

EFEKTIVITAS PEMANFAATAN ENERGI TERBARUKAN BIOGAS DI KABUPATEN SUMBA TIMUR

Erwin Randjawali¹, Mariana Silvana Moy²

¹Program Studi Pendidikan Matematika, Fakultas Ilmu-Ilmu Sosial, Universitas Kristen Wira Wacana Sumba

²Program Studi Agroteknologi, Fakultas Ilmu-Ilmu Sosial, Universitas Kristen Wira Wacana Sumba
erwinrandjawali@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan informasi terkait penerapan teknologi biogas di Kabupaten Sumba Timur, yakni: pemanfaatan reaktor biogas, pemanfaatan serta efektivitas energi biogas. Penelitian ini dilaksanakan di Kabupaten Sumba Timur, yang terfokus di Kecamatan Lewa, Kecamatan Kampera, Kecamatan Pandawai, dan Kecamatan Kota Waingapu. Dari hasil penelitian ini diperoleh bahwa tipe reaktor biogas yang digunakan adalah *fixed dome reactor* tanpa pengaduk, dengan ukuran reaktor yang dominan dipilih adalah 4m³, serta umur reaktor yang bervariasi. Dari total 21 unit reaktor yang diobservasi, 62% merupakan reaktor yang masih aktif digunakan, sedangkan sisanya sudah tidak aktif digunakan. 95% responden memanfaatkan biogas untuk memasak, dan sisanya menggunakannya untuk penerangan dan sekaligus memasak. Penelitian ini juga menemukan bahwa terdapat beberapa kendala yang dihadapi oleh para responden, seperti kebocoran gas, penyumbatan pada pipa, kompor macet, ukuran reaktor yang tidak sesuai, serta kendala yang disebabkan oleh iklim dan cuaca. Beberapa kendala diatasi secara mandiri oleh responden (14.29%), maupun ditangani oleh pihak pengembang/ lembaga (4.76%). Efektivitas pemanfaatan biogas di kecamatan-kecamatan fokus penelitian ini termasuk dalam kategori rendah..

Kata kunci : *Biogas, Sumba Timur, pemanfaatan, kendala*

ABSTRACT

This study aims to obtain information regarding the application of biogas technology in East Sumba Regency, ie: the use of biogas reactors, the utilization, and effectiveness of biogas energy. This research was conducted in East Sumba Regency, which focused on Lewa Subdistrict, Kampera Subdistrict, Pandawai Subdistrict, and Kota Waingapu Subdistrict. Results of this study found that the type of biogas reactor used was a fixed dome reactor without a stirrer, with the dominant reactor size chosen was 4m³, and the reactor age varied. Of the total 21 reactor units observed, 62% are reactors that are still actively used, while the rest are not actively used. 95% of respondents use biogas for cooking, and the rest use it for lighting and cooking. The study also found that there were several obstacles faced by respondents, such as gas leaks, blockages in pipes, stagnant stoves, inappropriate reactor sizes, and constraints caused by climate and weather. Some obstacles were overcome independently by respondents (14.29%), as well as handled by the developer/institution (4.76%). The effectiveness of the use of biogas in the sub-districts of this research focus is classified in the low category.

Keywords: *Biogas, East Sumba, utilization, obstacle*

PENDAHULUAN

Biogas adalah salah satu energi terbarukan yang dapat digunakan untuk mengantisipasi krisis energi di Indonesia (KESDM, 2016). Biogas adalah salah satu jenis bioenergi yang memiliki potensi untuk dikembangkan di Indonesia karena vegetasi hujan tropis yang melimpah di negeri ini (Kholiq, 2015). Pulau Sumba adalah salah satu pulau di Indonesia yang memiliki potensi untuk mengembangkan energi baru dan terbarukan, tetapi masih memiliki rasio elektrifikasi yang rendah (Dagi Consulting, 2018). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kehadiran energi terbarukan biogas di Pulau Sumba menghadirkan dampak yang baik, yakni berkurangnya ketergantungan masyarakat Sumba terhadap Bahan Bakar Minyak yang bersumber dari fosil (Poek & Plaimo, 2018).

Penggunaan biogas mampu berkontribusi dalam pemenuhan kebutuhan bahan bakar, membantu masyarakat dalam hal perekonomian di perdesaan, dan limbah yang dihasilkan dari biogas dapat dimanfaatkan sebagai pupuk (Elizabeth & Rusdiana, 2011).

Biogas dapat berasal dari kotoran ternak seperti sapi (Putri, Saputro, & Budiyo, 2012), kotoran babi (Konrad, Koch, Lumi, Tonetto, & Bezama, 2014), kotoran kerbau (Carotenuto, Guarino, Minale, & Morrone, 2016), kotoran kambing, kotoran kuda, kotoran domba, dan kotoran ayam (Olowoyeye, 2013). Jumlah kotoran ternak sebagai bahan baku biogas tentu saja terkait dengan jumlah ternak yang tersedia. Salah satu sektor yang memiliki potensi terbesar untuk dikembangkan di Sumba Timur adalah peternakan (Hudang, 2016). Menurut data BPS dari Sumba Timur (2016)

populasi ternak besar di wilayah itu dibagi menjadi sapi potong (50.700), kuda (31.700) dan populasi ternak babi (99.272) (BPS, 2016). Implementasi pemanfaatan energi berkelanjutan didukung oleh ketersediaan sumber daya hewan dan biomassa.

Meskipun penggunaan dan pemanfaatan biogas di Kabupaten Sumba Timur telah dilakukan, informasi ilmiah terkini terkait dengan efektivitas pemanfaatan biogas serta kendala yang dialami dalam para pengguna biogas sangat diperlukan. Informasi ilmiah ini diperlukan untuk memperkuat justifikasi ilmiah dari program pengembangan energi yang ramah lingkungan. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan status dan informasi terkini dalam pengembangan penerapan teknologi biogas di Kabupaten Sumba Timur.

Penelitian terkait efektivitas biogas yang telah dilakukan peneliti sebelumnya di Desa Pendoworejo, Yogyakarta, melihat efektivitas dari beberapa aspek, yaitu pemanfaatan energi biogas yang dilakukan secara kontinu, pemanfaatan biogas, dan keterpenuhan kebutuhan energi yang menggunakan biogas, dan pemanfaatan biogas dinilai efektif apabila reaktor biogas tersebut berfungsi dengan baik (Palupi, 2015). Penelitian yang kami lakukan pun melihat efektivitas pemanfaatan biogas dari ketiga aspek yang digunakan oleh peneliti sebelumnya.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efektivitas pemanfaatan biogas dan mengetahui kendala-kendala yang dialami oleh para pengguna teknologi biogas di Kabupaten Sumba Timur.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kualitatif yang menggunakan suatu metode ilmiah untuk memperoleh data pada suatu latar alamiah (Moleong, 2012). Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif, dan dilakukan dengan mengambil fokus pada empat kecamatan yang berada di Kabupaten Sumba Timur, Provinsi Nusa Tenggara Timur, yakni Kecamatan Kampera, Kecamatan Pandawai, Kecamatan Lewa, dan Kecamatan Kota Waingapu, pada bulan Mei hingga Agustus 2018.

Informan penelitian ini pengguna teknologi biogas yang diperoleh dengan menggunakan teknik sampling *snow ball*, di mana menemukan subyek penelitian pertama akan memberikan nama subyek penelitian yang lainnya (Atkinson & Flint, 2001). Teknik mengumpulkan data yang digunakan adalah observasi, wawancara perseorangan (*in depth*

interview), dan dokumentasi. Jumlah pengguna biogas yang diwawancarai dalam penelitian ini adalah 21 orang, dengan distribusi 4 orang berasal dari Kecamatan Kampera, 5 orang dari Kecamatan Pandawai, 6 orang dari Kecamatan Lewa, dan 6 orang dari Kecamatan Kota Waingapu.

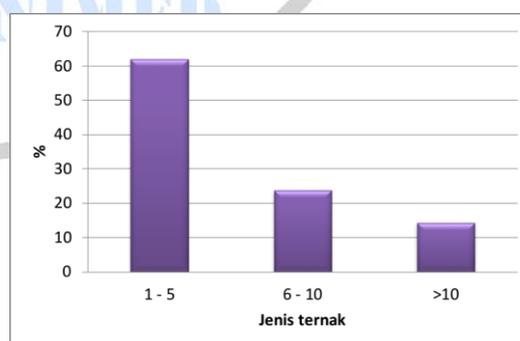
Data-data penelitian yang sudah diperoleh kemudian dibaca, dipelajari, ditelaah, dan kemudian direduksi dengan cara membuat rangkuman. Data penelitian ini ditabulasi dengan menggunakan aplikasi open source *Libreoffice Calc* versi 4.2.8.2, dan kemudian disajikan dalam bentuk grafik dan narasi. Data-data yang telah direduksi selanjutnya dikategorisasi, dan kemudian diperiksa keabsahannya dan selanjutnya ditafsirkan (Moleong, 2012). Hasil penelitian ini diinterpretasikan dengan menggunakan tabel Arikunto (Arikunto, 2014).

HASIL DAN PEMBAHASAN

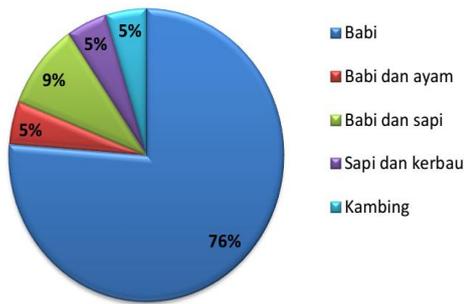
Distribusi Bahan Isian Reaktor Biogas

Jumlah hewan yang dimiliki oleh masing-masing informan cukup bervariasi, mulai dari 1 hingga 10 ekor, dengan rata-rata hewan yang dimiliki adalah 1-5 ekor hewan, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

Sedangkan kotoran ternak yang digunakan oleh informan sebagai pengisi reaktor biogas berasal dari beberapa jenis ternak seperti babi, ayam, kerbau, sapi, dan kambing. 76% pengguna biogas menggunakan kotoran babi, 5% pengguna biogas menggunakan kotoran kambing, 9% pengguna biogas menggunakan campuran kotoran babi dan sapi, 5% pengguna biogas menggunakan campuran kotoran babi dan ayam, dan 5% menggunakan campuran kotoran sapi dan kerbau, seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Distribusi jumlah ternak responden



Gambar 2. Distribusi sumber slurry responden

Berdasarkan hasil penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 2, dapat disimpulkan bahwa kotoran babi paling umum digunakan sebagai bahan pengisi reaktor biogas. Hal ini karena populasi ternak babi di ke empat kecamatan fokus penelitian memiliki jumlah yang lebih banyak jika dibandingkan dengan populasi ternak kuda, sapi, kerbau, dan kambing, seperti yang terdapat pada Tabel 1. Data juga menunjukkan bahwa rata-rata masyarakat Sumba memiliki setidaknya 1 hingga 2 babi di rumah mereka (Bajgain, 2011). Data juga menunjukkan bahwa babi dengan berat 50kg dapat menghasilkan gas metana sekitar 65-70% (Ford, 2007). Selain itu, komposisi gas dalam biogas dipengaruhi oleh sifat bahan yang digunakan, karena terkait dengan jumlah karbon (IV) oksida (Himanen & Hänninen, 2011).

TABEL 1. POPULASI TERNAK DI KECAMATAN LEWA, KAMBERA, PANDAWAI, DAN KOTA WAINGAPU MENURUT JENIS TERNAK

Kecamatan	Jumlah (ekor)				
	Sapi	Kerbau	Kuda	Kambing	Babi
Lewa	2370	1767	1568	1141	4243
Kambera	1961	370	1071	3893	12714
Pandawai	8358	2783	3849	7794	9497
Kota Waingapu	738	537	1071	3897	1755

Profil Reaktor Biogas

Umur reaktor yang diobservasi per kecamatan fokus penelitian cukup bervariasi, karena reaktor-reaktor tersebut dibangun tahun yang berbeda-beda, yakni pada periode tahun 2011 hingga 2017. Dari total 21 orang informan yang diwawancarai, 4 orang responden membangun reaktor biogas masing-masing pada tahun 2012, 2013, dan 2014, 5 orang responden membangunnya pada tahun 2015, 2 orang responden membangunnya pada tahun 2016, dan 1 orang responden membangunnya masing-

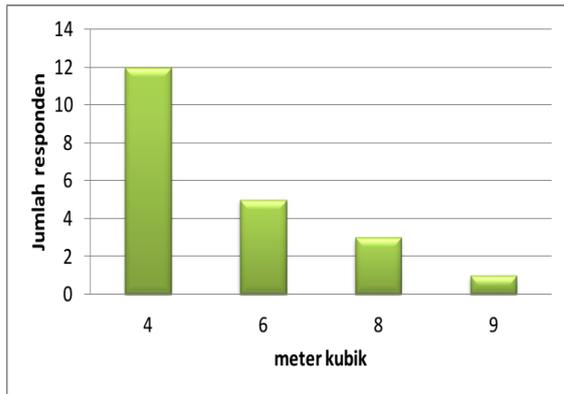
masing pada tahun 2011 dan 2017, seperti yang terdapat pada Gambar 3.



Gambar 3. Profil berdasarkan tahun pembuatan reaktor biogas

Dari hasil penelitian ini ditemukan bahwa jenis reaktor biogas yang digunakan di Sumba Timur adalah *fixed dome reactor* (reaktor dengan kubah tetap), yang tidak dilengkapi dengan pengaduk. Penggunaan reaktor dengan tipe seperti ini memberikan beberapa manfaat bagi penggunanya, yaitu: jika reaktor telah dibangun dengan benar, maka dapat digunakan untuk waktu yang lama, selain itu biaya konstruksi yang dibutuhkan untuk membangunnya relatif murah, dan karena reaktor terletak di bawah tanah, sehingga fluktuasi suhu dapat dipertahankan, dan masyarakat yang ada di lingkungan tersebut dapat memiliki lapangan pekerjaan ketika reaktor dibangun (Vögeli, Riu, Gallardo, Diener, & Zurbrügg, 2014).

Dari hasil pengamatan di lapangan ditemukan bahwa responden juga menggunakan ukuran reaktor biogas yang bervariasi. Dua belas responden menggunakan reaktor dengan ukuran 4 m³, 5 responden menggunakan ukuran 6 m³, 3 responden menggunakan ukuran 8 m³, dan 1 responden menggunakan ukuran 9 m³. Untuk mempertimbangkan ukuran reaktor biogas yang akan digunakan, pengguna harus mengetahui jumlah gas yang harus digunakan, serta ketersediaan bahan, baik untuk membangun reaktor biogas, serta ketersediaan pengisi reaktor biogas (Ford, 2007; Kuria & Maringa, 2008). Hasil penelitian menyatakan bahwa, ukuran yang dipilih oleh responden adalah berdasarkan rekomendasi yang diberikan oleh pengembang (lembaga yang membangun reaktor biogas) setelah melakukan survei terkait dengan jumlah ternak yang dimiliki, ukuran lahan untuk membangun reaktor biogas, dan kebutuhan gas pengguna.



Gambar 4. Ukuran reaktor biogas yang digunakan responden

Efektivitas Dilihat Dari Kekontinuitas Persediaan Biogas

Dari 21 unit reaktor biogas yang menjadi fokus penelitian, 62% merupakan reaktor biogas aktif, sedangkan sisanya 38% adalah reaktor yang tidak aktif digunakan karena kendala tertentu yang akan dibahas pada sub bab berikutnya. Persentasi jumlah reaktor biogas yang aktif tersebut termasuk dalam kategori cukup.

Semua informan menyatakan bahwa jumlah bahan isian reaktor biogas (slurry) sudah memenuhi kebutuhan. Ini termasuk dalam kategori tinggi. Akan tetapi dengan berjalannya waktu, terdapat 38% (kategori rendah) reaktor yang tidak lagi aktif.

Interval pengisian reaktor biogas pun bervariasi. 33% informan mengisi reaktor biogas sekali dalam sehari (kategori rendah), 38% informan mengisi reaktor biogas 2 kali dalam sehari (kategori rendah), 5% informan mengisi reaktor biogas tiga kali dalam sehari (kategori sangat rendah), sedangkan 24% mengisi reaktor biogas secara tidak menentu karena bergantung pada jumlah kotoran yang dihasilkan (kategori rendah).

Efektivitas Dilihat Dari Pemanfaatan Biogas

Pada dasarnya, energi biogas dapat digunakan untuk memasak, penerangan, dan untuk motor yang bergerak (Badan Litbang Pertanian, 2011). Informan di kecamatan sasaran menggunakan biogas untuk keperluan memasak dan kegiatan penerangan. Berdasarkan hasil penelitian ini, setelah reaktor biogas tersebut dibangun dan berfungsi dengan baik, sebanyak 91% pengguna biogas menggunakan biogas untuk kegiatan memasak (kategori tinggi), sementara 9% menggunakannya untuk memasak dan penerangan (kategori sangat rendah). Dengan demikian, dapat dikatakan

bahwa persentasi pemanfaatan biogas tersebut terkategori sangat tinggi.

Hasil penelitian ini sejalan dengan hasil monitoring dan evaluasi program Sumba Iconic Island 2018 bahwa biogas dimanfaatkan oleh warga Sumba untuk keperluan penerangan dan memasak. Serta manfaat yang diperoleh warga dengan menggunakan biogas adalah menghemat waktu untuk memasak (Dagi Consulting, 2018). Akan tetapi, setelah terjadi kendala dalam pemanfaatan biogas, hanya 61,90% saja yang memanfaatkan biogas untuk keperluan memasak (kategori cukup), sedangkan 38,10% informan tidak memanfaatkannya baik untuk keperluan memasak maupun penerangan (kategori rendah), karena telah terjadi kerusakan. Pemanfaatan biogas dengan persentase tersebut jika diinterpretasikan dengan menggunakan tabel interpretasi (Arikunto, 2014) termasuk dalam kategori cukup.

Efektivitas Dilihat Dari Pemenuhan Kebutuhan Biogas

Pengguna Biogas juga mengatakan bahwa gas yang dihasilkan memenuhi kebutuhan energi untuk kegiatan memasak dan penerangan. Namun, dari hasil pengamatan ini ditemukan bahwa beberapa pengguna hanya menggunakannya untuk kegiatan memasak yang memerlukan durasi pendek. Oleh karena itu, beberapa pengguna biogas masih menggunakan minyak tanah dan kayu bakar jika mereka akan memasak untuk waktu yang lama. Dengan demikian, pemanfaatan energi biogas belum terlalu efektif dalam menggantikan minyak tanah, kayu bakar, dan LPG.

Sebanyak 66,67% informan menyatakan bahwa jumlah biogas yang dihasilkan telah memenuhi kebutuhan biogas sehari-hari, sedangkan 33,33% informan menyatakan bahwa jumlah biogas yang dihasilkan belum memenuhi kebutuhan gas sehari-hari. Dapat dikatakan bahwa ketercukupan jumlah gas tersebut terkategori cukup.

Permasalahan dalam Pemanfaatan Biogas

Pembuatan reaktor dengan tipe kubah tetap tidak dapat dilakukan secara sembarangan, namun harus melibatkan orang yang berkompeten, sehingga dapat mengantisipasi bilamana terjadi kebocoran pada reaktor tersebut (Vögeli et al., 2014). Jika seandainya terjadi kebocoran pada saat membuat reaktor tersebut, maka udara yang ada di luar reaktor dapat masuk ke dalamnya dan selanjutnya mengganggu proses pembentukan biogas, karena proses tersebut harus berlangsung pada kondisi tanpa oksigen (Abbasi, Abbasi, &

Tauseef, 2012). Kebocoran tersebut akan sulit untuk diperbaiki apabila reaktor tersebut telah selesai dibangun (berada di dalam tanah) (Vögeli et al., 2014)

Selain memperhatikan proses pembuatan reaktor biogas, pemeliharaan terhadap reaktor biogas yang telah dibangun juga perlu dilakukan. Jika hal ini tidak dilakukan dengan baik, maka pemanfaatan energi biogas menjadi tidak efektif. Pemeliharaan instalasi biogas dapat dilakukan dengan secara rutin memeriksa jaringan pipa (selang gas) dan bagian keselamatan, dan mencegah masuknya bahan yang dapat mengganggu pekerjaan bakteri biogas, seperti pestisida, deterjen, dan lainnya (Badan Litbang Pertanian, 2011).

Hasil penelitian ini menemukan bahwa pengguna biogas mengalami masalah dalam menggunakan reaktor biogas, yaitu: kebocoran gas, penyumbatan pada pipa, kompor biogas yang stagnan, ukuran reaktor yang tidak tepat, dan pengaruh iklim dan cuaca. Penyumbatan dalam pipa gas adalah masalah yang paling dialami oleh informan pengguna biogas. Kendala dalam mengoperasikan biogas dapat diatasi oleh pengguna secara mandiri (14,29%), dan ditangani langsung oleh pengembang/ lembaga (4,76%). Namun demikian, 19% responden menyatakan bahwa mereka tidak mengalami masalah dalam mengoperasikan reaktor biogas mereka.

Efektivitas Pemanfaatan Biogas di Kecamatan Fokus Penelitian

Reaktor biogas yang masih aktif berfungsi pada informan di kecamatan fokus wawancara adalah 62% dalam kategori cukup dan reaktor yang berada dalam kondisi rusak 38% dalam kategori rendah. Pemanfaatan energi biogas untuk memasak berada dalam kategori cukup (61,90%). Persentasi keterpenuhan jumlah biogas termasuk dalam kategori cukup (66,67%), dan yang tidak memenuhi tergolong dalam kategori rendah (33,33%). Efektivitas pemanfaatan energi biogas di kecamatan-kecamatan fokus penelitian termasuk dalam kategori rendah.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa efektivitas pemanfaatan biogas di Kecamatan Kampera, Kecamatan Pandawai, Kecamatan Lewa, dan Kecamatan Kota Waingapu termasuk dalam kategori rendah. 62% unit reaktor yang diamati di sub-distrik yang menjadi fokus penelitian adalah reaktor yang masih aktif digunakan, sedangkan sisanya tidak aktif. Biogas yang dihasilkan digunakan untuk kegiatan memasak dan penerangan oleh

responden di kecamatan-kecamatan ini. Namun, masih ada kendala yang membuat penggunaan biogas tidak efektif, yaitu kebocoran gas, penyumbatan pipa, tungku stagnan, ukuran reaktor yang tidak tepat, dan pengaruh iklim dan cuaca.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Direktorat Riset & Pengabdian Kepada Masyarakat, Kementerian Ristek Dikti RI atas pendanaan melalui Program Penelitian Dosen Pemula (PDP) Tahun Anggaran 2018 dan enumerator mahasiswa Agroteknologi Unkriswina Sumba Roby dan Depris.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbasi, T., Abbasi, S. A., & Tauseef, S. M. (2012). Biogas Energy. In *Springer*.
- Arikunto, S. (2014). *Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Atkinson, R., & Flint, J. (2001). Accessing Hidden and Hard-to-reach Populations: Snowball Research Strategies. *Social Research Update*, 33(January 2001).
- Badan Litbang Pertanian. (2011). *Biogas Pembuatan Konstruksi, Operasional Dan Pemeliharaan Instalasinya*. SinarTani, (3408).
- Bajgain, S. (2011). *Feasibility of Biogas in Sumba*. (February). Retrieved from https://www.hivos.org/sites/default/files/feasibility_of_biogas_in_sumba.pdf
- BPS. (2016). *Badan pusat statistik kabupaten sumba timur* (D. of I. M & P. and S. Dissemination, eds.).
- Carotenuto, C., Guarino, G., Minale, M., & Morrone, B. (2016). Biogas production from anaerobic digestion of manure at different operative conditions. *International Journal of Heat and Technology*, 34(4), 623–629.
- Dagi Consulting. (2018). *Monitoring & Evaluasi Program Sumba Iconic Island 2018*.
- Elizabeth, R., & Rusdiana, S. (2011). *Biogas Utilization Effectiveness to Lessen Rural Households' Expenditure*. *Prosiding Seminar Nasional Era Baru Pembangunan*

- Pertanian: Strategi Mengatasi Masalah Pangan, Bioenergi Dan Perubahan Iklim. Pusat Sosial Ekonomi Dan Kebijakan Pertanian, 220–234. Retrieved from Ford, S. (2007). *Advances in Biogas*. UK: Pira International Ltd.
- Himanen, M., & Hänninen, K. (2011). Composting of bio-waste, aerobic and anaerobic sludges - Effect of feedstock on the process and quality of compost. *Bioresource Technology*, 102(3), 2842–2852.
- Hudang, A. K. (2016). Perencanaan Pengembangan Subsektor Peternakan Dalam Upaya Peningkatan Perekonomian Di Kabupaten Sumba Timur. *Jurnal Riset Ekonomi Dan Manajemen*, 16(2), 331–344.
- KESDM. (2016). Program Strategis EBTKE dan Ketenagalistrikan. *Jurnal Energi – Media Komunikasi Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral*.
- Kholiq, I. (2015). Pemanfaatan energi alternatif sebagai energi terbarukan untuk mendukung substitusi BBM. *IPTEK*, 19, 75–91.
- Konrad, O., Koch, F. K., Lumi, M., Tonetto, J., & Bezama, A. (2014). Potential of Biogas Production from Swine Manure Supplemented with Glycerine Waste. *Engenharia Agrícola*, 34(5), 844–853.
- Kuria, J., & Maringa, M. (2008). Developing Simple Procedures for Selecting , Sizing , Scheduling of Materials and Costing of Small Bio – Gas Units. *International Journal for Service Learning in Engineering*, 3(1), 9–40.
- Moleong, L. J. (2012). *Metodologi Penelitian Kualitatif*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Olowoyeye, J. (2013). Comparative Studies on Biogas Production using Six Different Animal Dungs. 3(15), 7–11.
- Palupi, D. S. (2015). Efektivitas Pemanfaatan Biogas untuk Menunjang Ketahanan Energi (Studi Di Desa Pendoworejo Kecamatan Girimulyo Kabupaten Kulon Progo Daerah Istimewa Yogyakarta). *Jurnal Ketahanan Nasional*, 21(2), 78.
- Poek, W., & Plaimo, I. E. M. (2018). Pengembangan Energi Terbarukanberbasis Masyarakat di Daerah Terpencil dan Kontribusinya Terhadap Perubahan Iklim dan Kesejahteraan Masyarakat (Studi Kasus Program Sumba Iconic Island). *Seminar Nasional Teknologi*, 19–20. Retrieved from
- Putri, D. A., Saputro, R. R., & Budiyono. (2012). Biogas production from cow manure. *International Journal of Renewable Energy Development*, 1(2), 61–64.
- Vögeli, Y., Riu, C., Gallardo, A., Diener, S., & Zurbrügg, C. (2014). Anaerobic Digestion of Biowaste in Developing Countries. In Sandec: Department of Water and Sanitation in Developing Countries. Retrieved from]