



Pemanfaatan Limbah Kotoran Sapi Menjadi Biogas sebagai Sumber Energi Listrik di Dusun Tegalmulyo, Kecamatan Bungatan, Situbondo

Moh Mufid¹, Nugroho Jerry Kurniawan², Ellya Dwi Lestari², Dafit Ari Prasetyo^{2*}, Dety Oktavia Sulistiono¹, Azamataufiq Budiprasojo¹, Nurul Nikmah², Ignas Oni Faentaono¹

Sitasi: Mufid, M.; Kurniawan, N.J.; Lestari, E.D.; Prasetyo, D.A.; Sulistiono D.O.; Budiprasojo A.; Nikmah, N.; Faentaono, I.O. (2026). Pemanfaatan Limbah Kotoran Sapi Menjadi Biogas Sebagai Sumber Energi Listrik di Dusun Tegalmulyo, Kecamatan Bungatan, Situbondo. *J-TETA: Jurnal Teknik Terapan*, V(5) N(1), hlm. 11–21.



Copyright: © 2026 oleh para penulis. Karya ini dilisensikan di bawah Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License. (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

¹ Program Studi Mesin Otomotif, Jurusan Teknik, Politeknik Negeri Jember

² Program Studi Teknik Energi Terbarukan, Jurusan Teknik, Politeknik Negeri Jember

* Korespondensi: dafit@polije.ac.id

Abstract: Electricity is a basic need, but access to electricity in remote areas remains limited due to geographic and infrastructure constraints. Tegalmulyo Hamlet, dominated by cattle farming, has traditionally disposed of manure waste without optimal utilization, thereby polluting the environment. This community service activity aims to process cow dung waste into electrical energy through a community-based Biogas Power Plant (PLTBg). The approach used is Participatory Rural Appraisal (PRA), which actively involves the community in the planning, construction, and management of the system. A 1 m³ digester installation produces a potential biogas of 8.65 m³/day, with a theoretical electrical energy of approximately 96.6 kWh per day. In implementation, energy utilization is adjusted to the capacity of a 1 kW generator, thus meeting the electricity needs of 1,866 Wh per day for street lighting, livestock pens, and one resident's home. This program not only provides renewable energy but also reduces environmental pollution and produces organic fertilizer from biogas residue.

Keywords: Biogas, Cow Manure, Electricity, PLTBg, Community

Abstrak: Listrik merupakan kebutuhan dasar, namun akses energi listrik di daerah terpencil masih terbatas akibat kendala geografis dan infrastruktur. Dusun Tegalmulyo yang didominasi sektor peternakan sapi selama ini membuang limbah kotoran tanpa pemanfaatan optimal sehingga mencemari lingkungan. Kegiatan pengabdian ini bertujuan mengolah limbah kotoran sapi menjadi energi listrik melalui Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg) berbasis pemberdayaan masyarakat. Pendekatan yang digunakan adalah Participatory Rural Appraisal (PRA) dengan melibatkan masyarakat secara aktif dalam perencanaan, pembangunan, dan pengelolaan sistem. Instalasi digester berkapasitas 1 m³ menghasilkan potensi biogas sebesar 8,65 m³/hari dengan energi listrik teoritis sekitar 96,6 kWh per hari. Dalam implementasinya, pemanfaatan energi disesuaikan dengan kapasitas genset 1 kW sehingga mampu memenuhi kebutuhan listrik sebesar 1.866 Wh per hari untuk penerangan jalan, kandang ternak, dan satu rumah warga. Program ini tidak hanya menyediakan energi terbarukan, tetapi juga mengurangi pencemaran lingkungan serta menghasilkan pupuk organik dari residu biogas.

Kata kunci: Biogas, Kotoran sapi, Listrik, PLTBg, Masyarakat

1. Pendahuluan

Energi listrik menjadi kebutuhan dasar di era saat ini, namun upaya pemerataan akses listrik ke seluruh wilayah Indonesia masih dihadapkan pada daerah terpencil, yang di mana infrastruktur pembangkit listrik sulit dikembangkan karena akses yang terbatas. Mayoritas wilayah Indonesia berupa dataran tinggi, dan perbukitan. Daerah-daerah tersebut seringkali kaya akan potensi sumber energi terbarukan yang bisa dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan energi lokal, salah satunya di dusun Tegalmulyo.

Dusun Tegalmulyo, yang terletak di lereng bukit tandus dan berbatu di desa Pasir Putih, Kecamatan Bungatan, Kabupaten Situbondo, merupakan daerah terpencil yang sulit dijangkau. Kondisi geografis yang demikian membuat masyarakat Dusun Tegalmulyo menghadapi berbagai kendala, salah satunya adalah terbatasnya akses listrik. Berdasarkan hasil survei dan wawancara, Di mana akses listrik dari PLN tidak dapat diterima di setiap rumah. Dusun ini dipimpin oleh Pak Sunarto dan terdiri dari 25 kepala keluarga. Dusun Tegalmulyo didominasi oleh sektor peternakan, populasi sapi ternak sebanyak ± 38 ekor. Peternakan di dusun ini umumnya melakukan usaha ternak sapi dalam skala kecil sebagai usaha sampingan, karena mata pencaharian warga adalah sebagai buruh tani. Rata-rata, setiap rumah di dusun ini memelihara 1-2 ekor sapi. Setiap sapi menghasilkan sekitar 25-30 kg kotoran setiap harinya.

Di sisi lain, meskipun berbagai program pemanfaatan biogas telah banyak dilakukan di Indonesia, sebagian besar masih berfokus pada penyediaan energi rumah tangga untuk kebutuhan memasak dan belum terintegrasi sebagai sistem pembangkitan listrik berbasis komunitas di wilayah terpencil. Selain itu, pendekatan yang digunakan umumnya bersifat top-down sehingga tingkat keberlanjutan program seringkali rendah akibat minimnya keterlibatan masyarakat dalam proses perencanaan dan pengelolaan. Oleh karena itu, kegiatan ini menawarkan kebaruan melalui integrasi pemanfaatan limbah kotoran sapi menjadi energi listrik dalam bentuk Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg) berbasis pemberdayaan masyarakat dengan pendekatan partisipatif, sehingga tidak hanya berorientasi pada penyediaan energi tetapi juga pada peningkatan kemandirian energi masyarakat desa terpencil.

Berdasarkan Gambar 1, selama ini limbah kotoran sapi dari hasil usaha peternakan tidak dimanfaatkan dan dibuang begitu saja, sehingga mencemari lingkungan seperti pencemaran udara, air dan tanah. Limbah kotoran sapi merupakan salah satu jenis bahan baku yang dapat digunakan pada teknologi pembentukan biogas. Teknologi biogas dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi bersih yang ramah lingkungan dan ekonomis (Cahyono and JAR, 2023). Teknologi biogas bermanfaat bagi petani peternak dalam menghasilkan energi alternatif sebagai energi terbarukan yang dapat meminimalkan biaya pembelian gas LPG atau bahan bakar fosil serta menghasilkan pupuk organik (Elly et al., 2020).

Telah banyak penerapan energi listrik yang dihasilkan dari proses konversi biogas. Metana adalah komponen penting dalam aspek penggunaan bahan bakar biogas. Komponen biogas adalah metana (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2), hidrogen sulfida (H_2S) dan uap air. Menurut (Rifky et al., 2023), biogas dapat digunakan untuk memasak,



Gambar 1. Limbah kotoran sapi

penerangan dan bahan bakar generator untuk menghasilkan listrik. Produksi biogas dengan digester berkapasitas 8 m^3 dapat menghasilkan energi listrik $2,67 \text{ m}^3/\text{kWh}$ dengan penggunaan 4 jam (Paniran et al., 2023). Biogas dapat dimanfaatkan sebagai penghasil listrik yang efisien sebagai sumber energi terbarukan (Lohani et al, 2020). Pengelolaan yang mudah dengan produksi yang maksimal dapat meningkatkan produktivitas dan peningkatan ekonomi pengguna (Nurjannah, 2023).

Berdasarkan permasalahan tersebut, kegiatan ini dilakukan untuk mengembangkan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg) berbasis potensi lokal melalui pendekatan pemberdayaan masyarakat di Dusun Tegalmulyo. Secara khusus, kegiatan ini bertujuan untuk mengoptimalkan pemanfaatan limbah kotoran sapi sebagai sumber energi terbarukan, memperkuat kapasitas masyarakat melalui keterlibatan aktif dalam perencanaan, pembangunan, dan pengelolaan sistem energi berbasis biogas. Kegiatan ini dilaksanakan menggunakan metode *Participatory Rural Appraisal* (PRA), sehingga masyarakat merasa memiliki dan bertanggung jawab atas Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg).

2. Bahan dan Metode

2.1 Bahan

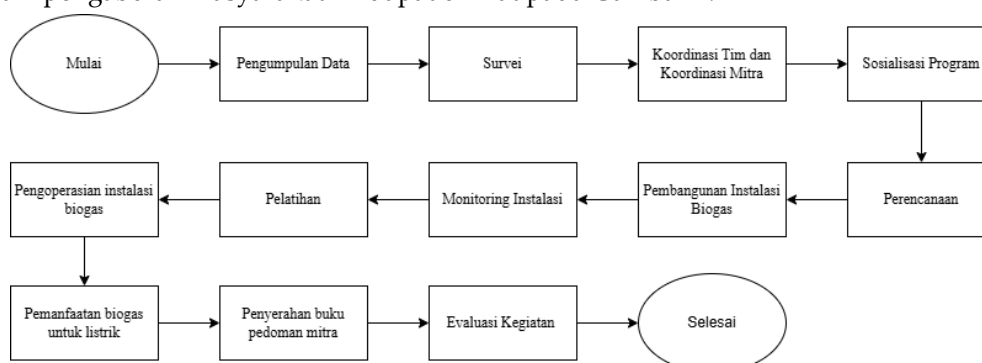
Bahan yang digunakan dalam program ini dipilih berdasarkan ketersediaan, ketahanan, serta kesesuaiannya dengan kebutuhan sistem. Rincian bahan yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Daftar Bahan

No.	Nama Bahan	Spesifikasi Bahan
1.	Toron	Prime blow 1000 liter
2.	Genset	Yamamaxpro 2200 rx rubicon
3.	Pipa PV ¾ Inchi	Rucika PV AW
4.	Lem besi	Dextone
5.	Lem pipa	Dextone
6.	Stop kran PVC ¾ Inchi	MDN
7.	Selang gas	Kemanflex
8.	Pipa 3 Inchi	Rucika
9.	Knee PVC 3 Inchi	Rucika Elbow
10.	Besi	WBL beton
11.	Kabel	Kitani cabel
12.	MCB	SeanRo FCY8-125 D80A 250V
13.	Stop Kran 3/4 Inchi	MDN
14.	Kayu	Jati
15.	Galvalum	Gnet
16.	Buis Beton	(80×60) cm

2.2 Metode

Teknik *Participatory Rural Appraisal* (PRA) merupakan metode yang digunakan dalam pelaksanaan pembangunan ini. Menurut Adimihardja dan Hikmat, terdapat prinsip-prinsip dalam penerapan teknik PRA, yaitu: Masyarakat harus dipandang sebagai sebuah subjek bukan objek, seorang peneliti harus memposisikan dirinya sebagai *insider* bukan sebagai *outsider*, dan pemberdayaan dan partisipatif masyarakat dalam menentukan indikator sosial (indikator evaluasi partisipatif) (Yudha, 2019). Dalam melaksanakan metode *Participatory Rural Appraisal* (PRA), penerapan program pengabdian masyarakat ini dapat dilihat pada Gambar 2.

**Gambar 2.** Tahapan pelaksanaan program kemitraan masyarakat

Penerapan metode PRA dalam pelaksanaan pembangunan instalasi biogas dibagi menjadi beberapa tahap sebagai berikut:

1. Survei dan wawancara: Tahap ini adalah kegiatan untuk menganalisa kondisi masyarakat yang menjadi tujuan melalui survei dan wawancara langsung dengan masyarakat. Program pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg) oleh Tim PKM-PM cocok untuk diterapkan.
2. Persiapan dan kerangka kerja: Tahap menyusun kerangka kerja PKM-PM secara sistematis, membuat dan penyampaian surat perizinan pelaksanaan program instalasi biogas. Melakukan persiapan untuk pembelian bahan dan barang yang diperlukan dalam instalasi biogas.
3. Sosialisasi pengenalan: Melakukan pendekatan kepada masyarakat mitra melalui sosialisasi. Sosialisasi ini dilakukan dengan metode musyawarah, di mana dalam kegiatan tersebut dijelaskan mengenai pengenalan program dan pemahaman tentang potensi kotoran sapi yang dapat dimanfaatkan menjadi biogas untuk menghasilkan listrik.
4. Rencana pelaksanaan program: Merencanakan kegiatan yang akan dilaksanakan, menyusun *timeline* yang sistematis, rencana desain dan kapasitas instalasi biogas, serta koordinasi dengan pak RT tempat untuk pelaksanaan program PKM-PM. Penentuan kapasitas digester pada tahap perencanaan dilakukan dengan mempertimbangkan potensi limbah ternak yang tersedia, kebutuhan energi awal masyarakat, serta aspek operasional dan keberlanjutan sistem melalui pendekatan implementasi bertahap. Digester menggunakan

toren dengan kapasitas total 1000 liter (1 m^3). Namun, volume kerja digester ditetapkan sebesar 80% dari kapasitas total untuk menyediakan ruang akumulasi gas, sehingga volume efektif substrat dalam reaktor adalah sekitar $0,8 \text{ m}^3$.

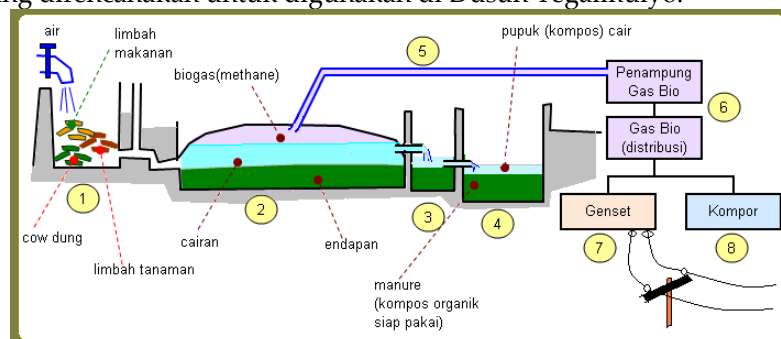
5. Implementasi program: Meliputi tahap pembuatan instalasi biogas, di mana proses kegiatan pemasangan oleh Tim PKM-PM bekerja sama dengan 7 masyarakat Tegal Mulyo dalam berbagai kegiatan seperti pembuatan instalasi biogas, pengisian digester biogas dan pemanfaatan biogas menjadi listrik.
6. Pelatihan program: Memberikan edukasi dalam kegiatan pengisian digester, lama produksi gas, instalasi sistem biogas, pemanfaatan biogas menghasilkan listrik, pemeliharaan instalasi biogas sehingga dapat berkelanjutan, serta pembentukan tim pengurus penanggung jawab
7. Penyerahan Buku Pedoman Mitra: Buku pedoman mitra digunakan mitra sebagai panduan operasional yang sesuai dengan tujuan program. Buku ini berisi cara pengoprasian alat dengan baik dan perawatan instalasi biogas.
8. Evaluasi: Tahap evaluasi melibatkan tim, dosen pendamping, dan mitra untuk menganalisis hasil pelaksanaan, mengevaluasi efektivitas strategi, serta memberikan rekomendasi perbaikan dan pengembangan program PKM-PM.

3. Hasil

Program PKM-PM dilaksanakan di Dusun Tegalmulyo, Desa pasir Putih, Kecamatan Bungatan, Kabupaten Situbondo dengan mitra warga dusun Tegalmulyo. Kegiatan dilaksanakan secara offline dan Tim PKM-PM Bio Sustain Energy berhasil dilaksanakan dengan lancar sesuai jadwal yang telah ditetapkan bersama. Program PKM-PM Bio Sustain Energy terdiri dari beberapa tahapan kegiatan dengan survei dan Wawancara pada tanggal 8, 14, dan 17 Februari 2024, Persiapan dan kerangka kerja pada tanggal 5 Mei hingga 28 Mei 2024, Sosialisasi pengenalan pada tanggal 28 Mei 2024, Rencana pelaksanaan program pada tanggal 20 Mei hingga 7 Juni 2024, Implementasi program biogas berlangsung dari 8 Juni hingga 12 Juni 2024, Pelatihan program pada tanggal 11 Juni hingga 13 Juni 2024 dan 24 Juli 2024, lalu Penyerahan Buku Pedoman Mitra pada 26 Juli tanggal 2024. Seluruh kegiatan PKM-PM dilaksanakan selama minggu terhitung dari 5 Mei hingga akhir Agustus.

Tahap pertama adalah Tahap survei dan wawancara yang telah tim PKM-PM Bio Sustain Energy lakukan pada tanggal 8, 14, dan 17 Februari 2024 di Dusun Tegalmulyo, Desa Pasir Putih, Kecamatan Bungatan, Kabupaten Situbondo. Tujuan kunjungan ini adalah mengumpulkan data informasi mengenai salah satu dusun yang tidak memiliki akses listrik dari PLN, mengamati kondisi masyarakat yang terletak di lereng bukit tandus dan berbatu. Mengumpulkan data potensi peternakan sapi yang dapat dimanfaatkan untuk inovasi digester biogas, sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg). Kegiatan ini melibatkan kepala dusun dan masyarakat sekitar untuk melakukan wawancara.

Selanjutnya tahap persiapan dan kerangka kerja pada tanggal 5 Mei hingga 28 Mei 2024. Tahap ini berisikan pembagian kerja anggota yang jelas, persiapan materi yang disampaikan saat sosialisasi, penyusunan *timeline* kegiatan, konsep tentang instalasi biogas, pembuatan surat perizinan, penyampaian surat perizinan dan konsultasi dengan perangkat desa, persiapan untuk pembelian bahan dan barang. Tujuan kegiatan ini adalah memudahkan pelaksanaan PKM PM agar berjalan sistematis. Pada gambar berikut, dapat dilihat *layout* rancangan sederhana dari instalasi pembangkit listrik biogas yang direncanakan untuk digunakan di Dusun Tegalmulyo.



Gambar 3. Rencana Instalasi Pembangkit Biogas

Bagian ini dapat dibagi dengan *subheading*. Ini harus memberikan deskripsi singkat dan tepat tentang hasil eksperimen, interpretasinya, serta kesimpulan eksperimen yang dapat ditarik.

Penjelasan Singkat komponen-komponen pembangkit listrik biogas yang akan digunakan di Dusun Tegalmulyo antara lain:

- a. *Inlet* (Saluran Masuk *Slurry*)

Inlet berfungsi sebagai saluran memasukan bahan baku berupa kotoran sapi dan air. Sebagai tempat pengadukan untuk mencampur bahan baku tersebut. Alat pengadukan terbuat dari besi.

b. Reaktor (Digester)

Reaktor yang digunakan untuk menghasilkan biogas di Dusun Tegalmulyo merupakan tipe skema *Fiberglass Fixdome*. Model ini menggunakan material *fiberglass* sebagai bahan utama konstruksinya dan seluruh struktur digester dibangun di dalam tanah. Penempatan di dalam tanah membantu menjaga suhu stabil, mendukung pertumbuhan bakteri.

- Volume total digester = (lama proses x aliran bahan) / 80%.
- 16 ekor sapi @kotoran sapi 25 kg/hari = 400 kg
- Perbandingan air dan kotoran sapi 1:1, maka aliran perhari adalah 400 kg kotoran + 400liter air = 800liter *slurry*
- Lama proses 10-40 hari Sehingga:
Volume basah = 800liter x 1 = 800liter
Volume total = 800liter / 80% = 1000 liter = 1m³
- Dengan proses pengisian yang digunakan adalah proses pengisian kontinyu

Digester yang direncanakan dan digunakan untuk Pembangunan di Dusun Tegalmulyo memiliki kapasitas maksimal sebesar 1m³.

c. *Outlet* (Saluran Keluaran Residu)

Outlet berfungsi untuk mengalirkan sisa bahan yang telah difermentasi oleh bakteri dalam reaktor. Residu yang pertama keluar merupakan *slurry* masukan awal dan residu yang selanjutnya berupa pupuk organik.

d. Katup Pengaman Tekanana (*Control Valve*)

Katup pengaman ini digunakan sebagai pengatur tekanan gas dalam biodigester.

e. Saluran Gas

Saluran gas sebaiknya dibuat menggunakan bahan polimer untuk mencegah terjadinya korosi.

f. *Water Trap*

Filter ini berfungsi untuk menghilangkan uap air yang terkandung dalam biogas. Uap air yang ada dalam biogas dapat menyebabkan korosi pada peralatan.

g. Penampung Biogas

Penampung gas merupakan ruang kedap udara yang berfungsi untuk menyimpan biogas hasil proses biodigester sebelum dialirkan ke genset biogas. Kapasitas total penampung gas dirancang sebesar 3 m³ dengan di buat 2 penampung gas.

h. Generator (Genset) Biogas

Generator biogas yang akan digunakan memiliki daya 1 kW dan dilakukan modifikasi pada bagian karburator dengan menggantinya menggunakan karburator yang dirancang khusus untuk gas.

Berikutnya, melaksanakan tahap sosialisasi program pada tanggal 28 Mei 2024 di teras rumah Pak RT Dusun Tegalmulyo yang melibatkan mitra masyarakat sebagai mitra. Masyarakat umumnya pagi hari sudah berangkat kerja sehingga sosialisasi dilaksanakan pada siang hari. Warga yang hadir sebanyak 21 orang.



Gambar 4. Sosialisasi Pemanfaatan Kotoran Sapi Menjadi Listrik

Berdasarkan Gambar 4. dapat diketahui bahwa sosialisasi tersebut dihadiri oleh bapak-bapak dan ibu- ibu dari Dusun Tegalmulyo. Materi sosialisasi yang diberikan adalah pengenalan program PKM yang akan dilaksanakan,

pemahaman terkait kotoran sapi yang dapat menghasilkan listrik, proses pembuatan biogas. Masyarakat sangat antusias ketika sosialisasi. Hal ini karena masyarakat mengajukan banyak pertanyaan, dan terjalannya diskusi antara tim dan warga. Diharapkan setelah sosialisasi masyarakat mengetahui program dan memahami pemanfaatan biogas. Selain itu, masyarakat bersemangat untuk mewujudkan pembangunan PLTBg dengan hasil akhir listrik.

Setelah itu, tahap rencana pelaksanaan program yang dilaksanakan pada tanggal 20 Mei hingga 7 Juni 2024. Kegiatan awal adalah menyusun *timeline* kegiatan yang detail untuk memastikan kelancaran program. Selain itu, melakukan pengadaan alat dan bahan yang dibutuhkan, baik melalui pembelian secara *offline* di toko bangunan maupun pembelian melalui *e-commerce*. Pembuatan desain instalasi sebagai panduan dalam proses pembangunan. Selanjutnya melakukan koordinasi yang baik dengan Pak RT dan kepala dusun untuk menentukan tempat yang sesuai untuk peletakan biodigester seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Perizinan dan Konsultasi dengan Perangkat Desa

Kemudian, tahap implementasi program yang dilaksanakan pada tanggal 8 Juni hingga 12 Juni 2024 di Dusun Tegalmulyo, Desa pasir Putih, Kecamatan Bungatan. Pada tahap proses pembuatan instalasi biogas tim PKM-PM bekerja sama dengan 7 masyarakat Tegal Mulyo. Proses membangun instalasi dibagi menjadi beberapa tahap yaitu membuat *layout*, penggalian lubang, pembuatan bak *inlet* dan *outlet*, instalasi pipa gas. Tahap pertama yaitu membuat gambar *layout* letak *inlet*, *reaktor* dan *outlet*. Selanjutnya, tahap penggalian tanah sesuai gambar. Tanah digali dengan kedalaman 140 cm dan diameter 110 cm. Peletakan lubang tanah dibuat di dekat kandang sapi agar mudah dalam pengisian kotoran ke dalam digester. Proses ini menghabiskan waktu 1 hari. Digester yang digunakan adalah tandon air berkapasitas 1000 liter. Tandon diberi lubang bagian kiri dan kanan sebagai saluran *inlet* dan *outlet*, di mana ketinggian *outlet* ± 20 cm dari bawah dan ketinggian *inlet* ± 110 cm. Selanjutnya tandon dimasukkan ke dalam lubang galian lalu pipa paralon 4 dim dimasukkan kedalam 2 lubang kanan kiri tandon dan diberi lem sebagai perekat, dipastikan tidak ada kebocoran. Tutup tandon di bagian atas dan dilem mengelilingi tutupnya agar kedap udara. Dilanjutkan dengan menimbun tanah ke sela sela tandon pada lubang galian Proses pembuatan digester dengan dibantu oleh Masyarakat diperlihatkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Kegiatan Penggalian dan Pembuatan Digester

Setelah pembuatan digester selesai, selanjutnya pemasangan instalasi pipa menuju genset. Tutup tandon yang sebelumnya telah diberi lubang disambung dengan pipa tersambung dengan *water trap*, selanjutnya pipa tersambung ke input penampung gas. Penampung gas yang terbuat dari plastik UV dengan jumlah 3 biji, lalu lubang output penampung disambung ke input karburator genset dengan selang gas.

Sesudah instalasi biogas selesai dibangun, tahap berikutnya dalam pembuatan instalasi biogas adalah monitoring instalasi untuk memastikan keamanan dan kesiapan instalasi dalam pengolahan biogas. Monitoring mencakup pengecekan terhadap bak digester dan instalasi perpipaan untuk memastikan tidak terdapat kebocoran. Setelah instalasi biogas cukup kuat, tahap selanjutnya yang dilakukan adalah pelatihan penggunaan instalasi biogas

yang dilaksanakan pada tanggal 11 Juni hingga 13 Juni 2024 dan 24 Juli 2024. Pelatihan dihadiri oleh masyarakat sekitar, pemilik kandang sapi, bapak RT dan kepala dusun. Pelatihan penggunaan instalasi biogas mencakup materi:

a. Proses pengisian digester

Kapasitas biodigester sebesar 1m^3 , dengan tingkat pengisian maksimal 80% dari volumenya. Total kotoran sapi yang dapat ditampung adalah 540,74 kg per hari, berdasarkan perhitungan volume biodigester sebesar $0,8\text{ m}^3$ yang dikalikan dengan massa jenis kotoran sapi sebesar $1.351,85\text{ kg/m}^3$. Saat instalasi telah selesai dibuat, mulai dilakukan proses pengisian digester dengan langkah sebagai berikut:

1. Mengumpulkan kotoran sapi yang terdapat pada kandang sapi masyarakat, kemudian memasukkan kotoran sapi ke bak *inlet*. Selanjutnya mengaduk kotoran sapi dengan air dengan perbandingan 1:1 sampai berbentuk lumpur (*slurry*), di mana 1 liter air dan kotoran sapi 1 kg.
2. Mengalirkan lumpur (campuran kotoran sapi dengan air) melalui pipa ke dalam bak digester. Pada pengisian awal dibutuhkan kotoran sapi dalam jumlah yang banyak hingga memenuhi sekitar 80% volume bak digester atau ditandai keluarnya hasil campuran di pipa menuju bak *outlet*. *Slurry* yang sudah dimasukkan ke dalam reaktor biogas akan mengalami proses fermentasi *anaerobik*, yaitu fermentasi yang terjadi tanpa kehadiran oksigen.
3. Selama proses fermentasi *anaerobik* membentuk gas gas. Lalu gas yang dihasilkan pada hari ke-1 hingga ke-8 dibuang karena sebagian terdiri CO_2 . Namun, pada hari ke-10 hingga ke-14, komposisi gas berubah dengan terbentuknya metana (CH_4) dan penurunan konsentrasi CO_2 . Pada tahap ini, komposisi gas rata-rata adalah 54% metana dan 27% CO_2 maka biogas akan dapat menyala.
4. Setelah proses berlangsung selama 14 hari dapat menghasilkan sebuah energi biogas. Gas yang terbentuk lalu disalurkan ke penyimpanan, lanjut dimanfaatkan untuk mengoperasikan genset sebagai sumber listrik dan dapat disalurkan ke kompor gas untuk keperluan memasak.
5. Selanjutnya, pengisian digester dengan kotoran sapi dilakukan secara berkala sehingga dapat menghasilkan biogas secara terus menerus.

b. Pengoprasian instalasi biogas

Tahap ini dilakukan pelatihan mencakup cara membaca produktivitas gas apabila terbentuk, cara melihat gas yang akan habis, perawatan instalasi biogas, cara mengidentifikasi terjadinya kebocoran digester maupun pipa penyalur gas. Kegiatan dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Proses Pelatihan Penggunaan Instalasi Biogas

Proses dilanjutkan dengan pemasangan genset yang telah dimodifikasi. Modifikasi meliputi penggantian karburator yang dirancang khusus untuk gas dan mengatur ulang *timing ignition* dengan memajukannya. Penyetelan dilakukan dengan cara menggeser pulser pengapian berlawanan dengan arah putar rotor. Genset yang telah dimodifikasi dapat dihubungkan dengan pipa instalasi biogas. Kemudian pemasangan PJU dilakukan di sepanjang jalan, di kandang ternak yang dekat dengan PLTBg serta rumah warga yang bertanggung jawab atas PLTBg. Dengan menghasilkan biogas sebesar $8,65\text{ m}^3$ per hari, kebutuhan listrik sebesar 1.866 Wh per hari di Dusun Tegalmulyo dapat terpenuhi. Kegiatan pemasangan PJU dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Proses Pemasangan Penerangan Jalan Umum

Pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat ini menunjukkan potensi hasil manfaat, antara lain: kotoran yang dulu dianggap limbah kini diolah menjadi biogas untuk energi listrik, mengurangi pencemaran lingkungan serta meningkatkan kesehatan warga dan kesejahteraan petani berkat manfaat pupuk organik dari biogas. Selain itu, dapat mengurangi pengeluaran untuk energi konvensional di Dusun Tegalmulyo. Instalasi biogas tersebut turut meningkatkan efektivitas kegiatan mengaji, beribadah, belajar, dan aktivitas lainnya bagi warga Dusun Tegalmulyo pada malam hari.

Tahap akhir kegiatan pengabdian masyarakat ini adalah memastikan keberlanjutan atas perawatan atas instalasi biogas dengan metode PRA. Beberapa bentuk langkah yang diambil dengan pembentukan kelompok yang bertanggung jawab atas instalasi serta pembuatan buku pedoman mitra yang berisi materi cara mengoperasikan alat dengan baik dan perawatan instalasi biogas. Penyerahan buku pedoman yang dilaksanakan pada tanggal 26 Juli 2024 yang diberikan kepada kepala dusun dan penanggung jawab PLTBg. Berikut kegiatan penyerahan buku pedoman dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Pembangkit Listrik Tenaga Biogas

Diketahui bahwa seekor sapi dapat menghasilkan limbah sekitar 25-30 kg per hari. Proses konversi kotoran sapi menjadi biogas dapat dilihat pada Tabel 2, yang diperoleh dari Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian, Badan Litbang Pertanian, Departemen Pertanian:

Tabel 2. Kandungan Bahan Kering dan Volume Gas yang Dihasilkan Tiap Jenis Kotoran

Jenis	Banyak Tinja (Kg/hari)	Kandungan Bahan Kering- BK (%)	Biogas yang dihasilkan (m ³ /kg.BK)
Gajah	30	18	0,018-0,025
Sapi/Kerbau	25-30	20	0,023-0,040
Kambing/Domba	1,48	26	0,040-0,059
Ayam	0,18	28	0,065-0,116
Itik	0,34	38	0,065-0,116
Babi	7	9	0,040-0,059
Manusia	0,25-0,4	23	0,020-0,028

Sumber: (BBMKP, 2008)

Berdasarkan tabel di atas, biogas yang dapat dihasilkan dari limbah kotoran sapi di Dusun Tegalmulyo dihitung adalah: total limbah kotoran sapi mencapai 1.081,48 kg per hari. Dengan kandungan bahan kering sebesar 20%, total

bahan kering yang dihasilkan adalah $1.081,48 \text{ kg/hari} \times 0,20$, yaitu $216,2 \text{ kg/hari}$. Selanjutnya, jumlah biogas yang dihasilkan setiap hari dapat dihitung sebagai $216,2 \text{ kg/hari} \times 0,04 \text{ m}^3/\text{kg}$ bahan kering (BK), sehingga menghasilkan $8,65 \text{ m}^3$ biogas per hari.

Dalam buku *Renewable Energy Conversion: Transmsision and Storage*, Bent Sorensen, disebutkan bahwa 1 Kg gas metana setara dengan $6,13 \times 10^7 \text{ Joule}$, sementara 1 kWh setara dengan $3,6 \times 10^7 \text{ Joule}$. Dengan massa jenis gas metan $0,656 \text{ kg/m}^3$, maka 1 m^3 gas metana dapat menghasilkan energi listrik sebesar $11,17 \text{ kWh}$. Oleh karena itu, energi listrik yang dihasilkan dari limbah kotoran sapi dapat dihitung berdasarkan perhitungan ini.

- Massa jenis gas metana sebesar $0,656 \text{ kg/m}^3$
- Sehingga gas metana yang terbentuk adalah $8,65 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,656 \text{ kg/m}^3 = 5,675 \text{ kg/hari}$
- Konversi energi 1 kg gas metana menjadi Joule sebesar $6,13 \times 10^7 \text{ Joule}$
- Sehingga energi yang dihasilkan adalah $5,675 \text{ kg/hari} \times 6,13 \times 10^7 \text{ joule}$ menghasilkan $34,79 \text{ Joule/hari}$
- 1 kWh setara dengan $3,6 \times 10^6 \text{ Joule}$
- Maka kWh yang dihasilkan adalah $3.479,15 \times 10^6 \text{ J} \div 3,6 \times 10^6 \text{ J} = 96,6 \text{ kWh}$

Nilai $96,6 \text{ kWh}$ tersebut merupakan potensi energi teoritis maksimum berdasarkan konversi metana. Namun, dalam implementasinya pemanfaatan energi disesuaikan dengan kapasitas genset biogas sebesar 1 kW sehingga daya listrik yang digunakan mengikuti kebutuhan riil masyarakat.

Pada tahap ini, daya listrik di PLTBg dioptimalkan untuk penerangan kandang ternak sapi, PJU dan satu rumah warga. Pemanfaatan energi listrik tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Tabel Kebutuhan Listrik

No	Peralatan	Durasi Penggunaan (jam/hari)	Konsumsi Energi (Wh/hari)
1.	PJU (5 unit@ 20 watt)	12	1200 Wh
2.	Lampu kandang ternak sapi (3 unit@ 10 watt)	12	360 Wh
3.	Lampu di 1 rumah (2 unit@ 10 watt)	13	240 Wh
4.	Charger HP 33 watt	2	66 Wh
Total Konsumsi dalam sehari			1866 Wh

4. Pembahasan

Hasil kegiatan menunjukkan bahwa pemanfaatan kotoran sapi di Dusun Tegalmulyo berpotensi menghasilkan biogas sebesar $8,65 \text{ m}^3/\text{hari}$ yang ekuivalen dengan energi listrik teoritis sekitar $96,6 \text{ kWh}$ per hari. Nilai tersebut merupakan potensi maksimum berdasarkan konversi metana tanpa mempertimbangkan komposisi riil biogas dan efisiensi sistem pembangkitan. Dalam implementasinya, pemanfaatan energi dibatasi oleh kapasitas genset biogas sebesar 1.000 watt (1 kW) serta kebutuhan riil masyarakat sebesar 1.866 Wh per hari.

Temuan tersebut konsisten dengan penelitian Paniran et al. (2023), yang melaporkan bahwa digester berkapasitas 8 m^3 mampu menghasilkan energi listrik setara $2,67 \text{ m}^3/\text{kWh}$ untuk penggunaan selama empat jam. Selain itu, hasil ini juga mendukung temuan Cahyono dan JAR (2023) yang menegaskan bahwa limbah sapi merupakan bahan baku yang efektif dalam produksi biogas.

Selain kapasitas digester ($\pm 1 \text{ m}^3$) dan genset 1 kW sebagai pembatas sistem, kandungan metana rata-rata $\pm 54\%$, efisiensi konversi genset $20\text{--}30\%$, serta potensi kehilangan energi pada penyimpanan dan distribusi gas memengaruhi besaran energi listrik aktual, sehingga selisih antara potensi teoritis dan energi yang dimanfaatkan merupakan konsekuensi teknis, bukan inkonsistensi perhitungan. Kapasitas tersebut telah mencukupi kebutuhan dasar penerangan PJU, kandang ternak, dan satu rumah warga, namun cakupannya masih terbatas sehingga pengembangan skala dan peningkatan efisiensi diperlukan.

Dari sisi sosial, penerapan metode Participatory Rural Appraisal (PRA) meningkatkan partisipasi dan keberlanjutan program, serta memberikan manfaat tambahan berupa pupuk organik, meskipun aspek pemeliharaan dan pengelolaan operasional tetap perlu diperhatikan.

Secara lebih luas, implementasi biogas di Dusun Tegalmulyo tidak hanya memberikan manfaat praktis berupa penyediaan energi alternatif, tetapi juga memiliki dampak strategis bagi pembangunan berkelanjutan desa. Program ini dapat dilihat sebagai langkah awal dalam menciptakan kemandirian energi, meningkatkan kualitas hidup

masyarakat, serta memperkuat kesadaran akan pentingnya pemanfaatan energi terbarukan. Dengan demikian, terdapat sejumlah implikasi penting yang dapat ditarik dari hasil kegiatan ini, yaitu:

- Mengurangi ketergantungan pada pasokan listrik PLN di daerah terpencil.
- Menyediakan solusi energi terbarukan yang ramah lingkungan.
- Menjadi model pemberdayaan masyarakat desa berbasis energi terbarukan.

Adapun arah pengembangan ke depan perlu diarahkan pada beberapa aspek utama, antara lain:

- Peningkatan kapasitas digester dan sistem penampungan gas.
- Diversifikasi pemanfaatan biogas, tidak hanya untuk listrik, tetapi juga untuk memasak atau penggerak mesin pertanian.
- Integrasi dengan sumber energi terbarukan lain, seperti sistem *hybrid* biogas–surya, guna meningkatkan keandalan pasokan energi.
- Kajian lebih lanjut terkait efisiensi teknis dan kelayakan ekonomi guna memperkuat dasar implementasi pada skala lebih luas.

5. Kesimpulan

Kegiatan pengabdian masyarakat ini menghasilkan biogas sebesar 8,65 m³/hari dengan potensi energi listrik teoritis sekitar 96,6 kWh per hari. Pemanfaatan energi disesuaikan dengan kapasitas genset 1 kW dan kebutuhan riil sebesar 1.866 Wh per hari untuk 6 titik PJU, 2 kandang ternak, dan 1 rumah warga, sehingga kebutuhan dasar penerangan dapat terpenuhi secara bergantian. Program berjalan efektif melalui pembentukan kelompok pengelola dan penyusunan buku pedoman, serta pelatihan operasional dan perawatan instalasi. Selain menyediakan energi alternatif, kegiatan ini memberikan dampak lingkungan dan ekonomi melalui pengurangan limbah ternak serta pemanfaatan residu biogas sebagai pupuk organik. Program ini menunjukkan bahwa PLTBg berbasis partisipasi masyarakat berpotensi menjadi model kemandirian energi desa.

Ucapan Terima Kasih: Tim mengucapkan terima kasih yang sebesar besarnya kepada Kemendikbud Ristek, Dit. APTV, Direktorat Belmawa, Puspresnas, BPTI, serta Politeknik Negeri Jember yang telah memberikan bantuan berupa dana, fasilitas pendukung, serta dukungan secara moral selama kegiatan PKM-PM sehingga tim dapat berhasil mengimplementasikan program pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg) dengan mengolah limbah kotoran sapi di Dusun Tegalmulyo, Desa Pasir Putih, sehingga dapat memanfaatkan kotoran sapi menjadi tenaga listrik.

Referensi

- [1] A. Widiyanto and B. C. Purnomo, "Mewujudkan Desa Gedangan sebagai desa mandiri energi melalui konversi energi biogas-listrik," *Community Empowerment*, vol. 6, no. 11, pp. 2063–2071, 2021. <https://doi.org/10.31603/ce.5299>
- [2] Aji K. P. and Bambang A. N., "Konversi Energi Biogas Menjadi Energi Listrik Sebagai Alternati Energi Terbarukan dan Ramah Lingkungan di Desa Langse, Kecamatan Margorejo Kabupaten Pati," in *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri, Lingkungan dan Infrastruktur (SENTIKUIN)*, vol. 2, pp. B4.1–B4.7, 2019.
- [3] B. R. Japutra, et al., "Pemanfaatan Kotoran Ternak dengan Penambahan Limbah Pasar sebagai Energi Alternatif untuk Pembangkit Listrik Tenaga Biogas di Desa Sibrama Kabupaten Banyumas," *Jurnal Abdi Masyarakat Indonesia*, vol. 4, no. 4, pp. 769–776, 2024. <https://doi.org/10.54082/jamsi.1169>
- [4] B. Sorensen, *Renewable Energy Conversion, Transmission and Storage*. Elsevier, 2007. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374262-9.X5001-0>
- [5] Balai Besar Pengembangan Mekanisme Pertanian, *Badan Litbang Pertanian, Departemen Pertanian*, 2008.
- [6] F. Hadidjah Elly, et al., "Teknologi Biogas Dengan Bahan Baku Bersumber Dari Limbah Sapi," in *Prosiding SNITT POLTEKBA*, vol. 4, pp. 455–459, 2020. [Online]. Available: jurnal.poltekba.ac.id
- [7] N. Indriyani, et al., "Pemanfaatan Kotoran Ternak Sebagai Biogas Dan Pupuk Organik Di Desa Klasmelek," *Jurnal ABDIMASA Pengabdian Masyarakat*, vol. 5, no. 1, pp. 69–74, 2022.
- [8] N. Nurjannah, L. Ifa, and F. Jaya, "Production of solid organic fertilizer from biogas slurry waste," *AIP Conference Proceedings*, vol. 2595, no. 1, 2023. doi:10.1063/5.0124458
- [9] Paniran, Rosmaliati, and A. Natsir, "Biogas untuk Menghasilkan Energi Listrik," *Dielektrika*, vol. 10, no. 2, pp. 118–126, 2023. <https://doi.org/10.29303/dielektrika.v10i2.355>
- [10] Rifky, O. Heriyani, and Mugisidi, "Pendayagunaan Potensi Kotoran Kambing Menjadi Biogas Pada Peternakan Bina Mandiri Farm Solear Tangerang Banten," *Bantenese: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, vol. 5, no. 2, pp. 370–377, 2023. <https://doi.org/10.30656/ps2pm.v5i2.7570>

- [11] S. P. Lohani, et al., "Anaerobic co-digestion of food waste, goat and chicken manure for sustainable biogas production," *International Journal of Energy Applications and Technologies*, vol. 7, no. 4, pp. 120–125, 2020. <https://doi.org/10.31593/ijeat.748982>
- [12] T. Farihah, "Peningkatan Kesadaran Lingkungan Masyarakat Dusun Somodaran Desa Purwomartani Kecamatan Kalasan Kabupaten Sleman Melalui Pembuatan Biogas Dari Kotoran Sapi," *APLIKASIA: Jurnal Aplikasi Ilmu-ilmu Agama*, vol. 19, no. 1, pp. 69–77, 2019.
- [13] V. Yudha, "Participatory Rural Appraisal Dalam Praktik Desa Wisata," *Desa Bisa*, 2019.
- [14] Y. H. Cahyono and N. T. JAR, "Efektifitas Kombinasi Limbah Sayur dan Kotoran Sapi Sebagai Bahan Utama Pembuatan Biogas dalam Digester Anaerob," *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 2, no. 4, pp. 719–729, 2023. <https://doi.org/10.55123/insologi.v2i4.2275>