



APPLICATION OF BIOGAS DIGESTER TECHNOLOGY UTILIZES ANIMAL WASTE

Moh. Ahsan S. Mandra^{1*}, Sunardi², Andi Muhammad Taufik Ali³

¹Pendidikan Teknik Otomotif, Universitas Negeri Makassar, Indonesia, mohammad.ahsan.sm@unm.ac.id

²Pendidikan Teknik Otomotif, Universitas Negeri Makassar, Indonesia, sunardi5510@unm.ac.id

³Pendidikan Teknik Otomotif, Universitas Negeri Makassar, Indonesia, amtaft@unm.ac.id

ABSTRAK

Abstrak: Berdasarkan hasil analisis kebutuhan, masalah yang dihadapi masyarakat di Desa Massamaturu Kabupaten Takalar adalah kurangnya informasi tentang pemanfaatan limbah ternak dan penerapan teknologi pengolahan limbah ternak menjadi energi terbarukan. Sehingga tujuan pemberdayaan masyarakat ini adalah untuk: 1) meningkatkan pengetahuan masyarakat tentang pemanfaatan limbah ternak, 2) mengkaji pemanfaatan teknologi biogas sebagai penerapan teknologi pengolahan limbah ternak menjadi energi terbarukan, dan 3) mengkaji kondisi masyarakat setelah kegiatan PKM dilaksanakan. Metode pengumpulan data selama pelaksanaan yaitu melakukan wawancara langsung pada kelompok masyarakat penerima manfaat. Analisis data penelitian menggunakan metode deskriptif kualitatif. Kesimpulan yang diperoleh dari pemberdayaan ini adalah program biogas skala rumah tangga dengan kapasitas digester 2 m³ sangat berguna untuk dimanfaatkan masyarakat, terutama bagi kelompok peternak. Terdapat tiga manfaat utamanya, antara lain: (1) Masyarakat mendapatkan bahan bakar alternatif pengganti LPG yaitu Biogas, (2) Masyarakat dapat memanfaatkan luaran olahan biogas menjadi pupuk organik untuk pertanian, (3) Masyarakat teredukasi melalui program ini karena limbah kotoran ternak dapat dimanfaatkan untuk kepentingan ekonomi masyarakat dan menjaga kelestarian lingkungan. Selain itu penerapan teknologi biogas dapat menghasilkan pupuk organik padat dan cair guna kesuburan tanaman akibat meningkatnya unsur hara tanah dari pemberian pupuk organik tersebut, sehingga dapat meningkatkan pendapat masyarakat karena biaya pembelian pupuk tidak diperlukan lagi.

Kata Kunci: Pengolahan Limbah; Teknologi Biogas; Peternak.

Abstract: Based on the results of the needs analysis, the problem faced by the community in Massamaturu Village, Takalar Regency is the lack of information on the use of livestock waste and the application of technology for processing livestock waste into renewable energy. So that the objectives of this community empowerment are to 1) increase public knowledge about the use of livestock waste, 2) study the use of biogas technology as an application of technology for processing livestock waste into renewable energy, and 3) assess the condition of the community after PKM activities are carried out. The method of collecting data during the implementation was conducting direct interviews with the beneficiary community groups. Analysis of research data using qualitative descriptive methods. The conclusion obtained from this empowerment is that the household-scale biogas program with a digester capacity of 2 m³ is very useful for the community, especially for farmer groups. There are three main benefits, including: (1) The community gets an alternative fuel to replace LPG, namely Biogas, (2) The community can use the output of processed biogas to become organic fertilizer for agriculture, (3) The community is educated through this program because livestock manure can be used for the benefit of the community's economy and environmental preservation. Also, the application of biogas technology can produce solid and liquid organic fertilizers for plant fertility due to the increase in soil nutrients from the application of organic fertilizers, so that it can increase public opinion because the cost of purchasing fertilizers is no longer needed.

Keywords: Waste Processing; Biogas Technology; Breeders.

**Article History:**

Received : 19-10-2020
 Revised : 12-12-2020
 Revised : 13-03-2021
 Accepted : 07-04-2021
 Online : 15-04-2021



This is an open access article under the
 CC-BY-SA license

A. PENDAHULUAN

Sektor pertanian banyak menghasilkan limbah yang berasal dari tanah (sisa pertanian) dan pembakaran biomassa (jerami), sementara pada sektor peternakan banyak menghasilkan limbah berupa kotoran padat (feses) dan kotoran cair (urine). Limbah akan menimbulkan masalah lingkungan atau berdampak negative terhadap lingkungan jika limbahnya terakumulasi dengan jumlah yang banyak (Irsyad et al., 2018). Salah satu jenis usaha ternak ruminansia yang banyak terdapat di kelompok peternak adalah jenis ternakan sapi walaupun masih banyak yang dikelola secara tradisional. Mereka mengusahakan ternak hanya sebagai usaha sampingan. Hasil beberapa kajian terhadap peternak tradisional nilai ekonomisnya tergolong rendah. Penyebabnya adalah paradigma peternak yang cenderung menganggap beternak hanya sebagai kegiatan sampingan dan ternaknya hanya dianggap sebagai investasi/tabungan yang dapat dimanfaatkan bila ada kebutuhan mendesak. Penyebab lainnya adalah minimnya perhatian terhadap ternak, kurangnya tenaga kerja, serta pemenuhan kebutuhan pakan yang tidak maksimal. Dampaknya adalah upaya pengoptimalan dan melibatkan masyarakat dalam pemberdayaan ekonomi masyarakat pada sub sektor peternakan tidak dapat dikembangkan secara maksimal (Tazi Hnyine et al., 2016). Ditambahkan oleh (Palallo, F., Ardi, M., & Mandra, 2018) *“Public awareness of livestock waste scattered everywhere will affect the health of the environment is still very less. Currently, the utilization of new livestock is limited to the use of animals while the utilization of waste has not been utilized maximally which will get added value economically or financially”*.

Program Kemitraan Masyarakat (PKM) merupakan salah satu kegiatan pemberdayaan masyarakat yang sasarannya adalah terbentuknya masyarakat yang mandiri. Program tersebut dilaksanakan oleh LP2M UNM di lingkungan pedesaan. Desa Massamaturu terletak di wilayah Kabupaten Takalar yang bertempat di Kecamatan Polongbangkeng Utara, dimana sebagian besar masyarakatnya bermata pencaharian sebagai petani sekaligus peternak.

Demi meningkatkan pendapatan melalui usaha peternakan meskipun dengan sistem pemeliharaan ternak sapi yang masih bersifat tradisional dan belum tersentuh dengan inovasi serta teknologi, maka masyarakat desa membentuk kelompok ternak pembudidayaan sapi, Oleh karena itu, tim PKM LP2M UNM menerapkan teknologi tepat guna berupa biogas yang dapat mengolah limbah kotoran ternak sapi menjadi energi alternatif yaitu

gas. Penambahan starter guna mempercepat proses pembentukan gas oleh bakteri, dianggap tidak diperlukan lagi karena kandungan dalam kotoran sapi terdapat starter alami yang bersumber dari rumen sapi itu sendiri.



Gambar 1. Kandang Peternak.

Unsur utama pembentuk biogas adalah Gas metan ditambah dengan unsur campuran lainnya. Disebabkan oleh nilai kalornya yang tinggi maka Gas metan yang terkumpul dalam biogas dapat dimanfaatkan untuk keperluan kehidupan masyarakat (Bindari, 2012). Pemanfaatan teknologi biogas tersebut sejalan dengan program yang dicanangkan oleh LP2M UNM melalui Program Kemitraan Masyarakat di wilayah pedesaan tentang pemanfaatan energi atau bahan bakar alternatif oleh masyarakat sehingga dapat meminimalisir atau menghentikan penggunaan kayu bakar, minyak tanah dan gas alam sebagai bahan bakar dalam kehidupannya sehari-hari. Tujuan program pemberdayaan ini anatara lain: 1) meningkatkan pengetahuan masyarakat tentang pemanfaatan limbah ternak, 2) mengkaji pemanfaatan teknologi biogas sebagai penerapan teknologi pengolahan limbah ternak menjadi energi terbarukan, dan 3) mengkaji kondisi masyarakat setelah kegiatan PKM dilaksanakan.

B. METODE PELAKSANAAN

Pelaksanaan program pemberdayaan dilakukan di Desa Massamaturu, Kecamatan Polongbangkeng Utara, Kabupaten Takalar, yang melibatkan kelompok peternak sapi “Massamaturu” yang keanggotaannya sebanyak 7 orang dan pemasangan instalasi biogasnya terletak di sekitar salah satu rumah penerima program ini, agar mereka dapat secara langsung memanfaatkan fasilitas biogas tersebut sebagai alternatif pengganti bahan bakar dari hasil pengolahan dari limbah kotoran sapi melalui proses fermentasi dalam tangki digester dengan kapasitas 2 m³. Program ini dijalankan selama 4 bulan, sejak Juni hingga Oktober 2020. Metode pengumpulan data selama pelaksanaan yaitu melakukan wawancara langsung pada kelompok masyarakat peternak. Metode analisis datanya secara deskriptif kualitatif.

Faktor penting penentu keberhasilan biogas yang dihasilkan terletak pada perancangan disain unit instalasi digester atau reaktor pemroses biomassa yang harus memenuhi syarat acuan yaitu : (a) Jumlah kotoran

ternak bergantung pada banyaknya sapi, (b) komposisi jumlah air pembersih dan urine, (c) besaran volume reaktor dan jumlah kotoran pada pengisian reaktor, (d) waktu yang diperlukan bahan di dalam *Hidraulic Retention Time* (reaktor), (e) estimasi jumlah tekanan gas metana yang dihasilkan dan (f) estimasi jumlah volume gas metana yang terproduksi. Disamping itu perlu memperhatikan empat faktor lainnya, yaitu: (a) bahan konstruksi yang dibutuhkan guna pembuatan digester atau unit penghasil biogas mudah diperoleh, (b) bahan organik buangan sebagai isian digester harus cukup tersedia, (c) estimasi kebutuhan energi yang dibutuhkan masyarakat (kelompok/keluarga) berdasarkan keperluannya, (d) bahan keluaran digester berupa lumpur dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik tanaman kebun atau pertanian (Widodo, T. W., Asari, A., Ana, N., & Elita, 2006).

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan digester biogas melibatkan anggota kelompok ternak “Massamaturu” dan masyarakat sekitar lokasi pembuatan biogas. Waktu pelaksanaan selama 4 (empat) bulan sejak bulan Juni sampai bulan Oktober 2020. Kegiatan ini meliputi: 1) survei lokasi dan analisis kebutuhan, 2) pembuatan desain, 3) penggalian dan memasang instalasi biogas. Perlibatan masyarakat terutama kelompok peternak “Massamaturu” dimulai sejak awal (perencanaan) program ini dilakukan, hingga digester biogas dapat menghasilkan gas kemudian dimanfaatkan oleh anggota kelompok penerima program. Tujuannya adalah sebagai bahan pengenalan atas teknologi dan inovasi bidang peternakan yang dapat dirasakan manfaatnya oleh masyarakat itu sendiri secara langsung. LP2M UNM berupaya membantu dan mengatasi masalah masyarakat melalui program pemberdayaan masyarakat untuk mandiri dan membantu masyarakat meningkatkan kesejahteraannya melalui pemanfaatan teknologi tepat guna, yang meliputi berbagai kebutuhan masyarakat dari aspek ekonomi, sosial, dan lain-sebagainya yang berazaskan pengembangan potensi SDM dan SDA masyarakat.

Faktor yang dapat memengaruhi keberhasilan program ini adalah ketersediaan sumber daya alam (SDA) dan sumber daya manusia (SDM). Senantiasa sangat dibutuhkan terjalin kerjasama dan dukungan dari berbagai pihak (LP2M UNM, DRPM Kemenristek/BRIN, pemerintah daerah, dan masyarakat sekitar) yang berkelanjutan dan berkesinambungan. Mengingat tingginya potensi pengembangan peternakan yang dimiliki oleh masyarakat di Desa Massamaturu, yang didukung dengan lahan terbuka yang cukup luas sehingga dapat dimanfaatkan sebagai kandang ternak dengan pasokan sumber hijauan makanan ternak (HMT) yang sangat tersedia. Namun demikian keadaan tersebut tidak

didukung dengan keterampilan peternak yang memadai. Masyarakat masih melakukan pemeliharaan ternaknya secara tradisional. Pemanfaatan teknologi untuk kebutuhan pasokan makanan ternak, terkendala karena minimnya informasi dan biaya membuat peternak masih dengan pola mencari rumput demi pemenuhan asupan makanan ternaknya.

Hasil analisis kebutuhan masyarakat terkait pengelolaan limbah ternak ditampilkan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil Analisis Deskriptif.

Mean	Median	Modus	Standar Deviasi	Max	Min
2.2	2	2	0.53	4	2

Tabel 2. Kategori Hasil Analisis Kebutuhan.

Skor Responden	Kategori	F	%
$X \geq 10$	Sangat Tinggi	2	6.3
$10 > x \geq 7.5$	Tinggi	14	6.3
$7.5 > x > 5$	Rendah	28	87.5
$X < 5$	Sangat Rendah	0	0

Penyebaran skor berdasarkan Tabel 2 di atas menunjukkan bahwa 87.5 % masyarakat masih berada pada kategori rendah dalam hal pengolahan limbah ternak menjadi energi terbarukan, sedangkan 6.3 % kategori tinggi dan sangat tinggi. Dengan demikian masyarakat sangat membutuhkan informasi mengenai pengolahan limbah ternak menjadi energi terbarukan.

Perlu ditingkatkannya pengetahuan peternak melalui pemberian pemahaman dan penambahan ilmu tentang bidang peternakan dan teknik mengaplikasikannya salah satunya adalah teknologi pengolahan limbah peternakan. Manfaat yang didapatkan dari penerapan teknologi biogas, antara lain: 1) mengurangi tingkat pencemaran lingkungan yang bersumber dari menumpuknya kotoran ternak; 2) dihasilkannya bahan bakar alternatif yang dapat dimanfaatkan masyarakat ; 3) menekan atau mengurangi biaya pembelian bahan bakar untuk keperluan kebutuhan rumah tangga; 4) hasil luaran biogas berupa lumpur merupakan pupuk organik yang dapat digunakan untuk penyubur tanaman.

Aktifitas memelihara ternak sapi kelompok ternak “Massamaturu” dimulai sejak Tahun 2015, namun karena kemampuan anggota kelompoknya yang masih minim tentang pengetahuan, keterampilan, dan biaya yang terbatas maka upaya meningkatkan pendapatan melalui program budidaya ternak sapi tersebut menjadi tidak maksimal. Sehingga hal itumenjadi motivasi dari Tim LP2M UNM untuk menjalankan program pemberdayaan masyarakat melalui pengenalan penerapan teknologi dan inovasi biogas kepada kelompok ternak yaitu pemasangan instalasi biogas (digester).

Limbah peternakan yang tidak terkendali dengan optimal dapat menyebabkan pencemaran terhadap lingkungan sekitar. Sehingga

dibutuhkan sistem teknologi biogas untuk pengolahan limbah peternakan yang mengolah kotoran ternak padat atau cair menjadi bahan bakar alternatif (Prihutama, F. A., Firmansyah, D. N., Siahaan, K. S. H., & Fahmi, 2017). Proses instalasi biogas dapat dimulai dari mempersiapkan area digester (tangki reaktor biogas), tangki penampungan kotoran, pembuatan saluran *inlet* dan *outlet* reaktor, pembuatan penampungan biogas, pemasangan alat pengukur tekanan gas dan kompor biogas.



Gambar 2. Tabung Digester Dan Instalasi Biogas.

1. Kandungan Biogas

Persamaan yang digunakan untuk menganalisis kualitas biogas adalah persamaan kalor. Kalor merupakan suatu bentuk energi yang perubahannya ditandai dengan naik dan turunnya suhu atau dapat terjadi jika terjadi perubahan wujud dari suatu benda. Suatu benda yang menerima kalor maka suhu benda tersebut akan naik. Begitupun sebaliknya, jika benda tersebut melepaskan kalornya maka benda tersebut suhunya akan turun. Kenaikan dan penurunan suhunya sebanding dengan seberapa besar atau banyaknya kalor diterima atau dilepaskan pada suatu benda tersebut (Mara, I. M., Alit, & Bagus, 2011). Hasil analisa laboratorium meliputi beberapa item diantaranya: (a) kondisi bahan (kotoran sapi): total solids, volatile solids dan kadar C/N ratio, COD (*Chemical Oxygen Demand*) dan BOD (*Biological Oxygen Demand*); (b) Kandungan kimia biogas (CH₄, CO₂, H₂S dan NH₃); (c) Kondisi lumpur keluaran dari reactor (*effluent*): COD, BOD dan kandungan unsur hara utama (Nitrogen, Pospor dan Kalium).

Tabel 3. Potensi Gas Yang Dihasilkan Dari Limbah Kotoran (Palallo et al., 2018b)

Limbah/Kotoran 1 Kg	Produksi Gas kg/(m ³)
Sapi, Kerbau	0,023-0,040
Babi	0,040-0,059
Unggas	0,065-0,116
Manusia	0,020-0,028

Bakteri metanogenik anaerobik merupakan bakteri yang menghasilkan gas metan atau dengan kata lain biogas merupakan gas hasil dari perombakan bahan organik seperti limbah kotoran manusia dan kotoran hewan ternak oleh bakteri tersebut, yang hanya dapat menghasilkan gas jika dalam kondisinya bebas oksigen atau kedap udara (Amaranti et al., 2012).

Jika kotoran ternak tidak digunakan dan tidak dikelola dengan baik maka akan menurunkan kualitas lingkungan (kesehatan) dan merusak kehidupan masyarakat. Tumpukan limbah kotoran ternak yang tersebar berisiko terbawa air hujan ke daerah yang lebih rendah, kemudian akan mencemari air tanah dan air sungai yang jauh dari lahan pertanian. Gas metan (CH₄) yang dihasilkan secara alami dari akumulasi kotoran merupakan penyumbang terbesar efek rumah kaca, bahkan melebihi CO₂ (Harahap, 2018).

Biogas merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang dapat memenuhi kebutuhan bahan bakar. Bahan baku energi ini adalah bahan organik, biasanya limbah atau kotoran ternak, dan ketersediaannya tergantung banyaknya jumlah ternak (Amirullah et al., 2018). Penerima manfaat dari kegiatan pemasangan biogas ini adalah salah satu unit rumah masyarakat dari kelompok peternak. Pemasangan instalasi biogas telah membantu anggota kelompok ternak dan masyarakat sekitar. Biogas dapat menggantikan gas alam yang digunakan untuk memasak. Awalnya masyarakat menggunakan 3 sampai 4 tabung gas jenis 3 kg per bulannya, Jika menggunakan biogas, masyarakat bisa menekan biaya pembelian bahan bakar. Menurut (Palallo et al., 2018a), beberapa keuntungan memasang digester anaerobik antara lain: 1) Limbah terkelola dengan baik, 2) mandiri energi, 3) kelestarian lingkungan, dan 4) manfaat ekonomi.

2. Manfaat dan Dampak Biogas

Hasil Pengembangan biogas dapat dimanfaatkan secara optimal oleh masyarakat utamanya untuk mendukung peningkatan kesejahteraan masyarakat itu sendiri yang mencakup: antara lain:

- a. masyarakat lebih mandiri / hemat energi / BBM / elpiji
- b. menekan pengeluaran kebutuhan rumah tangga
- c. menyelamatkan ekonomi negara karena terjadi pengurangan subsidi
- d. mengurangi tercemarnya lingkungan oleh ternak (mengurangi pencemaran udara dan air)
- e. menekan perambahan hutan untuk kayu bakar
- f. jumlah populasi ternak terjaga dan berpotensi meningkat.

Biogas dapat dikatakan sebagai salah satu sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dan tergolong baru terbarukan. Penggunaan minyak tanah sebagai bahan bakar utama rumah tangga menjadi

sangat langka dan mahal yang dapat berefek memicu kemiskinan. Sementara terdapat bahan bakar alternatif yang belum dimanfaatkan secara optimal oleh masyarakat yang bersumber dari lingkungan sekitar masyarakat itu sendiri yaitu limbah kotoran ternak yang ketersediaan bahan bakunya mudah didapatkan. Melalui PKM pemberdayaan masyarakat ini, bahan bakar alternatif tersebut dapat mengganti bahan bakar jenis minyak tanah dan gas LPG yang ketersediaanya langka dan mahal.

Diprediksikan bahwa pasokan bahan bakar minyak (BBM) Indonesia akan habis dalam waktu 15 tahun, dan gas alam akan habis dalam waktu 60 tahun. (Mulijanti et al., 2016). Penghematan energi melalui penggunaan energi alternatif dapat memberi waktu dan peluang untuk *recharge* sumber-sumber energi tak terbarukan dengan sumber-sumber energi terbarukan. Tindakan ekonomis yang bisa dilakukan dalam menghadapi krisis energi adalah dengan cara penghematan, yang dianggap lebih ramah lingkungan jika dibandingkan dengan cara meningkatkan produksinya (Syaiful et al., 2018).

D. TEMUAN ATAU DISKUSI

Temuan lainnya dari program pemberdayaan ini adalah pupuk organik (padat dan cair) yang diperoleh dari hasil samping atau keluaran dari kotoran yang telah terolah dari biogas. Dilakukan pula pelatihan mengaplikasikan pemanfaatan hasil samping (pupuk organik) tersebut kepada anggota kelompok ternak "Massamaturu". Pembuatan pupuk padat organik membutuhkan hasil samping biogas dalam bentuk padat yang dicampurkan dengan serbuk gergaji, molase, EM4 dan air yang difermentasi selama 2 minggu. Pupuk padat dapat di dicampurkan dengan tanah dengan perbandingan 1:1 untuk media semai maupun media tanam tumbuhan. Menurut (Puspita et al., 2018) menyatakan Sebagai produk utama, biogas dapat langsung digunakan untuk memenuhi kebutuhan memasak rumah tangga. Residu dari proses produksi akan diolah lebih lanjut menjadi pupuk organik padat dan pupuk organik cair. Pupuk organik ini kaya akan unsur hara dan dapat digunakan di bidang pertanian.

Pupuk cair yang diproduksi oleh kelompok ternak "Massamaturu" terbuat dari *slurry* atau ampas cair limbah ternak yang telah diolah menjadi biogas. Dari segi sosial, program ini mampu mengedukasi masyarakat bahwa limbah kotoran ternak dapat dimanfaatkan untuk kepentingan ekonomi masyarakat dan menjaga kelestarian lingkungan. Selain itu penerapan teknologi biogas dapat diolah menjadi pupuk organik padat dan cair guna kesuburan tanaman akibat meningkatnya unsur hara tanah dari pemberian pupuk organik tersebut, sehingga dapat meningkatkan pendapat masyarakat karena biaya pembelian pupuk tidak

diperlukan lagi. Demplot biogas juga saat ini menjadi tempat belajar bagi masyarakat lainnya di Kabupaten Takalar.

E. SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan uraian di atas mengenai pemanfaatan teknologi biogas sebagai sumber bahan bakar alternatif di Desa Massamaturu Kecamatan Polongbangkeng Utara Kabupaten Takar, maka dapat diambil kesimpulan bahwa program biogas melalui PKM LP2M UNM sangat bermanfaat bagi masyarakat, khususnya kelompok ternak Massamaturu. Masyarakat dapat merasakan dua manfaat utama: (1) Biogas menjadi substitusi LPG yang digunakan masyarakat selama ini; (2) Hasil samping biogas dapat digunakan sebagai pupuk organik; (3) Dari perspektif sosial, program pemberdayaan ini dapat mendidik masyarakat bahwa ternak dan kotoran unggas dapat digunakan untuk ekonomi masyarakat dan pelestarian lingkungan. Guna memberikan efek yang lebih luas bagi masyarakat, maka disarankan agar dikembangkannya suatu penelitian berupa model pemberdayaan masyarakat yang dapat menjadi *pilot project* desa mandiri energi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim penulis mengucapkan terima kasih kepada DRPM Kemenristek / Badan Riset dan Inovasi Nasional yang memberikan dana untuk kegiatan pengabdian ini dan kepada Lembaga Penelitian Pengabdian Masyarakat (LP2M) Universitas Negeri Makassar yang mendorong pengembangan kegiatan pengabdian ini serta mediator agar kegiatan dapat berjalan dengan lancar.

DAFTAR RUJUKAN

- Amaranti, R., Satori, M., & Rejeki, Y. S. (2012). *Pemanfaatan Kotoran Ternak Menjadi Sumber Energi Alternatif dan Pupuk Organik. Buana Sains. Vol. 12. N.*
- Amirullah, A., Mandasini, M., & Syahrir, M. (2018). Biogas Kotoran Ternak Sapi di Desa Kampung Beru Dusun Lauwa Kecamatan Polut Kabupaten Takalar. *ILTEK JOURNAL, 13(25)*(1837–1841), ISSN : 1907-0772.
- Bindari, R. (2012). Studi Tekno Ekonomi Pembuatan Biogas di PT. SHGW (Stichting Het Groene Woudt) Bio Tea Indonesia. *Jurnal Energi Alternatif*, Hal 1-11.
- Harahap, F. I. N. (2018). Dampak pemberdayaan masyarakat melalui program biogas dalam mewujudkan kemandirian energi. *JPPM (Jurnal Pendidikan Dan Pemberdayaan Masyarakat)*, *5*(1), 41–50. <https://doi.org/10.21831/jppm.v5i1.18634>
- Irsyad, F., Yanti, D., & Andasuryani, A. (2018). Sosialisasi Dan Pelatihan Pemanfaatan Biogas Dari Kotoran Ternak Dan Jerami Padi Sebagai Sumber Energi Alternatif Ramah Lingkungan. *Buletin Ilmiah Nagari Membangun*, *1*(03), 15–20. <https://doi.org/10.25077/bnm.1.03.15-20.2018>
- Mara, I. M., Alit, & Bagus, I. (2011). *Analisa Kualitas dan Kuantitas Biogas Dari*

- Kotoran Ternak. Jurusan Teknik Mesin Universitas Mataram. Vol 1. No.(ISSN: 2088-088X).*
- Mulijanti, S. L., Dianawati, M., & Rismayanti, Y. (2016). Pemanfaatan Limbah Ternak Di Sentra Usahaternak Sapi Perah (Studi Kasus di Kelompok S 28 Desa Pangalengan Kec. Pangalengan Kab. Bandung). *Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Jawa Barat Buletin Hasil Kajian, Vol. 6, No.*
- Palallo, F., Ardi, M., & Mandra, M. A. S. (2018). Mal Biodigester Type Fixed Dome Architecture As A Tool To Accelerate Development As A Tool To Accelerate The Livestock Waste Processing Into Renewable Energy (Biogas). *Global Science Publications, Sc. Vol. 2(ISSN-0972-3005).*
- Palallo, F., Ardi, M., Mandra, M. A. S., & Amir, F. (2018a). Limbah Jadi Energi Berbasis Pelestarian Lingkungan. *Badan Penerbit UNM, ISBN: 978-602-5554-52-0.*
- Palallo, F., Ardi, M., Mandra, M. A. S., & Amir, F. (2018b). Modul Pengolahan Limbah Ternak Menjadi Energi. Program Studi PKLH. Program Pascasarjana. Universitas Negeri Makassar. *Badan Penerbit UNM, ISBN: 978-602-5554-53-7.*
- 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. *SNITT- Politeknik Negeri Balikpapan, ISBN: 978.*
- Puspita, D., Rany, & Kholik, M. (2018). Kajian Potensi Pemanfaatan Biogas Sebagai Salah Satu Sumber Energi Alternatif Di Wilayah Magelang. *Journal of Mechanical Engineering, Vol. 2, No(p-ISSN: 2598-7380), e-ISSN: 2613-9847.*
- Syaiful, A. Z., Mandra, M. A. S., & Amir, F. (2018). *Perilaku Hemat Energi. Global Research and Consulting Institute. ISBN 978-602-51243-3-4.*
- Tazi Hnyine, Z., Sagala, S., Lubis, W., & Yamin, D. (2016). Benefits of Rural Biogas Implementation to Economy and Environment: Boyolali Case Study. *Forum Geografi, 29(2)*, 115. <https://doi.org/10.23917/forgeo.v29i2.996>
- Widodo, T. W., Asari, A., Ana, N., & Elita, R. (2006). Rekayasa dan Pengujian Reaktor Biogas Skala Kelompok Tani Ternak (Design and Development of Biogas Reactor for Farmer Group Scale). *Jurnal Enjiniring Pertanian. Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian, Vol. IV, N.*