

Empowerment of Banyuanyar Village of Boyolali Regency through Utilization of Cow Manure as an Alternative Energy Source

Pemberdayaan Wilayah Desa Banyuanyar Kabupaten Boyolali melalui Pemanfaatan Kotoran Sapi menjadi Sumber Energi Alternatif

Kusmiyati¹, Mahmud², Farrikh Alzami³, Sigit Muryanto⁴, Risky Yuniar Rahmadieni⁵

^{1,2,3}Universitas Dian Nuswantoro

⁴Universitas Boyolali

⁵Universitas Islam Negeri Salatiga

E-mail: kusmiyati@dsn.dinus.ac.id¹, mahmud@dsn.dinus.ac.id², alzami@dsn.dinus.ac.id³, sigitms@uby.ac.id⁴, rrahmadieni@gmail.com⁵

Abstract

Potential to produce 32 tons of dung per day. Cow manure discharged into the environment can cause health and environmental problems. The aim of this program is to develop the use of biogas as an alternative energy by using cow manure. The projects include analyzing community problems, building a biogas biodigester, utilizing biogas and slurry, and providing training on how to use the biodigester. The biodigester was able to successfully replace the usage of LPG for stoves and produce 20 m³/batch of biogas. Some of the chemical fertilizer use is replaced with slurry, a byproduct of biogas. Following the installation of biogas, there was a significant decrease in air pollution caused by unpleasant smells from cow dung. 69 participants' understanding and skills in biodigesters increased as a result of the training sessions. The benefits and sustainability of this program can be increased by expanding the production size, enhancing the biogas's quality, and adding supporting units.

Keywords: Biogas, Cow Manure, Alternative Energy, Banyuanyar

Abstrak

Desa Banyuanyar merupakan salah satu desa di Kabupaten Boyolali dengan populasi sapi mencapai 1.840 ekor yang berpotensi menghasilkan limbah kotoran sebanyak 32 ton per hari. Limbah kotoran sapi yang dibuang ke lingkungan dapat menyebabkan masalah kesehatan dan lingkungan. Tujuan dari kegiatan pemberdayaan wilayah ini adalah untuk mengembangkan penggunaan biogas sebagai energi alternatif dengan memanfaatkan limbah kotoran sapi. Rangkaian kegiatan meliputi analisis masalah komunitas, pembangunan biodigester biogas, penggunaan biogas dan slurry, dan pelatihan penggunaan biodigester. Biodigester berhasil dibuat dengan produksi biogas 20 m³/batch dan mampu menggantikan penggunaan LPG untuk kompor. Slurry sebagai produk samping biogas digunakan untuk mensubstitusi sebagian penggunaan pupuk kimia. Polusi udara berupa bau tidak sedap dari kotoran sapi berkurang secara signifikan setelah adanya instalasi biogas. Hasil kegiatan pelatihan pada 69 peserta menunjukkan peningkatan pengetahuan dan kemampuan mengenai biodigester. Peningkatan skala produksi, peningkatan kualitas biogas, dan penambahan unit-unit pendukung dapat memaksimalkan manfaat dan keberlanjutan program ini.

Kata kunci: Biogas, Limbah Kotoran Sapi, Energi Alternatif, Desa Banyuanyar

1. PENDAHULUAN

Di era modern ini, perhatian terhadap isu-isu lingkungan semakin mendesak, terutama terkait dengan emisi karbon dan pengelolaan limbah. Pemerintah Indonesia dalam Perpres Nomor 98 Tahun 2021 tentang nilai ekonomi karbon, berkomitmen untuk mengurangi emisi karbon nasional hingga 29% di tahun 2030. Target ini cukup tinggi untuk sebuah negara berkembang. Implementasi dari target ini adalah adanya Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) dan Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD) berdasarkan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 12 Tahun 2018 tentang Rencana Umum Daerah Provinsi Jawa Tengah, yang mencakup target dan rencana untuk pembangunan

berkelanjutan, termasuk pengelolaan limbah, upaya mitigasi perubahan iklim, dan pengurangan emisi karbon.

Kabupaten Boyolali dikenal sebagai daerah penghasil susu sapi. Banyuanyar merupakan salah satu desa di Kabupaten Boyolali yang memiliki populasi sapi sebanyak 1.840 ekor pada tahun 2023 dan diprediksikan akan terus meningkat. Jumlah sapi yang tinggi menyebabkan kotoran sapi menumpuk mencapai 30 kg/ekor-sapi/hari atau setara 32 ton/hari ([Kusmiyati et al., 2023](#)). Kotoran sapi yang dibiarkan dan dibuang langsung ke lingkungan dapat menyebabkan beberapa permasalahan diantaranya masalah kesehatan, polusi udara, pencemaran sumber air, dan pencemaran tanah ([Tallou et al., 2020](#)). Gas metana (CH_4) yang terkandung di kotoran sapi adalah salah satu gas rumah kaca yang memiliki dampak signifikan terhadap perubahan iklim ([Rahman et al., 2021](#)). Penelitian menunjukkan polusi dari 1 kg kotoran sapi mencapai 312 kg CO_2eq (Jeppu et al., 2022), hampir setara dengan emisi dari pembakaran 100 kg batubara ([Ramachandran et al., 2018](#))

Kotoran sapi, yang sering dianggap sebagai limbah ini sebenarnya memiliki potensi besar jika dikelola dengan baik. Salah satu solusi terbaik untuk mengurangi dampak lingkungan kotoran sapi adalah anaerobic digestion, yaitu fermentasi kotoran sapi untuk menghasilkan biogas ([Pandyaswargo et al., 2019](#)) ([Elsayed et al., 2020](#)). Secara keseluruhan, adanya biogas plant dapat mengurangi emisi karbon dari kotoran sapi, meningkatkan kualitas kesehatan masyarakat, menghasilkan energi alternatif yang murah, mengurangi ketergantungan pada energi fossil, dan berpotensi membuka lapangan pekerjaan baru ([Indrawan et al., 2018](#)). Setiap satu kilogram kotoran sapi dapat dikonversi menjadi 36 liter biogas yang dapat menggantikan LPG (*liquid petroleum gas*) untuk kompor atau 0,086 kWh listrik setelah digunakan untuk generator (Cuéllar & Webber, 2008). Proses *anaerobic digestion* menghasilkan emisi 52% lebih rendah dibandingkan dari pembuangan kotoran sapi ke lingkungan secara langsung ([Kusmiyati et al., 2023](#)). Biogas juga memiliki kelebihan sebagai energi bersih, yaitu emisi pembakaran yang lebih rendah 81% dari batu bara dan 31% lebih rendah dari diesel ([Buberger et al., 2022](#)). Produk samping biogas berupa *slurry* juga dapat digunakan sebagai pupuk organik yang dapat menggantikan penggunaan pupuk urea ([Kumar et al., 2022](#)) ([Zubair et al., 2020](#)).

Penggunaan biogas telah dianalisis dapat menguntungkan secara ekonomi baik dalam skala lokal maupun global. Pada skala desa, desa dengan *biogas plant* memiliki tingkat kemiskinan yang lebih rendah 10% dibandingkan dengan desa tanpa instalasi biogas ([Hartono & Maharani, 2021](#)). Pada skala negara, menurut penelitian Indrawan et al. pada tahun 2018, Indonesia mampu menghasilkan listrik sebesar 79,4 TWh dari biogas dan menurunkan harga solar sebesar 0,039 USD/kWh pada tahun 2030 ([Indrawan et al., 2018](#)). Pada skala global, pemanfaatan kotoran sapi menjadi biogas diprediksikan dapat memenuhi 14–54% kebutuhan listrik dunia ([Lisowyj & Wright, 2020](#)). Di Kabupaten Boyolali, pemanfaatan kotoran sapi menjadi biogas dapat menghasilkan energi listrik hingga 1950 kWh/hari dan penggunaan LPG bersubsidi berkurang hingga 50% ([Kusmiyati et al., 2023](#)). Penelitian lain menunjukkan, pemanfaatan biogas di Boyolali dapat mengurangi konsumsi listrik warga hingga 490 kWh/bulan, setara dengan Rp20.000/bulan ([Tazi Hnyine et al., 2016](#)).

Khusus di wilayah Indonesia, teknologi biogas sangat relevan untuk diaplikasikan di daerah pedesaan ([Silaen et al., 2020](#)). Hampir sepertiga penduduk Indonesia bekerja sebagai petani dan peternak yang sebagian besar tinggal di daerah pedesaan ([Abduh, 2023](#)). Manfaat biogas pada ekonomi masyarakat lebih tepat sasaran dengan instalasi biogas skala kecil, terutama untuk pengganti LPG ([Thoday et al., 2018](#)). Faktor yang sangat mempengaruhi keberhasilan penerapan teknologi biogas di desa adalah kondisi sosial masyarakat, aspek institusi penyelenggara, *public awareness*, kerjasama antar masyarakat, kapabilitas pemerintah, dan aspek finansial ([Pandyaswargo et al., 2019](#); [De Clercq et al., 2017](#); [Hettiarachchi et al., 2018](#)). Edukasi jangka Panjang, pemberdayaan masyarakat, dan dukungan finansial menjadi solusi untuk percepatan keefektifan teknologi biogas di desa ([Putra et al., 2019](#); [Ahmad et al., 2023](#)).

Dengan urgensi dan potensi manfaat yang besar dari adanya instalasi biogas, kami melakukan kegiatan pembuatan biogas dari kotoran sapi di Desa Banyuanyar, Kabupaten Boyolali. Kegiatan yang dilakukan tidak hanya berfokus pada dukungan teknologi dan finansial, tetapi juga berperan dalam edukasi dan pemberdayaan masyarakat sehingga masyarakat dapat menggunakan teknologi secara mandiri dan meningkatkan pendapatannya. Kegiatan ini akan mendukung implementasi RPJMD Kab Boyolali tahun 2021- 2026 dalam aspek terbangunnya sumber energi baru terbarukan, teknologi tepat guna untuk masyarakat, peningkatan pengetahuan dan kemampuan masyarakat untuk pengelolaan aset, dan peningkatan pendapatan daerah ([Pemerintah Kabupaten Boyolali, 2021](#)). Program ini juga mendukung RPJMN tahun 2020 -2024 dalam hal keamanan energi, pemerataan energi dan keberlanjutan lingkungan ([BAPPENAS, 2014](#)). Dengan dukungan dan partisipasi aktif dari masyarakat, Desa Banyuanyar, Kab. Boyolali berpotensi menjadi model sukses untuk desa-desa lain di Indonesia.

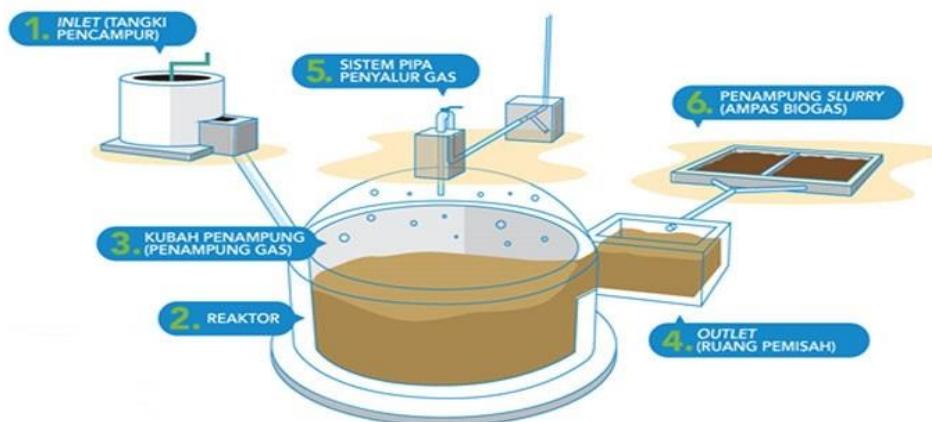
2. METODE

2.1. Lokasi dan Waktu Pelaksanaan Kegiatan

Lokasi pengabdian pada masyarakat skema pemberdayaan wilayah ini berada di Desa Banyuanyar, Kecamatan Ampel, Kabupaten Boyolali, Jawa Tengah. Kegiatan ini bekerjasama dengan Kelompok Ternak Tani (KTT) yaitu KTT Sumber Widodo I dan KTT Sumber Widodo II. KTT Sumber Widodo I merupakan kelompok peternak sapi sedangkan KTT Sumber Widodo II adalah paguyuban petani kopi. Pelaksanaan kegiatan dilakukan selama 10 bulan pada tahun 2024. Kegiatan dimulai dengan analisis masalah komunitas, pencarian solusi, implementasi solusi, edukasi, dan sosialisasi program.

2.2. Pembangunan Biodigester

Biodigester memiliki kapasitas 20 m³ yang dapat mengolah kotoran sapi dari 10 ekor sapi dan dapat menghasilkan listrik 5000 Watt. Ilustrasi desain biodigester dapat dilihat pada Gambar 1 dan pembangunan instalasi biodigester ditunjukkan pada Gambar 2. Material yang digunakan adalah semen agar tahan lama dan cocok untuk iklim setempat, desain dibuat kompak yang memudahkan pengoperasian. Proses pembangunan dimulai dengan persiapan lahan yang meliputi pembersihan dan pembuatan fondasi. Tahapan berikutnya mencakup pemasangan unit utama biodigester, bak penampung kotoran, penampung biogas, dan pipa-pipa penghubung. Tahap selanjutnya adalah pengujian akhir untuk memastikan fungsi dan keamanan alat. Selama pembangunan, prosedur keselamatan diterapkan dengan ketat, termasuk pemakaian alat pelindung diri (APD) bagi peserta, penyediaan alat pemadam api ringan (APAR), serta pengawasan rutin untuk mencegah risiko yang mungkin terjadi.



Gambar 1. Ilustrasi biodigester



Gambar 2. Pembangunan instalasi biodigester di Desa Banyuanyar Kabupaten Boyolali

2.3. Pembuatan Biogas

Kotoran sapi dicampur dengan air untuk mencapai konsentrasi solid 9% atau rasio sekitar 1:2 antara kotoran sapi dengan air (Salam et al., 2015). Campuran kemudian diaduk hingga homogen. Selanjutnya, campuran dimasukkan ke dalam biodigester hingga volume terisi 30%. Biodigester kemudian ditutup dengan rapat. Proses *anaerobic digestion* dilakukan selama 25 hari (Salam et al., 2015). Pada hari ke-14, biogas mulai terkumpul di bagian atas (kubah) biodigester dan biogas akan diproduksi secara kontinyu sesuai dengan jumlah umpan. Selama proses *anaerobic digestion*, keamanan dan keselamatan di sekitar biodigester perlu diperhatikan seperti menghindari adanya percikan api dan asap, serta menghindari masuknya sabun dan pestisida (Selan et al., 2021).

2.4. Penggunaan Biogas

Biogas yang telah diperoleh dialirkan melalui pipa-pipa. Sistem pipa dilengkapi dengan filter untuk menghilangkan kontaminan dan kondensasi. Selanjutnya, biogas disalurkan ke tangki penyimpanan yang dilengkapi regulator tekanan untuk mengatur aliran gas. Dari biodigester, biogas dialirkan ke kompor melalui pipa dengan konektor yang aman dan kedap udara. Penggunaan kompor sama dengan penggunaan LPG pada umumnya (Nantan et al., 2024). Untuk penggunaan biogas sebagai sumber listrik, biodigester dihubungkan dengan *combustor* dan selanjutnya dihubungkan dengan *generator* untuk disalurkan ke mesin kopi. Kapasitas *generator* yang digunakan adalah 5000 watt. Produk samping biogas berupa *slurry* juga digunakan sebagai pupuk organik pengganti urea dengan pengolahan secara fermentasi dan penambahan bahan organik untuk meningkatkan mutu pupuk yang dihasilkan.

2.5. Sosialisasi dan Pelatihan Penggunaan Biogas

Kegiatan sosialisasi dan pelatihan penggunaan biogas dilakukan pada tanggal 29 Juli 2024 di Gedung IKM, Kampus Kopi, Desa Banyuanyar, Kabupaten Boyolali. Peserta terdiri atas petani kopi dan peternak sapi yang merupakan anggota KTT Sumber Widodo I dan Sumber Widodo II, perwakilan dari Dinas Pertanian Kabupaten Boyolali, serta masyarakat desa setempat. Sosialisasi

dan pelatihan dilakukan dengan metode ceramah oleh narasumber yaitu Ketua Pemberdayaan Wilayah (Kusmiyati) kemudian dilanjutkan dengan diskusi tanya-jawab antara peserta dan narasumber.

Pelatihan dilakukan sebanyak 2 sesi, yaitu sesi teori dan sesi praktik. Pada sesi teori, peserta diberi penjelasan mengenai dampak lingkungan dari pembuangan kotoran sapi ke lingkungan, dasar-dasar biogas, prinsip kerja biodigester, dan potensi manfaat biogas bagi ekonomi dan lingkungan. Pemaparan sesi teori berlangsung selama dua jam yang diselingi dengan diskusi interaktif antara peserta dengan narasumber. Materi teori dibagikan dalam bentuk buku sederhana serta presentasi visual melalui proyektor. Selanjutnya, sesi praktik dilakukan selama tiga jam dimana peserta berkesempatan langsung mengoperasikan biodigester. Bahan ajar yang disediakan mencakup modul tertulis serta panduan praktik lapangan. Pada saat praktik, perwakilan peserta mencoba setiap tahap pembuatan biogas, mulai dari pencampuran kotoran sapi dengan air, pemindahan kotoran sapi ke biodigester, pengecekan keamanan alat, pemanenan biogas, penggunaannya untuk kompor, serta trouble shooting alat.

2.6. Analisis Manfaat Kegiatan Secara Kualitatif dan Kuantitatif

Proses evaluasi secara kualitatif dilaksanakan dengan uji pemahaman dan tanya jawab untuk mengukur pemahaman peserta terhadap materi yang diberikan. Uji pemahaman dilakukan dengan membagikan pre-test berupa yes or no question sebelum kegiatan pengabdian berlangsung. Pretest berisi 8 pertanyaan dengan topik (1) manfaat ekonomi dan lingkungan dari biogas, (2) pengetahuan proses pembuatan biogas, (3) keterampilan pembuatan biogas, dan (4) pemanfaatan biogas untuk kompor. Post-test kemudian dilakukan dengan memberikan pertanyaan yang sama setelah kegiatan pengabdian selesai. Perubahan positif dari peserta menjadi acuan bagi keberhasilan ketersampaian materi ([Irfan et al., 2023](#)).

Data mengenai manfaat secara kuantitatif terdiri dari dampak ekonomi dan lingkungan yang dianalisis secara deskriptif, meliputi potensi keuntungan dari biogas dan slurry, pengurangan limbah ternak, serta pengurangan polusi udara. Untuk analisis keuntungan, produk diasumsikan dijual dengan harga yang sama dengan produk non-subsidi. Pada analisis pengurangan polusi, faktor kuantitatif yang dibandingkan adalah emisi antara penggunaan biogas dengan pembuangan kotoran sapi ke lingkungan. Nilai CO₂ yang digunakan adalah 312 kgCO₂/kg-kotoran dan 0.026 kgCO₂/kg-biogas ([Kusmiyati et al., 2023](#)).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Masalah Komunitas dan Solusi yang Ditawarkan

Desa Banyuanyar memiliki peternak sapi kurang lebih 1000 orang yang dinaungi oleh Kelompok Ternak Tani (KT) Sumber Widodo Satu. KTT ini beranggotakan 20 orang dan didirikan pada tahun 2020 dengan Nomor Registrasi 3309020407. Jumlah sapi di Desa Banyuanyar terus meningkat setiap tahun hingga jumlahnya mencapai 1065 ekor di tahun 2023. Usaha peternakan sapi memberikan manfaat besar bagi masyarakat Desa Banyuanyar sebagai sumber mata pencaharian, namun terdapat masalah pada limbah. Kotoran sapi memiliki bau yang menyengat dan mencemari udara di sekitar daerah peternakan. Pemanfaatan kotoran sapi menjadi produk yang bernilai perlu dilakukan untuk meminimalisir polutan. KTT Sumber Widodo dua bergerak di perkebunan kopi. Kendala yang dialami adalah mahalnya harga pupuk komersil dan terbatasnya pupuk subsidi karena kebijakan pemerintah yang membatasi subsidi pupuk kimia komersial hanya untuk tanaman padi dan jagung. Petani kopi di Banyuanyar juga tidak mendapatkan akses mudah terhadap pupuk kimia komersial. Penyediaan pupuk organic pengganti pupuk komersil dapat menjadi solusi bagi permasalahan di KTT Sumber Widodo Dua.

Solusi yang ditawarkan oleh tim pengabdian adalah pembangunan instalasi biogas untuk mengolah kotoran sapi. Program ini terdiri dari pembuatan biodigester, penggunaan biogas untuk kompor, penggunaan *slurry* untuk pupuk organik, dan edukasi serta pelatihan pada masyarakat. Biodigester dibuat pada skala pilot dengan kapasitas untuk kotoran dari 10 ekor sapi. Biogas yang

dihadarkan langsung digunakan oleh masyarakat untuk mengurangi biaya konsumsi LPG subsidi yang semakin langka. *Slurry* digunakan oleh petani untuk menggantikan sebagian pupuk urea. Solusi ini dapat mengurangi dampak pencemaran dari kotoran sapi sekaligus menghasilkan produk energi dan pupuk yang tepat guna bagi masyarakat. Keberhasilan program dinilai dari peningkatan pengetahuan dan kemampuan masyarakat mengenai pembuatan biogas, terproduksinya biogas pengganti LPG, berkurangnya kotoran sapi dan polusi udara (bau) di lingkungan peternakan, dan pengurangan konsumsi pupuk kimia.

3.2. Pelaksanaan Sosialisasi dan Pelatihan Penggunaan Biogas

Kegiatan sosialisasi dan pelatihan diikuti oleh 69 peserta yang terdiri atas peternak sapi, petani kopi, dan masyarakat setempat. Sosialisasi dan pelatihan dilakukan dengan metode ceramah dan praktik secara langsung. Sosialisasi bertujuan untuk menyampaikan program Pengabdian pada Masyarakat skema Pemberdayaan Wilayah. Setelah materi disampaikan, peserta diberikan kesempatan untuk berdiskusi dan melakukan tanya-jawab dengan narasumber. Peserta menunjukkan antusiasme yang tinggi dan secara aktif bertanya dan berdiskusi. Lokasi biodigester dan pengisian kotoran ke dalam biodigester dapat dilihat pada Gambar 3. Penggunaan biogas untuk kompor rumah tangga dan listrik dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 3. Pengisian kotoran hewan ke dalam biodigester



Gambar 4. Penggunaan biogas untuk kompor dan listrik

3.3. Analisis Manfaat dan Keberhasilan Program

Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan oleh tim pengabdian melalui rekap jawaban *pre-test* dan *post-test* (Tabel 1), sebelum dilakukannya kegiatan pengabdian, pengetahuan rata-rata peserta mengenai biogas adalah 15%. Setelah kegiatan pengabdian, seluruh peserta mengetahui tentang biogas, termasuk pembuatannya dan keuntungannya. Keterampilan

masyarakat juga meningkat dengan adanya pengalaman langsung dalam pembuatan biogas dan pengoperasian alat. Dari segi sosial, kegiatan pengabdian yang dilakukan berhasil mempertemukan kelompok peternak, kelompok petani, perwakilan pemerintah, dan akademisi untuk saling berdiskusi. Pihak kelompok tani dan ternak mendapatkan ilmu baru, sedangkan pihak perwakilan pemerintah dan akademisi mendapatkan masukan serta saran dari masyarakat agar kualitas program dapat ditingkatkan. Sinergi antara masyarakat, pemerintah, dan akademisi adalah faktor yang penting untuk keberhasilan suatu program ([Silaen et al., 2020](#)).

Tabel 1. Perubahan Pemahaman Peserta Melalui Pre-test dan Post-test

| Pertanyaan | Jawaban peserta sebelum kegiatan | | Jawaban peserta setelah kegiatan | |
|--|----------------------------------|-----------|----------------------------------|-----------|
| | Ya (%) | Tidak (%) | Ya (%) | Tidak (%) |
| Apakah anda mengetahui apa itu biogas? | 30 | 70 | 100 | 0 |
| Apakah anda mengetahui keuntungan ekonomi dari biogas? | 30 | 70 | 100 | 0 |
| Apakah anda mengetahui keuntungan lingkungan dari biogas? | 30 | 70 | 100 | 0 |
| Apakah anda mengetahui bahwa kotoran sapi dapat menghasilkan biogas? | 20 | 80 | 100 | 0 |
| Apakah anda pernah membuat biogas? | 10 | 90 | 100 | 0 |
| Apakah anda mengetahui alat untuk membuat biogas? | 10 | 90 | 100 | 0 |
| Apakah anda mengetahui proses pembuatan biogas? | 10 | 90 | 100 | 0 |
| Apakah anda pernah menggunakan biogas untuk kompor? | 10 | 90 | 100 | 0 |

Berdasarkan hasil produksi biogas, setiap kilogram kotoran sapi dapat menghasilkan 33 – 34 liter biogas. Hasil ini serupa dengan penelitian lain yang mendapatkan perolehan biogas sebanyak 30 – 36 liter untuk setiap kilogram kotoran sapi ([Sidra et al., 2018](#)). Pada Gambar 4 terlihat api yang dihasilkan pada kompor biogas berwarna biru dan listrik digunakan untuk menyalaikan lampu. Hal ini sesuai dengan penelitian yang menyatakan bahwa biogas dengan kadar metana yang besar dan gas pengotor yang kecil dapat menghasilkan nyala api biru saat dibakar dan mengindikasikan kualitas biogas yang baik ([Marcelino et al., 2023](#)). Efisiensi pembakaran biogas lebih rendah dari LPG karena nilai kalor dan densitasnya yang lebih rendah 1-3 kali ([Suwansri et al., 2015](#)). Untuk menghasilkan panas yang sama, dibutuhkan satu kilogram biogas untuk menggantikan 0,46 kilogram LPG ([Marcelino et al., 2023](#)). Peningkatan kemurnian metana di dalam biogas dan modifikasi kombustor kompor dapat dilakukan untuk meningkatkan efisiensi pembakaran biogas ([Suwansri et al., 2015](#)).

Potensi keuntungan biogas dalam bentuk rupiah secara keseluruhan terangkum pada Tabel 2. Dalam setiap batch produksi (± 1 bulan), biodigester yang digunakan dapat mengolah 300 kg kotoran sapi dan menghasilkan biogas dengan volume 20 m^3 . Apabila biogas dikonversi menjadi listrik maka akan dihasilkan 25,8 kWh listrik yang dapat memenuhi kebutuhan 10 rumah jika konsumsi listrik 2,7 kWh/rumah/hari ([Damrongsak & Chaichana, 2020](#)). *Slurry* yang dihasilkan dalam 1 batch adalah 656 kg dengan kadar air 93%, setelah proses pengeringan alami untuk digunakan sebagai pupuk, sisa berat *slurry* adalah 176 kg dengan kadar air 25%. *Slurry* ini dapat menggantikan penggunaan 44,7% pupuk urea ([Kusmiyati et al., 2023](#)).

Setelah keberjalanannya program, setiap kepala keluarga (KK) mengeluarkan biaya Rp0- untuk LPG yang semula dapat mengeluarkan biaya Rp25.000 – Rp50.000 setiap bulan dengan menggunakan tabung LPG 3 kg. Untuk kelompok tani, pupuk urea yang semula digunakan sepenuhnya untuk tanaman kopi, kini dapat disubstitusi dengan menggunakan *slurry* biogas. Keuntungan dari biogas ini dapat ditingkatkan dengan pengoptimalan proses di biodigester agar perolehan biogas meningkat dan kadar metana lebih tinggi ([Andriani et al., 2014](#)). *Slurry* yang dihasilkan juga dapat dicampurkan dengan limbah pertanian lain untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas pupuk. Penelitian sebelumnya menyebutkan pencampuran ini dapat meningkatkan unsur nitrogen esensial di *slurry* hingga 60% ([Villada et al., 2024](#)). Untuk dampak jangka panjang, pembuatan beberapa biodigester baru dengan skala lebih besar juga dapat dilakukan agar bisa mengolah seluruh kotoran sapi yang dihasilkan Desa Banyuanyar.

Tabel 2. Potensi Keuntungan dari Produksi Biogas Per Batch

| Produk | Jumlah | Penyetaraan | Harga Sesuai Penyetaraan (Non-subsidi) | Keuntungan |
|----------------------------------|------------------------|-----------------------------|--|------------|
| Biogas pengganti LPG | 20 m ³ | Setara 9,2 kg LPG | Rp16.000/kg | Rp147.200 |
| Biogas untuk listrik | 25,8 kWh | Setara 25,8 kWh listrik PLN | Rp1.450/kWh | Rp37.410 |
| <i>Slurry</i> biogas untuk pupuk | 176 kg (kadar air 25%) | Setara 78 kg pupuk urea | Rp10.000/kg | Rp780.000 |

Selain keuntungan dari biogas, keuntungan lain berasal dari pengurangan jumlah kotoran sapi yang dibuang ke lingkungan serta pengurangan emisi. Biodigester yang kini tersedia, memang baru dapat menampung sebagian kecil dari total limbah kotoran sapi, yaitu 300 kg. Namun, emisi yang berkurang dapat mencapai >90%, dari 93.600 kg-CO₂ menjadi 0.59kg-CO₂ setelah 300 kg kotoran sapi diolah menjadi biogas. Pengurangan emisi ini, terutama gas metana dan CO₂ berpengaruh signifikan terhadap kualitas udara di sekitar peternakan. Parameter yang paling terasa dampaknya bagi masyarakat adalah bau tidak sedap yang sangat berkurang. Dalam jangka panjang, pengurangan emisi dari kotoran sapi ini dapat meningkatkan kualitas kesehatan masyarakat dan mengurangi polutasi gas rumah kaca ([Lombardi et al., 2022](#)). Hasil dari program pengabdian yang dilakukan sejalan dan mendukung kebijakan daerah di dalam RPJMD Kab Boyolali tahun 2021- 2026 dalam aspek terbangunnya sumber energi baru terbarukan, teknologi tepat guna untuk masyarakat, peningkatan pengetahuan dan kemampuan masyarakat, dan pengurangan limbah. Selain itu, Program pengabdian pada masyarakat skema Pemberdayaan Wilayah ini juga membuka peluang baru untuk lapangan pekerjaan masyarakat maupun meningkatkan usaha kopi dan susu bagi Kelompok Ternak dan Tani desa setempat.

Keterbatasan dan Saran

Program pengabdian yang dilaksanakan memiliki keterbatasan sebagai berikut:

1. Skala Produksi

Skala biodigester saat ini belum dapat mengolah seluruh kotoran sapi di Desa Banyuanyar, namun layak menjadi percontohan untuk biodigester dengan skala yang lebih besar.

2. Transportasi bahan baku yang belum efisien

Selama ini pengangkutan kotoran sapi dilakukan dengan menggunakan gerobak sederhana yang hanya menjangkau daerah di dekat lokasi biodigester. Alat transportasi lain seperti mini dump truck ukuran 1-2 kubik diperlukan jika kapasitas biodigester ditingkatkan.

3. Potensi masalah kebocoran biogas

Kebocoran biogas potensial terjadi pada sambungan pipa-pipa yang dipasang diantara biodigester dengan tanki penampung biogas dan kompor. Bahan PVC dan karet anti karat yang digunakan sebetulnya telah ideal untuk biogas, namun, adanya perubahan suhu dan tekanan dapat menimbulkan risiko kebocoran. Oleh karena itu, perawatan rutin dengan pengecekan kebocoran perlu dilakukan setiap hari. Selain itu, penambahan *flame arrester* di sekitar pipa juga penting untuk mencegah sumber api luar memasuki sistem biogas ([AL-Zuraiji et al., 2019](#)).

4. Kendala musim hujan

Saat musim hujan, kendala yang ditemukan adalah adanya genangan air di sekitar biodigester dan tercampurnya bahan baku dengan air hujan. Genangan air di sekitar biodigester dapat mempengaruhi suhu fermentasi, meningkatkan risiko kecelakaan kerja, dan meningkatkan risiko kerusakan pondasi biodigester. Sistem drainase perlu ditambah untuk menghilangkan genangan air selama musim hujan. Bahan baku kotoran sapi juga perlu disimpan di tempat tertutup, seperti menggunakan bak dan terpal, untuk mencegah masuknya air hujan.

4. KESIMPULAN

Setelah kegiatan pengabdian dilakukan, masyarakat di Desa Banyuanyar memahami pentingnya pengolahan limbah kotoran sapi, cara penggunaan dan pemeliharaan biodigester, serta pemanfaatan produk biogas. Saat digunakan untuk kompor rumah tangga, biogas menghasilkan api berwarna biru yang mengindikasikan kadar metana yang dominan dibanding gas pengotor lain. Berdasarkan analisis keuntungan, pada setiap batch produksi, kotoran dari 10 ekor sapi dapat menggantikan 9,2 kg LPG atau 25,8 kWh listrik serta 78 kg pupuk urea. Program telah memberikan bukti nyata dengan biaya Rp0- yang dikeluarkan setiap KK setelah menggunakan biogas untuk kompor menggantikan LPG. Manfaat non-materiil yang diperoleh dari produksi biogas ini diantaranya peningkatan kesehatan lingkungan serta meningkatkan usaha susu dan kopi bagi masyarakat setempat. Keterbatasan dari program ini adalah skala biodigester yang masih terbatas, transportasi yang belum efisien, dan potensi kebocoran. Peningkatan skala produksi, peningkatan kualitas biogas, dan penambahan unit-unit pendukung dapat memaksimalkan manfaat program ini. Keberlanjutan program dapat dicapai dengan partisipasi aktif dari masyarakat, pelatihan dan evaluasi, serta dukungan teknis dan sumber daya.

UCAPAN TERIMA KASIH

produksi, peningkatan kualitas biogas, dan penambahan unit-unit pendukung dapat memaksimalkan manfaat program ini. Keberlanjutan program dapat dicapai dengan partisipasi aktif dari masyarakat, pelatihan dan evaluasi, serta dukungan teknis dan sumber daya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian kepada Masyarakat, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia atas pendanaan program Pengabdian pada Masyarakat skema Pemberdayaan Wilayah pada tahun 2024 dengan nomor kontrak 128/E5/PG.02.00/PM.BARU/2024; 023/LL6/PgB/AL.04/2024; 061/A.38-04/UDN-09/VI/2024.

DAFTAR PUSTAKA

- Abduh, M. (2023). Indonesia Agricultural Transformation: How Far? Where Would It Go?. *Jurnal Perencanaan Pembangunan: The Indonesian Journal of Development Planning* (Vol. 7, Issue 1). <https://doi.org/10.36574/jpp.v7i1.366>
- Ahmad, M., Khan, I., Shahzad Khan, M. Q., Jabeen, G., Jabeen, H. S., & Işık, C. (2023). Households'

- Perception-Based Factors Influencing Biogas Adoption: Innovation Diffusion Framework. *Energy*, 263, 126155. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.126155](https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.126155)
- AL-Zuraiji, M. J. A., Zanganeh, J., & Moghtaderi, B. (2019). Application Of Flame Arrester In Mitigation Of Explosion And Flame Deflagration Of Ventilation Air Methane. *Fuel*, 257, 115985. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.115985>
- Andriani, D., Wresta, A., Atmaja, T. D., & Saepudin, A. (2014). A Review On Optimization Production And Upgrading Biogas Through CO₂ Removal Using Various Techniques. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 172(4), 1909–1928. <https://doi.org/10.1007/s12010-013-0652-x>
- BAPPENAS. (2014). Potret Rencana Aksi Daerah Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (RAD-GRK). Retrieved 8th November 2024 from http://perpustakaan.menlhk.go.id/pustaka/home/index.php?page=catalog&content_type=54&viewid=11028
- Buberger, J., Kersten, A., Kuder, M., Eckerle, R., Weyh, T., & Thiringer, T. (2022). Total CO₂-Equivalent Life-Cycle Emissions From Commercially Available Passenger Cars. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 159(February), 112158. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112158>
- Cuéllar, A. D., & Webber, M. E. (2008). Cow Power: The Energy And Emissions Benefits Of Converting Manure To Biogas. *Environmental Research Letters*, 3(3). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/3/3/034002>
- Damrongsak, D., & Chaichana, C. (2020). Biogas Initiative From Municipal Solid Waste In Northern Thailand. *Energy Reports*, 6, 428–433. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2019.11.098>
- De Clercq, D., Wen, Z., & Fan, F. (2017). Performance Evaluation Of Restaurant Food Waste And Biowaste To Biogas Pilot Projects In China And Implications For National Policy. *Journal of Environmental Management*, 189, 115–124. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.12.030>
- Elsayed, M., Ran, Y., Ai, P., Azab, M., Mansour, A., Jin, K., Zhang, Y., & Abomohra, A. E.-F. (2020). Innovative Integrated Approach Of Biofuel Production From Agricultural Wastes By Anaerobic Digestion And Black Soldier Fly Larvae. *Journal of Cleaner Production*, 263, 121495. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121495>
- Hartono, D., & Maharani, J. (2021). The Impact of Biogas Utilization on Poverty in Indonesia. *Jurnal Perencanaan Pembangunan: The Indonesian Journal of Development Planning*, 5(2), 230–249. <https://doi.org/10.36574/jpp.v5i2.201>
- Hettiarachchi, H., Meegoda, J. N., & Ryu, S. (2018). Organic Waste Buyback As A Viable Method To Enhance Sustainable Municipal Solid Waste Management In Developing Countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(11), 1–15. <https://doi.org/10.3390/ijerph15112483>
- Indrawan, N., Thapa, S., Wijaya, M. E., Ridwan, M., & Park, D. H. (2018). The Biogas Development In The Indonesian Power Generation Sector. *Environmental Development*, 25, 85–99. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2017.10.003>
- Irfan, A., Harkaneri, H., Rimet, R., & Febria, D. (2023). Memajukan Ekonomi melalui Pemanfaatan Biogas dari Kotoran Sapi di Desa Makmur Sejahtera (Advancing the Economy through Utilizing Biogas from Cow Manure in Makmur Sejahtera Village). *Yumary: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 4(1), 125–136. <https://doi.org/https://doi.org/10.35912/yumary.v4i1.2501>
- Jeppu, G. P., Janardhan, J., Kaup, S., Janardhanan, A., Mohammed, S., & Acharya, S. (2022). Effect Of Feed Slurry Dilution And Total Solids On Specific Biogas Production By Anaerobic Digestion In Batch And Semi-Batch Reactors. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 24(1), 97–110. <https://doi.org/10.1007/s10163-021-01298-1>
- Kumar, A., Verma, L. M., Sharma, S., & Singh, N. (2022). Overview On Agricultural Potentials Of Biogas Slurry (BGS): Applications, Challenges, And Solutions. In *Biomass Conversion and Biorefinery* (Vol. 13, Issue 15). Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/s13399-021-02215-0>
- Kusmiyati, K., Wijaya, D. K., Hartono, B. J. R., Shidik, G. F., & Fudholi, A. (2023). Harnessing The

- Power Of Cow Dung: Exploring The Environmental, Energy, And Economic Potential Of Biogas Production In Indonesia. *Results in Engineering*, 20(September), 101431. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101431>
- Lisowyj, M., & Wright, M. M. (2020). A Review Of Biogas And An Assessment Of Its Economic Impact And Future Role As A Renewable Energy Source. *Reviews in Chemical Engineering*, 36(3), 401–421. <https://doi.org/10.1515/revce-2017-0103>
- Lombardi, B., Loaiza, S., Trujillo, C., Arevalo, A., Vázquez, E., Arango, J., & Chirinda, N. (2022). Greenhouse Gas Emissions From Cattle Dung Depositions In Two Urochloa Forage Fields With Contrasting Biological Nitrification Inhibition (BNI) Capacity. *Geoderma*, 406, 115516. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115516>
- Marcelino, Viktor, & Anggorowati, D. A. (2023). Karakteristik Produk Biogas Dari Berbagai Jenis Limbah Sayur Sawi. *Jurnal ATMOSPHERE*, 3(2), 30–36. <https://doi.org/10.36040/atmosphere.v3i2.6065>
- Nantan, Y., Pakaya, F., Tappy, M. S., Barokah, Simanjuntak, R. G., Huwae, J. C., & Yusuf, F. (2024). Application of Biogas Technology Based on Fishery Waste in Communities in Makalisung Village, Kema District, North Sulawesi Aplikasi Teknologi Biogas Berbasis Limbah Perikanan Pada. *DINAMISIA: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 8(1), 32–41. <https://doi.org/https://doi.org/10.31849/dinamisia.v8i1.14344>
- Pandyaswargo, A. H., Gamaralalage, P. J. D., Liu, C., Knaus, M., Onoda, H., Mahichi, F., & Guo, Y. (2019). Challenges And An Implementation Framework For Sustainable Municipal Organic Waste Management Using Biogas Technology in Emerging Asian Countries. *Sustainability (Switzerland)*, 11(22). <https://doi.org/10.3390/su11226331>
- Pemerintah Kabupaten Boyolali. (2021). Peraturan Daerah Kabupaten Boyolali No. 7 Tahun 2021 Tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah.
- Putra, A. R. S., Pedersen, S. M., & Liu, Z. (2019). Biogas Diffusion Among Small Scale Farmers In Indonesia: An Application Of Duration Analysis. *Land Use Policy*, 86, 399–405. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.05.035>
- Rahman, M., Husain, H., & Huda, S. (2021). Utilization Of Cow Dung Residues Of Biogas Plant For Sustainable Development Of A Rural Community. *Current Research in Environmental Sustainability*, 3, 100026. <https://doi.org/10.1016/j.crsust.2021.100026>
- Ramachandran, D., Vishwakarma, V., & Viswanathan, K. (2018). Detailed Studies Of Cow Dung Ash Modified Concrete Exposed In Fresh Water. *Journal of Building Engineering*, 20(February), 173–178. <https://doi.org/10.1016/j.jobr.2018.07.008>
- Salam, B., Biswas, S., & Rabbi, M. S. (2015). Biogas From Mesophilic Anaerobic Digestion Of Cow Dung Using Silica Gel As Catalyst. *Procedia Engineering*, 105(Icte 2014), 652–657. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.05.044>
- Selan, R. N., Tarigan, B. V., & Boimau, K. (2021). Pelatihan Pembuatan Biogas dari Kotoran Ternak di Kecamatan Oebobo Kota Kupang. *Jurnal Pengabdian Vokasi*, 02, 38–41. <https://doi.org/https://doi.org/10.14710/jpv.2021.10924>
- Sidra, I. K., Shehrbno, A., Tamour, A. C., & Muhammad, N. Y. (2018). Production Of Biogas By The Co-Digestion Of Cow Dung And Crop Residue at University of the Punjab, Lahore, Pakistan. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 12(2), 91–95. <https://doi.org/10.5897/ajest2017.2446>
- Silaen, M., Taylor, R., Bößner, S., Anger-Kraavi, A., Chewpreecha, U., Badinotti, A., & Takama, T. (2020). Lessons from Bali For Small-Scale Biogas Development in Indonesia. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 35(25), 445–459. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2019.09.003>
- Suwansri, S., Moran, J. C., Aggarangsi, P., Tippayawong, N., Bunkham, A., & Rerkriangkrai, P. (2015). Converting LPG Stoves To Use Biomethane. *Distributed Generation & Alternative Energy Journal*, 30(1), 38–57. <https://doi.org/10.1080/21563306.2015.11106933>
- Tallou, A., Haouas, A., Jamali, M. Y., Atif, K., Amir, S., & Aziz, F. (2020). Review on Cow Manure as Renewable Energy. In S. Patnaik, S. Sen, & M. S. Mahmoud (Eds.), *Smart Village Technology: Concepts and Developments* (pp. 341–352). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-37794-6_17

- 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>
- Thoday, K., Benjamin, P., Gan, M., & Puzzolo, E. (2018). The Mega Conversion Program from kerosene to LPG in Indonesia: Lessons learned and recommendations for future clean cooking energy expansion. *Energy for Sustainable Development*, 46, 71-81. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2018.05.011>
- Villada, E., Velasquez, M., Gómez, A. M., Correa, J. D., Saldarriaga, J. F., López, J. E., & Tamayo, A. (2024). Combining Anaerobic Digestion Slurry And Different Biochars To Develop A Biochar-Based Slow-Release NPK Fertilizer. *Science of The Total Environment*, 927, 171982. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171982>
- Zubair, M., Wang, S., Zhang, P., Ye, J., Liang, J., Nabi, M., Zhou, Z., Tao, X., Chen, N., Sun, K., Xiao, J., & Cai, Y. (2020). Biological Nutrient Removal And Recovery From Solid And Liquid Livestock Manure: Recent Advance And Perspective. *Bioresource Technology*, 301, 122823. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.122823>