *Evaluation of Biogas* edepot.wur.nl/471051
- Winqvist, E., Rikkonen, P., Pyysiäinen, J., & ... (2019). Is biogas an energy or a sustainability product? - Business opportunities in the Finnish biogas branch. In *Journal of cleaner* Elsevier.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619321432>
- Wu, L., Wei, W., Song, L., Woźniak-Karczewska, M., & ... (2021). Upgrading biogas produced in anaerobic digestion: Biological removal and bioconversion of CO₂ in biogas. ... *and Sustainable Energy* <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032121007310>

- Yaqoob, H., Teoh, Y. H., Din, Z. U., Sabah, N. U., & ... (2021). The potential of sustainable biogas production from biomass waste for power generation in Pakistan. *Journal of Cleaner* <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652621014694>
- Yevdokymov, Y., Chygryn, O. Y., Pimonenko, T. V., & Liulov, O. V. (2018). *Biogas as an alternative energy resource for Ukrainian companies: EU experience.* [essuir.sumdu.edu.ua. https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/80303](https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/80303)
- Yücenur, G. N., Çaylak, Ş., Gönül, G., & Postalciöğlü, M. (2020). An integrated solution with SWARA&COPRAS methods in renewable energy production: City selection for biogas facility. *Renewable Energy.* <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096014811931198X>
- Zabed, H. M., Akter, S., Yun, J., Zhang, G., Zhang, Y., & Qi, X. (2020). Biogas from microalgae: Technologies, challenges and opportunities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 117(July 2018), 109503. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109503>
- Zhang, Y., Kawasaki, Y., Oshita, K., Takaoka, M., Minami, D., Inoue, G., & Tanaka, T. (2021). Economic assessment of biogas purification systems for removal of both H₂S and siloxane from biogas. *Renewable Energy*, 168, 119–130. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.12.058>
- Zhao, J., Li, Y., & Dong, R. (2021). Recent progress towards in-situ biogas upgrading technologies. *Science of The Total Environment.* <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969721047422>