

JURNAL SAINS DAN TEKNOLOGI INDUSTRI PETERNAKAN

**POTENSI ENERGI TERBARUKAN DARI BIOGAS LIMBAH TERNAK
RUMINANSIA DI KABUPATEN SIDRAP**

Nurul Purnomo^{a*}, Yusriadi^b

^aProdi Peternakan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Muhammadiyah Sidenreng Rappang
Jl. Angkatan 45 No. 1 A Telp. (0421) 93308 Lt. Salo. Sidenreng Rappang, Suawesi Selatan

^bProdi Agribisnis Fakultas Pertanian, Peternakan dan Perikanan Universitas Muhammadiyah Parepare
Jl. Jend. Ahmad Yani Km. 6, Bukit Harapan, Kec. Soreang, Kota Parepare, Sulawesi Selatan 91112 Telp.
(0421) 25524

Article history:

Received: 2022-02-23

Revised: 2023-02-23

Accepted: 2023-02-24

*Corresponding Author :

Nurul Purnomo

Prodi Peternakan Fakultas Sains dan
Teknologi Universitas

Muhammadiyah Sidenreng
Rappang

Email: purnomo.nupo@gmail.com

ABSTRAK: Peningkatan populasi ternak ruminansia mengakibatkan peningkatan produksi limbah ternak yang berpotensi menjadi sumber pencemar lingkungan sekaligus berpotensi sebagai penghasil biogas. Kajian potensi biogas limbah ternak ruminansia di Kabupaten Sidrap dilakukan dengan menggunakan data sekunder dari BPS. Potensi biogas dihitung menggunakan perkalian populasi ternak ruminansia dengan potensi produksi limbah ternak, kandungan bahan padat, kandungan bahan volatile dan produksi biogas bahan volatile dalam satu tahun. Potensi energi penggerak biogas asal limbah ternak ruminansia dihitung menggunakan perkalian potensi produksi biogas pertahun dengan kandungan gas metan biogas dan nilai energi gas metan. Equivalensi biogas terhadap gas LPG dihitung dengan mengalikan potensi biogas limbah ternak ruminansia dengan equivalensi per m³ biogas dengan LPG. Hasil kajian menunjukkan bahwa potensi biogas limbah ternak ruminansia di Kabupaten Sidrap sebesar 1.071.508,23 m³/tahun. Potensi energi penggerak dari biogas limbah ternak ruminansia di Kabupaten Sidrap sebesar 5.400.401,49 kWh/tahun. Potensi biogas limbah ternak ruminansia di Kabupaten Sidrap dalam satu tahun ekuivalen dengan LPG 492.893,79 kg. Berdasarkan hasil kajian dapat disimpulkan bahwa Potensi Energi terbarukan biogas limbah ternak ruminansia di Kabupaten Sidrap sangat besar.

Kata kunci: limbah ternak; ruminansia; biogas; energi terbarukan; kabupaten Sidrap

ABSTRACT: The increase in the population of ruminants has resulted in an increase in the production of livestock waste which has the potential to be a source of environmental pollutants as well as a potential biogas producer. The study of the biogas potential of ruminant livestock waste in Sidrap Regency was carried out using secondary data from BPS. Biogas potential is calculated by multiplying the ruminant population with the potential for livestock waste production, solid matter content, volatile matter content, and volatile matter biogas production in one year. The potential energy for biogas propulsion from ruminant livestock waste is calculated using the multiplication of the potential for biogas production per year with the methane content of biogas and the energy value of methane gas. The biogas equivalence of LPG gas is calculated by multiplying the biogas potential of ruminant livestock waste by the equivalent per m³ of biogas with LPG. The results of the study show that the biogas potential of ruminant slag waste in Sidrap Regency is 1,071,508.23 m³/year. The potential driving energy of biogas from ruminant livestock waste in Sidrap Regency is 5,400,401.49 kWh/year. The biogas potential of ruminansia livestock waste in Sidrap Regency in one year is equivalent to 492,893.79 kg of LPG. Based on the results of the study, it can be concluded that the potential for renewable energy biogas from ruminant livestock waste in Sidrap Regency is very large.

Keyword: livestock waste; ruminants; biogas; renewable energy; Sidrap district

PENDAHULUAN

Energi merupakan kebutuhan dasar dalam kehidupan manusia. Energi digunakan dalam berbagai aspek kehidupan seperti transportasi, industri, pabrik, perkantoran memasak, penerangan, pemanas, pendingin, dan kegiatan rumah tangga lainnya (Nazer & Handra, 2017; Zalizar et al., 2013). Konsumsi energi rumah tangga sangat dipengaruhi tingkat pendapatan rumah tangga tersebut. Semakin tinggi tingkat pendapatan rumah tangga akan menggeser konsumsi energi ke arah energi modern seperti Liquefied Petroleum Gasses (LPG), minyak tanah, gas alam, energi matahari, dan listrik (Nazer & Handra, 2017). Energi fosil merupakan sumber energi terbesar yang digunakan saat ini untuk menunjang kebutuhan hidup manusia. Energi fosil merupakan energi yang terbentuk dari proses yang memakan waktu jutaan tahun. Penggunaan energi fosil secara terus menerus dalam jangka waktu panjang tidak menutup kemungkinan akan menyebabkan energi tersebut habis (Prihutama et al., 2017).

Ternak ruminansia merupakan salah satu sumber pangan yang penting bagi manusia. Peningkatan permintaan daging ternak ruminansia mendorong berkembangnya usaha peternakan sapi, kerbau dan kambing. Berdasarkan data (BPS Kab. Sidrap, 2016, 2021), populasi ternak ruminansia di kabupaten Sidrap rata-rata mengalami penurunan 7,65% pada tahun 2015 sampai tahun 2020. Meskipun populasi ternak ruminansia mengalami penurunan, upaya penanganan limbah ternak tetap perlu menjadi perhatian. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, produksi limbah ternak ruminansia yaitu Ternak sapi menghasilkan feses 10-30 kg/ekor/hari (Akyurek, 2018, 2019; Mudhita, 2013; Muryanto et al., 2006; Wahyuni, 2011a), sedangkan ternak kambing menghasilkan feses 0,5-4 kg/ekor/hari (Akyurek, 2018, 2019; Aryanto et al., 2013; Oktavia & Firmansyah, 2016).

Limbah ternak ruminansia merupakan salah satu sumber pencemaran lingkungan terbesar di dunia, yaitu mencapai 6% total emisi gas rumah kaca antropogenik (Meadows, 2022). Meskipun demikian, limbah ternak masih memiliki potensi untuk diolah dan

menghasilkan nilai ekonomi. Salah satu pengolahan limbah ternak ruminansia adalah dengan pengolahan menjadi biogas. Biogas merupakan campuran gas mudah terbakar yang dihasilkan dari proses degradasi senyawa organik oleh bakteri secara anaerobic. Gas-gas yang terbentuk merupakan produk buangan dari respirasi mikroorganisme pengurai dan komposisi gas-gas tersebut tergantung pada zat yang diurai (Jørgensen, 2009). Biogas mengandung gas metana (CH_4) 35-75%, Karbon dioksida (CO_2) 25-65%, Hidrogen (H_2) 1-5% dan Hidrogen Sulfida (H_2S) 0-3% (Akyurek, 2018; Rahayu et al., 2009)

Gas metana pada biogas merupakan gas yang tidak berbau dan tidak berwarna yang apabila dibakar akan menghasilkan nyala api biru cerah seperti gas LPG. Nilai kalor gas metana adalah 20 MJ/m³ dengan efisiensi pembakaran 60 % pada kompor biogas konvensional (Mudhita, 2013). Menurut (Wahyuni, 2011b; Widodo et al., 2005), bahwa 1 m³ biogas setara dengan : LPG 0,46 kg, minyak tanah 0,62 liter, minyak solar 0,52 liter, bensin 0,8 liter, gas kota 1,5 m³ dan kayu bakar 3,5 kg.

Hasil kajian (Purnomo & Armayani, 2021) menunjukkan potensi limbah ternak ruminansia di Kabupaten Sidrap sebagai bahan baku biogas mencapai 254.903 ton/tahun. Limbah ternak tersebut sangat potensial untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku biogas. Namun, untuk pengembangan energi terbarukan biogas asal limbah ternak ruminansia, saat ini belum ada informasi potensi produksi biogas dan nilai energi yang dapat dihasilkan dari limbah ternak di Kabupaten Sidrap. Oleh karena itu perlu dilakukan kajian potensi energi terbarukan dari biogas limbah ternak ruminansia sebagai sumber energi alternatif di Kabupaten Sidrap. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi produksi biogas asal limbah ternak ruminansia di Kabupaten Sidrap, mengetahui potensi nilai energi dari biogas asal limbah ternak ruminansia di Kabupaten Sidrap dan mengetahui ekuivalensi energi biogas asal limbah ternak ruminansia di Kabupaten Sidrap dengan energi LPG. Hasil penelitian ini diharapkan berfungsi sebagai pengembangan metode analisis potensi energi biogas asal

limbah ternak ruminansia dan sebagai landasan pengembangan energi terbarukan biogas asal limbah ternak di Kabupaten Sidrap.

BAHAN DAN METODE

Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data skunder dari BPS Kabupaten Sidrap tahun 2020 berupa data populasi ternak ruminansia.

Variabel yang diamati dalam penelitian ini antara lain populasi ternak ruminansia, potensi produksi limbah ternak ruminansia, potensi produksi biogas limbah ternak ruminansia, potensi kapasitas energi asal biogas limbah ternak ruminansia, dan potensi ekuivalensi energi biogas asal limbah ternak ruminansia terhadap energi gas LPG. Populasi ternak ruminansia diperoleh dari data sekunder (BPS Kab. Sidrap, 2021) yang terdiri dari ternak sapi, kerbau dan kambing pada setiap wilayah kecamatan di kabupaten sidrap. Potensi produksi limbah ternak, potensi produksi biogas, potensi kapasitas energi asal biogas limbah ternak dan ekuivalensi energi biogas terhadap gas LPG dihitung menggunakan rumus-rumus dibawah.

Analisa Data

Berdasarkan data skunder yang diperoleh, analisa data dilakukan berdasarkan parameter-parameter teknis seperti pada tabel di bawah ini (Akyurek, 2018, 2019).

Ternak	Limbah Ternak (kg/ekor/hari)	Total Solids (TS %)	Volatile Total Solids (VTS %)	Biogas Yield (m ³ /kg VTS)
Sapi/ Kerbau	10-25	10-20	75-85	100-300
Kambing	2-4	25-30	70-80	10-50

Rumus-rumus yang digunakan yaitu :

Data potensi Produksi Limbah Ternak Ruminansia di Kabupaten Sidrap (Akyurek, 2018, 2019)

$$PLTR = PT \times PLTH$$

Dimana : *PT* = Populasi Ternak, *PLTH* = Produksi Limbah Ternak Harian

Data potensi produksi biogas limbah ternak ruminansia di Kabupaten Sidrap (Akyurek, 2018, 2019)

$$PBLTR = PLTR \times TS \times VTS \times AC \times EBVTS$$

Dimana : *TS* : Total Solid, *VTS* : Volatil Total Solid, *AC* : Ketersediaan limbah ternak yang

dapat di olah, *EBVTS* : biogas yang di hasilkan dari setiap kilogram *VTS*

Data potensi Energi Biogas Limbah Ternak Ruminansia di Kabupaten Sidrap (Akyurek, 2018, 2019).

$$EBLTR = PBLTR \times PM \times E-CH_4$$

Dimana *PM* : persentase gas Methan dalam biogas, *E-CH₄* : energi Gas Methan

Data ekuivalensi biogas limbah ternak ruminansia dengan LPG di Kabupaten Sidrap

$$EqBLTR = PBLTR \times Eq-LPG$$

Dimana *Eq-LPG* adalah perbandingan Energi Biogas terhadap energi LPG (0,46 kg/m³) (Widodo et al., 2005).

HASIL

Potensi Produksi Limbah Ternak Ruminansia

Tabel 1 menunjukkan populasi ternak ruminansia di Kabupaten Sidrap terdiri atas ternak sapi 35.947 ekor, ternak kerbau 1.589 ekor dan ternak kambing 6.019 ekor. Populasi ternak sapi terbesar berada di Kecamatan Watang Pulu dan Pitu Riase, populasi ternak kerbau terbesar berada di Kecamatan Pitu Riase dan Panca Lautang, sedangkan populasi ternak kambing terbesar berada di Kecamatan Pitu Riawa dan Panca Lautang. Jika dibandingkan populasi ternak ruminansia tahun 2017, populasi ternak sapi mengalami penurunan 44,36%, ternak kerbau 49,7%, sedangkan ternak kambing mengalami peningkatan 21,01%.

Tabel 1 juga menunjukkan potensi biomas bahan segar limbah ternak ruminansia setiap kecamatan di Kabupaten Sidrap. Potensi biomas limbah ternak sapi, kerbau dan kambing masing-masing sebesar 131.206,55, 11.599,70 dan 4.393,87 ton/tahun. Potensi biomas limbah ternak sapi terbesar berada di Kecamatan Watang Pulu dan Pitu Riase yaitu sebesar 36.080,25 dan 22.370,85 ton/tahun. Potensi biomas limbah ternak kerbau yang terbesar berada di Kecamatan Pitu Riase dan Panca Lautang yaitu sebesar 2.832,40 dan 2.372,50 ton/tahun. Potensi biomas limbah ternak kambing terbesar berada di Kecamatan Pitu Riawa dan Panca Lautang yaitu sebesar 886,95 dan 868,70 ton/tahun.

Tabel 2. Populasi dan potensi biomasa limbah ternak ruminansia di Kabupaten Sidrap tahun 2020

Kecamatan	Populasi Ternak Ruminansia (ekor)			Potensi Biomasa Limbah Ternak (ton/tahun Bahan Segar)		
	Sapi	Kerbau	Kambing	Sapi	Kerbau	Kambing
Panca Lautang	2.068	325	1.190	7.548,20	2.372,50	868,70
Tellu Limpoe	758	160	470	2.766,70	1.168,00	343,10
Watang Pulu	9.885	257	564	36.080,25	1.876,10	411,72
Baranti	1.690	13	414	6.168,50	94,90	302,22
Panca Rijang	3.269	57	169	11.931,85	416,10	123,37
Kulo	2.258	97	262	8.241,70	708,10	191,26
Maritengngae	1.390	0	395	5.073,50	0	288,35
Watang Sidenreng	3.023	10	784	11.033,95	73,00	572,32
Pitu Riawa	4.911	230	1.215	17.925,15	1.679,00	886,95
Dua Pitue	566	52	38	2.065,90	379,60	27,74
Pitu Riase	6.129	388	518	22.370,85	2.832,40	378,14
Kab. Sidrap	35.947	1.589	6.019	131.206,55	11.599,70	4.393,87

Sumber : (BPS Kab. Sidrap, 2021) diolah

Potensi Produksi Biogas

Potensi produksi biogas limbah ternak ruminansia di Kabupaten Sidrap tahun 2020 sebesar 1.071.508,23 m³/tahun. Potensi produksi biogas tersebut diperoleh dari potensi produksi biogas limbah ternak sapi 984.049,13 m³/tahun, ternak kerbau 86.997,75 m³/tahun dan ternak kambing 461,36 m³/tahun. Potensi biogas limbah ternak tertinggi berada di Kecamatan Watang Pulu dan Pitu Riase yaitu masing-masing 270.601,88 dan 167.781,38 m³/tahun. Potensi biogas limbah ternak kerbau tertinggi berada di kecamatan Pitu Riase dan Panca Lautang yaitu masing-masing 21.243 dan 17.793,75 m³/tahun. Potensi biogas ternak kambing terbesar berada di kecamatan Pitu Riawa dan Panca Lautang yaitu sebesar 93,13 dan 91,21 m³/tahun. Potensi biogas total

terbesar berada di kecamatan Watang Pulu dan Pitu Riase yaitu masing-masing 284.715,86 dan 189.064,08 m³/tahun.

Potensi Produksi Energi dan Ekuivalensi Terhadap LPG

Tabel 4 menunjukkan potensi kapasitas energi penggerak biogas limbah ternak ruminansia di Kabupaten Sidrap sebesar 5.400.401,49 kWh/tahun. Potensi kapasitas energi penggerak biogas limbah ternak di kabupaten Sidrap tersebar di seluruh wilayah kecamatan dengan potensi terbesar terbesar berada di kecamatan Watang Pulu sebesar 1.434.967,91 kWh/tahun. Sedangkan potensi kapasitas energi penggerak biogas limbah ternak ruminansia terkecil berada pada kecamatan Dua Pitue yaitu sebesar 92.454,58 kWh/tahun.

Tabel 3. Potensi produksi biogas limbah ternak ruminansia di Kabupaten Sidrap tahun 2020.

Kecamatan	Potensi Produksi Biogas (m ³ /thn)			Total
	Sapi Potong	kerbau	Kambing	
Panca Lautang	56.611,50	17.793,75	91,21	74.496,46
Tellu Limpoe	20.750,25	8.760,00	36,03	29.546,28
Watang Pulu	270.601,88	14.070,75	43,23	284.715,86
Baranti	46.263,75	711,75	31,73	47.007,23
Panca Rijang	89.488,88	3.120,75	12,95	92.622,58
Kulo	61.812,75	5.310,75	20,08	67.143,58
Maritengngae	38.051,25	-	30,28	38.081,53
Watang Sidenreng	82.754,63	547,50	60,09	83.362,22
Pitu Riawa	134.438,63	12.592,50	93,13	147.124,25
Dua Pitue	15.494,25	2.847,00	2,91	18.344,16
Pitu Riase	167.781,38	21.243,00	39,70	189.064,08
Kab. Sidrap	984.049,13	86.997,75	461,36	1.071.508,23

Sumber : (BPS Kab. Sidrap, 2021) diolah

Tabel 4. Potensi kapasitas energi penggerak dan ekuivalensi potensi biogas terhadap LPG di Kabupaten Sidrap tahun 2020

Kecamatan	Kapasitas Energi Penggerak (kWh/thn)	Ekuivalen LPG (kg/thn)
Panca Lautang	375.462,18	34.268,37
Tellu Limpoe	148.913,23	13.591,29
Watang Pulu	1.434.967,91	130.969,29
Baranti	236.916,45	21.623,33
Panca Rijang	466.817,80	42.606,39
Kulo	338.403,65	30.886,05
Maritengngae	191.930,89	17.517,50
Watang Sidenreng	420.145,58	38.346,62
Pitu Riawa	741.506,24	67.677,16
Dua Pitue	92.454,58	8.438,31
Pitu Riase	952.882,96	86.969,48
Kab. Sidrap	5.400.401,49	492.893,79

Sumber : (BPS Kab. Sidrap, 2021) diolah

Tabel 4 menunjukkan nilai ekuivalensi produksi biogas limbah ternak ruminansia di kabupaten Sidrap terhadap LPG. Potensi biogas limbah ternak ruminansia di kabupaten Sidrap ekuivalen dengan LPG 492.893,79 kg/tahun. Nilai ekuivalensi biogas terhadap LPG terbesar di kecamatan Watang Pulu yaitu sebesar 130.969,29 kg/tahun, sedangkan yang terkecil di kecamatan Dua Pitue yaitu sebesar 8.438,31 kg/tahun.

PEMBAHASAN

Produksi biomas limbah ternak ruminansia di Kabupaten Sidenreng Rappang pada tahun 2020 lebih rendah jika dibanding pada tahun 2017, yaitu sebesar 254.903 ton/tahun yang terdiri limbah ternak sapi 235.797 ton/tahun, limbah ternak kerbau 17.290 ton/tahun dan limbah ternak kambing 1.816 ton/tahun (Purnomo & Armayani, 2021). Penurunan potensi produksi biomas limbah ternak ruminansia di Kabupaten Sidrap disebabkan karena adanya penurunan populasi ternak sapi dan kerbau pada tahun 2020 dibanding tahun 2017. (BPS Kab Sidrap, 2018) melaporkan populasi ternak sapi, kerbau dan kambing pada tahun 2017 masing-masing sebesar 64.602, 3.158 dan 4.974, sedangkan (BPS Kab. Sidrap, 2021) melaporkan populasi ternak sapi, kerbau dan kambing masing-masing 35.947, 1.589 dan 6.019 ekor. Hal ini didukung oleh teori (Akyurek, 2018, 2019) bahwa produksi biomas limbah ternak merupakan hasil kali antara produksi limbah ternak dengan populasi ternak.

Oleh karena itu, jika populasi ternak menurun maka akan menyebabkan produksi limbah ternak dalam satu wilayah juga akan menurun.

Potensi produksi biogas limbah ternak ruminansia antar wilayah kecamatan di kabupaten Sidenreng Rappang sangat bervariasi. Variasi potensi produksi biogas disebabkan oleh adanya perbedaan populasi dan jenis ternak antar kecamatan. Wilayah yang memiliki populasi ternak sapi dan kerbau tinggi akan memiliki potensi biogas yang lebih tinggi. Hal ini sesuai dengan teori (Akyurek, 2018, 2019), bahwa untuk menghitung potensi produksi biogas pada suatu daerah didasarkan pada potensi produksi limbah, persentase total padatan, persentase volatil total padatan, dan persentase biogas yield. Ternak sapi dan ternak kerbau menghasilkan limbah lebih banyak dibanding ternak kambing. Selain itu, persentase biogas yield limbah ternak sapi dan kerbau 50-250% lebih tinggi dibanding ternak kambing. Sehingga meskipun persentase total padatan ternak kambing 5-15% lebih tinggi dibanding ternak sapi dan kerbau, tetapi potensi produksi biogas per ekor ternak sapi dan kerbau masih lebih tinggi dibanding ternak kambing.

Kapasitas energi penggerak dan nilai ekuivalensi biogas terhadap LPG di kabupaten sidrap bervariasi antar kecamatan. Variasi ini disebabkan oleh adanya perbedaan potensi produksi biogas antar kecamatan. Wilayah kecamatan yang memiliki potensi produksi biogas tinggi memiliki kapasitas energi penggerak biogas dan ekuivalensi biogas

terhadap LPG yang tinggi pula. Demikian pula sebaliknya, wilayah kecamatan yang memiliki potensi produksi biogas rendah akan memiliki kapasitas energi penggerak biogas dan nilai ekuivalensi biogas terhadap LPG yang rendah. Hal ini disebabkan karena potensi energi penggerak biogas dan nilai ekuivalensi biogas terhadap LPG merupakan nilai konversi energi dari biogas ke energi penggerak dan energi LPG. Nilai energi penggerak gas metan adalah 3.6 MJ/m³ (Abdeshahian et al., 2016) dengan persentase pembakaran mencapai 60% menggunakan kompor biogas konvensional (Mudhita, 2013).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa potensi biogas limbah ternak ruminansia di Kabupaten Sidrap mencapai 1.071.508,23 m³/tahun, potensi energi penggerak biogas limbah ternak di Kabupaten Sidrap mencapai 5.400.401,49 kWh/tahun, dan potensi energi biogas di daam satu tahun Kabupaten Sidrap ekuivalen dengan LPG 492.893,79 kg.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdeshahian, P., Lim, J. S., Ho, W. S., Hashim, H., & Lee, C. T. 2016. Potential of biogas production from farm animal waste in Malaysia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 714–723. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.01.117>
- Akyurek, Z. 2018. Potential of biogas energy from animal waste in the Mediterranean Region of Turkey. *Journal of Energy Systems*, 2(4), 159–167. <https://doi.org/10.30521/jes.455325>
- Akyurek, Z. 2019. Energy Recovery from Animal Manure: Biogas Potential of Burdur, Turkey. *ESKİŞEHİR TECHNICAL UNIVERSITY JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY*, 20(2), 161–170. <https://doi.org/10.18038/aubtda.456873>
- Aryanto, Suwignyo, B., & Panjono. 2013. Efek Pengurangan Dan Pemenuhan Kembali Jumlah Pakan Terhadap Konsumsi Dan Kecernaan Bahan Pakan Pada Kambing Kacang Dan Peranakan Etawah. *Buletin Peternakan*, 37(1), 12. <https://doi.org/10.21059/buletinpeternak.v37i1.1954>
- BPS Kab. Sidrap. 2016. Sidenreng Rappang Dalam Angka 2016. <https://sidrapkab.bps.go.id/publication/2020/04/27/ac566f08d960c8961b97ae62/kabupaten-sidenreng-rappang-dalam-angka-2020.html>
- BPS Kab. Sidrap. 2021. Kabupaten Sidenreng Rappang Dalam Angka; Sidenreng Rappang Regency in Figures 2021 (Sidenreng). BPS Kab. Sidrap.
- BPS Kab Sidrap. 2018. Sidenreng Rappang Dalam Angka; Sidenreng Rappang Regency in Figures. BPS Kab. Sidrap.
- Jørgensen, P. J. 2009. *Biogas - Green Energi, Process, Design, Energy supply, Environment* (2nd editio). Niels Pedersens Allé 2.
- Meadows, R. 2022. How scientists want to cut livestock's methane emissions. *Chemical & Engineering News*. <https://cen.acs.org/environment/climate-change/scientists-want-cut-livestocks-methane/100/i36>. Diakses 22 Februari 2023.
- Mudhita, I. K. 2013. Biokonversi Feses Ternak Ruminansia Produksi Gas Bio Dan Sludge. *Juristek*, 1(2), 11–20.
- Muryanto, J., Pramono, Suprpto, Ekaningtyas, & Sudadiyono. 2006. *Biogas Energi alternatif ramah lingkungan*. BPTP Jawa Tengah.
- Nazer, M., & Handra, H. 2017. Analisis Konsumsi Energi Rumah Tangga Perkotaan di Indonesia: Periode Tahun 2008 dan 2011/Urban Household Energy Consumption Analysis in Indonesia: Period of 2008. *Jurnal Ekonomi Dan Pembangunan Indonesia*, 16(2), 141–153. <https://doi.org/10.21002/jepi.v16i2.588>
- Oktavia, I., & Firmansyah, A. 2016. Pemanfaatan Teknologi Biogas sebagai Sumber Bahan Bakar Alternatif di Sekitar Wilayah Operasional PT. Pertamina Asset 2 Prabumulih Field. *Jurnal Resolusi Konflik, CSR Dan Pemberdayaan (CARE)*, 1(1), 32–36.
- Prihutama, F. A., Firmansyah, D. N., Siahaan, K. S. H., & Fahmi, B. 2017. Pemanfaatan

- Biogas Sebagai Energi Alternatif Ramah Lingkungan Daerah Desa Monggol, Kabupaten Gunungkidul, Yogyakarta. In I. M. Suarta (Ed.), *Prosiding SNITT Poltekba* (Vol. 2, pp. 87–95). Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Politeknik Negeri Balikpapan.
- Purnomo, N., & Armayani, M. 2021. Potensi Limbah Ternak Ruminansia di Kabupaten Sidrap. *Jurnal Sains Dan Teknologi Industri Peternakan*, 1(1), 1–5. <https://doi.org/10.55678/jstip.v1i1.196>
- Rahayu, S., Purwaningsih, D., & Pujiyanto. 2009. Pemanfaatan Kotoran Ternak Sapi Sebagai Sumber Energi Alternatif Ramah Lingkungan Beserta Aspek Sosio Kulturalnya. *Inotek*, 13(2), 150–160.
- Wahyuni, S. 2011a. Biogas Energi Terbarukan Ramah Lingkungan dan Berkelanjutan. *Kongres Ilmu Pengetahuan Nasional (KIPNAS) Ke-10*, November, 1–11.
- Wahyuni, S. 2011b. *Menghasilkan Biogas dari Aneka Limbah (Revisi)*. PT. AgroMedia Pustaka.
- Widodo, T. W., Ana, N., Asari, A., & Unadi, A. 2005. *Pemanfaatan Energi Biogas Untuk Mendukung Agribisnis di Pedesaan*. Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian Serpong.
- Zalizar, L., Relawati, R., & Ariadi, B. Y. 2013. Potensi produksi dan ekonomi biogas serta implikasinya pada kesehatan manusia, ternak dan lingkungan. *Jurnal Ilmu-Ilmu Peternakan*, 23(3), 32–40.