

## Pemberdayaan Peternak di Kampung Kali Merah, Manokwari Melalui Pengolahan Kotoran Ternak sebagai Sumber Energi Terbaharukan

**Budi Santoso\*, Evi Warintan Saragih, Purwaningsih, Iriani Sumpe**

Jurusan Peternakan, Fakultas Peternakan, Universitas Papua

\*e-mail: [b.santoso@unipa.ac.id](mailto:b.santoso@unipa.ac.id)

**Abstrak.** Tujuan kegiatan ini untuk mentransfer teknologi tepat guna biogas dalam rangka mengatasi pencemaran lingkungan akibat kotoran sapi, penyediaan energi alternatif dan meningkatkan pengetahuan petani/peternak. Kegiatan ini dilaksanakan di Kampung Kali Merah Distrik Masni Kabupaten Manokwari. Peserta kegiatan adalah kelompok petani/peternak Meyah-Jawa (Me-Ja) yang beranggotakan 4 kepala keluarga yang terdiri atas orang asli Papua yang berasal dari suku Meyah dan masyarakat pendatang (non Papua). Kegiatan menggunakan metode participatory rural approach. Hasil kegiatan menunjukkan bahwa pengetahuan petani/peternak bertambah dalam hal pengelolaan dan pemanfaatan limbah ternak berupa kotoran sapi yang selama ini tidak dikelola dan dimanfaatkan dengan baik. Pemanenan biogas dilakukan setiap 3-4 hari sekali, sekaligus pengisian substrat campuran kotoran sapi dan air. Selain itu dihasilkan produk sampingan dari limbah biogas berupa bioslurry yang dapat menjadi sumber pupuk bagi usaha pertanian. Berdasarkan hasil kegiatan ini disimpulkan bahwa produksi biogas dapat mengurangi biaya pembelian minyak tanah untuk memasak sebanyak 2 liter setiap pemakaian 5 liter minyak tanah.

**Kata kunci:** Biogas, Energi, Limbah, Sapi

### I. PENDAHULUAN

Limbah peternakan adalah segala hal yang dihasilkan dari aktivitas peternakan yang berpotensi mencemari lingkungan jika tidak dikelola dengan baik. Kotoran (feses), urin, sisa pakan dan air yang digunakan untuk pembersihan kandang dan ternak termasuk limbah utama peternakan. Limbah ternak yang tidak dikelola dengan baik dapat menimbulkan masalah sosial dan pencemaran lingkungan. Masalah timbul jika limbah peternakan mengganggu kenyamanan dan kesehatan masyarakat. Keresahan masyarakat timbul sebagai dampak limbah ternak yang menghasilkan bau yang tidak sedap, mencemari air dan tanah serta menimbulkan berbagai penyakit. Hal ini terjadi karena pelaku usaha peternakan tidak mengelola limbah peternakanya dengan baik. Pencemaran akibat usaha peternakan tidak dapat dihilangkan, namun dapat diminimalkan dengan pengolahan limbah dengan konsep *zero waste*. Konsep ini tidak hanya meminimalisasi dampak limbah tapi juga memastikan semua limbah termanfaatkan dengan baik.

Limbah peternakan berupa kotoran ternak dapat diolah menjadi kompos (Siswati *et al.*, 2021) atau menjadi sumber energi terbaharukan yang ramah lingkungan (Santoso *et al.*, 2020).

Penguraian kotoran sapi secara alami menghasilkan gas metana ( $CH_4$ ) yang merupakan salah satu dari gas rumah kaca yang berbahaya dalam pemanasan global. Pemanfaatan gas metana sebagai sumber energi (bahan bakar) akan mengurangi dampak negatif metana. Hal ini disebabkan karena tipe karbon pada gas metana bersumber dari atmosfer lewat fotosintesis tanaman, sehingga jumlah karbon di atmosfer cenderung sama jika gas tersebut dilepaskan kembali ke atmosfer. Hal ini tidak terjadi dengan penggunaan energi fosil yang menyebabkan jumlah karbon di atmosfer cenderung meningkat.

Biogas adalah suatu gas yang mudah terbakar yang dihasilkan mikroorganisme pada proses fermentasi bahan organik seperti limbah, baik itu limbah ternak, domestik maupun limbah kotoran manusia (Wahyuni, 2015). Beberapa proses yang terjadi pada pembentukan biogas mencakup hidrolisis, asidogenesis, asetogenesis, dan metanogenesis (Al Seadi *et al.*, 2013). Pemanfaatan limbah ternak seperti kotoran sapi sebagai sumber bahan baku biogas memberikan berbagai manfaat. Wahyudi dan Hendraningsih (2020) menyatakan beberapa manfaat penggunaan kotoran ternak sebagai bahan baku pembuatan biogas antara lain: gas yang dihasilkan dapat mensubstitusi LPG dan penggunaan kayu bakar, limbah biogas dapat

dimanfaatkan sebagai pupuk dan kebersihan lingkungan terjamin.

Aplikasi teknologi biogas berbahan baku kotoran ternak sangat cocok dikembangkan di daerah pedesaan yang memiliki usaha peternakan. Hal ini akan menciptakan pedesaan dengan sumber energi mandiri. Teknologi ini sangat cocok untuk lokasi dengan akses terbatas dan cenderung memiliki ketersediaan bahan bakar fosil yang langka. Menurut Istikomah dan Riyadi (2021), pemberdayaan masyarakat melalui program desa mandiri energi menyebabkan peningkatan kapasitas hidup yaitu adanya peningkatan kesadaran masyarakat akan pentingnya menjaga lingkungan serta pengetahuan dan ketrampilan dari pemberdayaan yang dilakukan, peningkatan kemandirian yaitu adanya pengurangan ketergantungan kepada pemerintah maupun orang lain dari hasil produk yang mereka buat dan peningkatan kesejahteraan yaitu dengan meningkatnya kesehatan masyarakat, kebersihan lingkungan, budaya gotong royong yang tetap terjaga, dan bertambahnya ekonomi secara individu dan kelompok. Kampung Kali Merah Distrik Masni Kabupaten Manokwari Provinsi Papua Barat merupakan salah satu kampung yang memiliki potensi limbah kotoran sapi yang cukup melimpah dengan tingginya populasi sapi. Pengelolaan sapi dilakukan secara berkelompok maupun mandiri oleh masyarakat. Kampung ini menjadi salah satu kampung pengembangan ternak sapi dari Dinas Peternakan Provinsi Papua Barat. Namun demikian, limbah kotoran sapi belum dikelola dengan baik oleh peternak. Hal ini disebabkan karena keterbatasan pengetahuan dan ketrampilan dalam pengolahan limbah kotoran sapi menjadi produk yang bernilai ekonomi. Kampung ini juga mempunyai masalah keterbatasan penyediaan bahan bakar minyak tanah untuk keperluan rumah tangga. Berdasarkan kondisi di atas, Tim Hibah Riset Desa Fakultas Peternakan, Universitas Papua (UNIPA) bekerja sama dengan kelompok petani/peternak Meyah – Jawa (Me-Ja) melakukan kegiatan pengabdian kepada masyarakat dengan sosialisasi dan demonstrasi pengolahan limbah kotoran sapi menjadi biogas. Kegiatan ini bertujuan untuk mentransfer teknologi tepat guna biogas dalam rangka mengatasi pencemaran lingkungan akibat kotoran sapi, penyediaan energi alternatif untuk keperluan rumah tangga dan meningkatkan pengetahuan petani/peternak.

## II. METODE YANG DIGUNAKAN

### 2.1. Waktu dan Tempat

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat dilaksanakan di Kampung Kali Merah Distrik Masni Kabupaten Manokwari Provinsi Papua Barat. Peserta kegiatan adalah kelompok tani/ternak Meyah-Jawa (Me-Ja) yang beranggotakan 4 kepala keluarga yang terdiri atas orang asli Papua (OAP) yang berasal dari suku Meyah dan masyarakat pendatang (non Papua). Selain itu, kegiatan ini juga melibatkan 3 mahasiswa Program Studi S1 Peternakan dan 2 mahasiswa Program Studi S1 Nutrisi dan Teknologi Pakan Ternak, Fakultas Peternakan UNIPA dalam kegiatan MBKM Hibah Riset Desa, aparat kampung dan beberapa masyarakat di Kampung Kali Merah. Kegiatan ini berlangsung kurang lebih 2 bulan, Maret-April 2022. Kegiatan menggunakan metode *participatory rural approach* (PRA) yaitu suatu metode pendidikan kepada masyarakat melalui penyuluhan, pelatihan, demonstrasi/percontohan (demplot) dan pendampingan. Pemilihan metode PRA karena metode ini mempunyai kelebihan diantaranya keterlibatan aktif anggota masyarakat dalam hal ini kelompok mitra sebagai subjek. Tahapan kegiatan mencakup penyuluhan, demonstrasi/ percontohan dan pendampingan (monitoring dan evaluasi).

### 2.2. Penyuluhan tentang Teknologi Biogas

Kegiatan sosialisasi teknologi biogas dilaksanakan di rumah ketua kelompok petani/peternak Me-Ja di Kampung Kali Merah. Materi penyuluhan berisi tentang pengolahan kotoran sapi menjadi biogas disampaikan dengan metode ceramah dan diskusi. Modul pembuatan biogas berbahan baku kotoran sapi juga dibagikan kepada peserta kegiatan. Tujuan kegiatan ini adalah memberikan pengetahuan kepada petani/peternak tentang pemanfaatan kotoran sapi sebagai sumber energi alternatif. Peserta dibekali juga dengan pengetahuan tentang pengenalan biodigester sebagai alat penghasil biogas dan cara pengoperasiannya, proses pembentukan biogas, dan penggunaan biogas.

### 2.3. Demonstrasi Pembuatan Biogas

Kegiatan ini mencakup demonstrasi perakitan biodigester, pengisian dan pengoperasian biodigester dan pengujian kompor gas. Setiap kegiatan demonstrasi dijabarkan secara detail sebagai berikut:

#### a. Perakitan Biodigester

Biodigester portable dengan kapasitas 1 m<sup>3</sup> dirakit dari bahan PVC 8 mm dengan kerangka

besi siku 4 cm dan tebal 2,3 mm. Penampung gas yang terbuat dari plastik, regulator, panel blower dan kompor biogas merupakan komponen pelengkap pada biodigester portable. Proses perakitan biodigester melibatkan peserta kegiatan

pengabdian secara langsung sehingga pemahaman komponen-komponen biodigester dan fungsinya dapat diketahui oleh peserta (Gambar 1).



Gambar 1. Perakitan Biodigester Portable

#### b. Pengisian dan Pengoperasian Biodigester

Proses pengisian bahan baku biogas ke dalam biodigester dan pengoperasiannya dipraktikkan secara langsung oleh peserta kegiatan. Peserta diajarkan cara membuat adonan kotoran sapi yang dicampur dengan air dengan perbandingan 1 : 1 sebagai substrat (Gambar 2). Adonan ini ditambahkan larutan molasses sebanyak 5 liter. Adonan ini dibuat untuk mengisi 1/3 dari total volume biodigester yang ditandai dengan adonan starter telah menutup ujung bawah pipa *input*. Air ditambahkan melalui lubang pipa *output* sampai mencapai ujung bawah pipa *output*. Perlu dipastikan bahwa

lubang pipa *input* dan *output* biodigester tertutup sehingga kondisi di dalam biodigester menjadi kedap udara (Santoso *et al.*, 2020). Hal ini sangat penting sehingga bakteri anaerob aktif dan berkembangbiak. Aktivitas bakteri anaerob akan menghasilkan gas yang ditandai dengan mengembangnya plastik penampung biogas. Kondisi ini akan terjadi setelah tiga minggu proses penguraian kotoran ternak terjadi di dalam biodigester. Pemahaman tentang proses terbentuknya biogas yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar kompor gas diuraikan secara detail kepada peserta kegiatan.



Gambar 2. Pencampuran substrat kotoran sapi dan air (1 : 1)

#### c. Pemanfaatan Biogas (Uji Coba Kompor Gas)

Pemanenan biogas dapat dilakukan setelah plastik penampung biogas mengembang sempurna. Hal ini mengindikasikan gas yang ditampung sudah penuh. Pemanenan biogas dapat dilakukan setelah tiga minggu pengisian kotoran ternak ke dalam biodigester. Biogas yang telah dipanen dimanfaatkan untuk memasak. Tahap ini dilakukan dengan cara menghubungkan plastik penampung biogas dan perangkat kompor

gas. Sumber listrik/accu motor dinyalakan setelah terlebih dahulu disambungkan ke panel blower. Kondisi ini menyebabkan aliran biogas menuju kompor menjadi lebih kuat. Pemantik dinyalakan di atas burner kompor setelah kran gas dibuka, sehingga akan menyebabkan kompor gas menyala dan siap untuk digunakan.

#### d. Evaluasi dan Monitoring

Untuk menilai tingkat keberhasilan dan keberlanjutan kegiatan pengabdian maka dilakukan monitoring dan evaluasi. Kegiatan

monitoring dilakukan selama dua bulan setelah kegiatan pengabdian telah berakhir (Gambar 3). Hal ini bertujuan untuk memastikan masyarakat dapat mengelola dan memproduksi biogas secara mandiri secara berkelanjutan. Pada kegiatan evaluasi dan monitoring peserta dan tim pelaksana melakukan diskusi untuk mengetahui kendala dan manfaat yang dirasakan peserta dengan adanya stasiun biogas mini.



Gambar 3. Kegiatan evaluasi dan monitoring  
**III. HASIL PELAKSANAAN KEGIATAN**  
**3.1. Kegiatan Penyuluhan tentang Biogas**

Tim pengabdian melakukan kegiatan penyuluhan selama 1,5 jam dengan memberikan materi kurang lebih 45 menit dan dilanjutkan diskusi 45 menit. Selain anggota kelompok petani/peternak Me-Ja, satu orang perangkat desa dan 5 orang masyarakat Kampung Kali Merah menjadi peserta kegiatan penyuluhan (Gambar 4). Peserta kegiatan sangat antusias dan terlibat dalam penyuluhan terlibat secara aktif. Hal ini diindikasikan dengan banyaknya pertanyaan dari peserta pada bagian diskusi materi penyuluhan. Beberapa hal yang ditanyakan peserta terkait teknologi biogas antara lain: apakah penggunaan biogas yang dihasilkan dari pengolahan limbah kotoran sapi aman untuk masakan, bagaimana agar produksi biogas dapat kontinu, biaya yang dibutuhkan untuk pembelian biodigester dan jumlah kotoran sapi yang dibutuhkan untuk diisi ke dalam biodigester.

Pengetahuan petani/peternak bertambah dalam hal pengelolaan dan pemanfaatan limbah ternak berupa kotoran sapi yang selama ini tidak dikelola dan dimanfaatkan dengan baik oleh mereka. Petani/peternak menyadari potensi sumber daya limbah yang tersedia cukup melimpah disekitar mereka namun belum memanfaatkannya. Hal ini diakibatkan keterbatasan pengetahuan dan ketrampilan peserta kegiatan dalam memanfaatkan limbah ternak khususnya kotoran sapi. Teknologi biogas merupakan informasi baru bagi peserta kegiatan. Transfer ilmu teknologi pengolahan limbah ternak menjadi biogas memberikan gambaran yang

jelas tentang keuntungan bagi peserta. Pada penyuluhan ini ditekankan kembali kepada peserta beberapa manfaat dari teknologi biogas berbahan baku limbah ternak antara lain: mencegah pencemaran lingkungan, sumber bahan bakar alternatif, dapat mengurangi biaya pengeluaran rumah tangga dan usaha pertanian, dan dapat sebagai sumber pendapatan sampingan. Menurut Harahap (2018) bahwa pemberdayaan masyarakat melalui program biogas berdampak pada kemandirian energi yang meliputi aspek ekonomi, sosial dan lingkungan.



Gambar 4. Peserta dan tim pengabdian Hibah Riset Desa

### 3.2. Demonstrasi Pembuatan Biogas

Kegiatan demonstrasi pembuatan biogas diikuti anggota kelompok tani/ternak Me-Ja dan mahasiswa Fakultas Peternakan UNIPA. Pada kegiatan ini seluruh peserta terlibat secara bersama-sama dalam perakitan biodigester, pengisian biodigester dan uji coba pemanfaatan biogas. Perakitan biodigester dikerjakan secara gotong royong oleh tim pelaksana pengabdian, mahasiswa dan anggota kelompok petani/peternak Me-Ja. Kegiatan perakitan dilakukan selama 7 jam. Peserta mengetahui bagian-bagian biodigester dan komponen pelengkap serta fungsinya masing-masing.

Peserta pelatihan juga melakukan pembuatan substrat yang berupa adonan kotoran ternak sapi yang dicampur dengan air secara bersama-sama. Selanjutnya setiap 3 atau 4 hari sekali, masing-masing peserta pelatihan secara bergilir melakukan pengisian biodigester. Hal ini bertujuan untuk menjamin ketersediaan bahan organik yang akan difermentasi sehingga produksi biogas dapat stabil dan kontinu. Semua peserta dapat mempraktekan pembuatan substrat dan dapat melakukan pengisian bahan organik ke dalam biodigester dengan baik. Pemahaman volume biodigester yang tepat juga dapat dipahami peserta pelatihan.

Peserta pelatihan mempraktekan cara memanen biogas dan menggunakannya pada kompor gas. Pemanenan biogas pertama kali dilakukan tiga minggu setelah pengisian biodigester. Selanjutnya pemanenan biogas dapat dilakukan setiap 3 - 4 hari dengan asumsi bahan baku bahan organik berupa kotoran sapi diisi ke dalam biodigester secara kontinyu setiap tiga hari. Untuk pemanfaatan gas yang telah dipanen, balon plastik penampung gas dilepaskan dari biodigester dan dihubungkan dengan komponen kompor gas sehingga gas dapat digunakan untuk memasak. Salah satu indikator keberhasilan proses fermentasi di dalam biodigester yang menghasilkan gas adalah adanya nyala api yang berwarna biru pada kompor gas. Api yang menyala menandakan adanya kandungan gas metana diatas 40% pada biogas. Hal ini sesuai dengan pendapat Ihsan *et al.* (2013) yang menyatakan bahwa biogas yang dihasilkan dari proses anaerobik memiliki kandungan metana sebesar 45%. Kandungan gas metana dengan persentasi ini menghasilkan nyala api biru dan tidak mudah padam.

Pada akhir kegiatan demonstrasi, peserta melakukan uji coba penggunaan kompor biogas untuk memasak. Peserta mencoba menggoreng telur hingga matang sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Uji coba kompor biogas untuk memasak

Aktivitas ini memperlihatkan kepada peserta akan tersedianya sumber energi alternatif yang diperoleh dari hasil pengolahan kotoran sapi. Penggunaan biogas sebagai bahan bakar kompor gas akan mengurangi pengeluaran rumah tangga untuk pembelian bahan bakar. Produksi biogas pada biodigester portable dengan ukuran 1 m<sup>3</sup> sebesar 2.000-4.000 kkal dapat digunakan selama 3 jam yang memenuhi kebutuhan memasak untuk satu keluarga beranggotakan 4-5 orang (Suhendra, 2008). Anggota kelompok tani/ternak Me-Ja secara rutin memanfaatkan biogas untuk kebutuhan memasak.

Setiap anggota kelompok memanen biogas secara bergilir. Produksi biogas secara normal per bulan sebanyak 7-8 balon plastik penampung yang setara dengan 5.600 liter biogas. Keuntungan secara ekonomi dari reduksi pembelian minyak tanah diperoleh peternak apabila pengoperasian biodigester dilakukan secara berkelanjutan. Nilai kalori 1 m<sup>3</sup> biogas setara dengan 0,6-0,8 liter minyak tanah (Wahyuni, 2013). Uji coba biogas yang dilakukan oleh Zahropi *et al.* (2019), menunjukkan bahwa memasak air dengan menggunakan kompor biogas jauh lebih cepat mendidih dibandingkan dengan air yang dimasak menggunakan kompor LPG. Sehingga memasak menggunakan biogas bisa lebih hemat dalam memenuhi kebutuhan rumah tangga karena tidak membutuhkan biaya lagi untuk membeli tabung gas LPG, hanya saja membutuhkan biaya yang cukup mahal pada awal pembuatan biogas.

Penggunaan biogas berbahan baku kotoran sapi ini telah dimanfaatkan anggota kelompok petani/peternak Me-Ja untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar kompor di dapur masing-masing. Meskipun biogas yang dihasilkan tidak sepenuhnya menggantikan bahan bakar minyak tanah yang selama ini mereka gunakan, namun anggota kelompok menyatakan bahwa biogas dapat menghemat pengeluaran pembelian minyak tanah dua liter setiap pemakaian lima liter. Selain itu, limbah biogas berupa bioslurry dapat dimanfaatkan petani/peternak sebagai pupuk organik untuk usaha pertanian. Menurut Devarenjan *et al.* (2019), slurry terdiri atas 94% air, 4,5% bahan padat dan 2,5% bahan anorganik. Bioslurry mengandung makro nutrien yaitu N, P dan K, dan mikro nutrien seperti Ca, Mg, Fe, Mn dan Zn. Perlu perhatian pemerintah daerah dan instansi terkait untuk penambahan unit biodigester yang bisa dimanfaatkan untuk produksi biogas di Kampung Kali Merah mengingat ketersediaan kotoran sapi yang sangat melimpah dengan jumlah kepemilikan sapi yang cukup banyak. Bantuan dan komitmen pemerintah daerah atau instansi terkait untuk membantu masyarakat di Kampung Kali Merah dalam pengelolaan limbah kotoran ternak menjadi biogas dapat mengatasi permasalahan pencemaran lingkungan, mengurangi biaya pengeluaran rumah tangga dan penyediaan pupuk organik sisa biogas. Hal ini merupakan penerapan peternakan ramah lingkungan dengan konsep *zero waste*.

#### IV. KESIMPULAN

Pembuatan biogas berbahan baku kotoran sapi merupakan penerapan teknologi tepat guna sederhana yang dapat diterapkan di level petani/peternak. Transfer ilmu dan ketrampilan dalam pengelolaan limbah ternak menjadi biogas telah berjalan dengan baik. Petani/peternak yang terlibat dalam kegiatan juga mendapatkan ketrampilan pengolahan kotoran sapi menjadi biogas. Produksi biogas yang dihasilkan pada kegiatan ini dapat mengurangi biaya pembelian minyak tanah untuk memasak sebanyak 2 liter setiap pemakaian 5 liter minyak tanah. Selain itu produk sampingan dari limbah biogas berupa bioslurry dapat menjadi sumber pupuk bagi usaha pertanian masyarakat di Kampung Kali Merah. Petani/peternak perlu mendapatkan pengetahuan dosis bioslurry yang tepat untuk tanaman pertanian yang diusahakan sehingga penggunaan bioslurry dapat memberikan hasil yang maksimal.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Kegiatan Program Riset Keilmuan ini didanai oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset dan Teknologi, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi dan Lembaga Pengelola Dana Pendidikan dengan nomor kontrak 039/E4.1/AK.04.RA/2021. Tim Pengabdian mengucapkan terima kasih kepada mahasiswa Fakultas Peternakan yaitu Ruth Agaky, Imciana Renggi, Hanafi Keley, M. Hilmy Pratama dan Yennuson Rumaikew yang mengikuti kegiatan ini sebagai program Merdeka Belajar Kampus Merdeka.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Al Seadi, T., Rutz, D., Janssen, R. & Drosch, B. 2013. Biomass resources for biogas production. In. Wellinger A. (Eds) *The Biogas Handbook*. Woodhead Publishing. Oxford Cambridge Philadelphia New Delhi.
- Depdagri. 2008. *Pemanfaatan Kotoran Ternak untuk Biogas*. Jakarta: Direktorat pembinaan Masyarakat Desa, Depdagri.
- Devarenjan, J., Herbert G. M. J. & Amutha, D. 2019. Utilization of bioslurry from biogas plant as fertilizer. *International Journal of Recent Technology and Engineering* 8(4): 12210-12213.
- Harahap, F.I.N. 2018. Dampak pemberdayaan masyarakat melalui program biogas dalam mewujudkan kemandirian energi. *Jurnal Pendidikan dan Pemberdayaan Masyarakat* 5(1): 41-50.
- Ihsan, A., Syaiful B. & Musafira. 2013. Produksi biogas menggunakan cairan isi rumen sapi dengan limbah cair tempe. *Jurnal of Natural Science* 2(2): 27-33.
- Istikhomah, F. & Riyadi, A. 2021. Dinamika Pemberdayaan Masyarakat Melalui Program Desa Mandiri Energi Di Desa Mundu Kecamatan Tulung Kabupaten Klaten. *Jurnal Pemberdayaan Masyarakat* 11(9): 11-33.
- Santoso, B., Warsono I.U., Seseray D.Y. & Purwaningsih. 2020. Pemanfaatan Kotoran Sapi Sebagai Sumber Energi Biogas di Kabupaten Teluk Bintuni Provinsi Papua Barat. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat* 26(3): 119-123.
- Siswati, L., Nizar, R. & Ariyanto, A. 2021. Manfaatkan Kotoran Sapi Menjadi Kompos Untuk Tanaman Masa Pandemi Di Kelurahan Umbansari Kota Pekanbaru. *Dinamisia* 5 (2): 531-537.
- Suhendra, F. 2008. *The Usage of Biogas Technology to Reduce Livestock Pollutant in Bali on Clean Development Mechanism*. Mulya Tiara Nusa.
- Wahyuni, S. 2013. *Panduan Praktis Biogas*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Wahyudi, A. & Hendraningsih, L. 2020. *Biogas Fermentasi Limbah Peternakan (Vol. 1)*. UMM Press.
- Zahropi, N., Alawiah, M. & Rohyani, I.S. 2019. Pemberdayaan Masyarakat Melalui Pengembangan Teknologi Biogas dengan Pemanfaatan Limbah Peternakan Sebagai Sumber Alternatif Desa Gontoran. *Jurnal Warta Desa* 1(2): 142-148.