

Pendampingan Kelompok Tani Dalam Pengembangan Energi Terbarukan Biogas dan Panel Surya di Kawasan Taman Nasional Baluran Kabupaten Situbondo

Azka Dyera Nurriszky¹, Dimas Firmanda Al Riza², Anang Lastriyanto³, Anggun Trisnanto⁴, Nanang Febrianto⁵, Mahmuddin Ridlo⁶

^{1,2,3} Departemen Teknik Biosistem, Fakultas Teknologi Agroindustri dan Biosistem, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia

⁴ Departemen Politik, Pemerintahan, dan Hubungan Internasional, Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia

⁵ Departemen Peternakan, Fakultas Sains dan Teknologi Peternakan, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia

⁶ Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Agroindustri dan Biosistem, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia

*e-mail: azkadyeran@gmail.com

Abstrak

Dusun Merak yang terletak di dalam kawasan Taman Nasional Baluran menghadapi tantangan serius terkait keterbatasan infrastruktur dasar, akses air bersih, serta tekanan ekologis akibat populasi ternak sapi yang masif. Penumpukan kotoran sapi harian dan intensitas radiasi matahari yang melimpah belum dimanfaatkan secara optimal oleh masyarakat. Program pengabdian masyarakat berkelanjutan ini bertujuan untuk melakukan pendampingan kelembagaan kelompok tani, mengintroduksi teknologi tepat guna berupa biogas untuk pengolahan limbah menjadi pupuk hayati, serta melakukan hilirisasi irigasi air berbasis pompa air tenaga surya (PATS) pada fasilitas umum. Metode pelaksanaan program menggunakan pendekatan Integrated Farming System (IFS) dengan prinsip Sustainable Livelihood. Berdasarkan hasil analisis pada tahap persiapan, slurry padat memiliki potensi nutrisi organik tinggi. Hasil implementasi program pengabdian masyarakat menunjukkan terbentuknya kelompok tani, berjalannya program pemanfaatan slurry padat sebagai media pupuk dalam pembibitan 250 tanaman sayur (100 cabai, 100 tomat, 50 kubis), serta tersedianya fasilitas air bersih berbasis tenaga surya. Program kolaboratif ini berhasil menginisiasi kemandirian energi, mengurangi dampak pencemaran lingkungan dengan, dan meningkatkan kapasitas adaptasi ekonomi masyarakat lokal wilayah Dusun Merak, Desa Sumberwaru, Kecamatan Banyuputih, Kabupaten Situbondo, Jawa Timur dengan memberdayakan masyarakat Kelompok Tani.

Kata kunci: Biogas; Dusun Merak; Kelompok Tani; Ketahanan Ekonomi; Pompa Air Tenaga Surya; Taman Nasional Baluran;

Abstract

Merak Hamlet, located within Baluran National Park, faces serious challenges regarding limited basic infrastructure, access to clean water, and ecological pressure caused by a massive cattle population. The community has not yet optimally utilized the daily accumulation of cattle manure or the abundant solar radiation. This sustainable community service program aims to provide institutional support to farmer groups, introduce appropriate biogas technology to convert waste into bio-fertilizer, and implement solar-powered water pump (PATS) irrigation systems for public facilities. The program employs an Integrated Farming System (IFS) approach based on Sustainable Livelihood principles. Analysis during the preparatory phase revealed that the solid slurry possesses high organic nutrient potential. Implementation results include the formation of a farmer group, the successful use of solid slurry as fertilizer for the nursery cultivation of 250 vegetable plants (100 chili, 100 tomato, and 50 cabbage plants), and the provision of solar-powered clean water facilities. By empowering the farmer group, this collaborative program has successfully initiated energy self-sufficiency, reduced environmental pollution, and enhanced the economic adaptive capacity of the local community in Merak Hamlet, Sumberwaru Village, Banyuputih District, Situbondo Regency, East Java.

Keywords: Biogas; Merak Hamlet; Farmer Group; Economic Resilience; Solar-Powered Water Pump; Baluran National Park;

1. PENDAHULUAN

Pembangunan wilayah 3T (Tertinggal, Terdepan, dan Terluar) dan daerah terpencil sering kali menghadapi kendala keterbatasan infrastruktur dasar. Fenomena ini terlihat jelas di Dusun Merak, Desa Sumberwaru, Kecamatan Banyuputih, Kabupaten Situbondo, Jawa Timur. Sebagai wilayah *enclave* yang berada di dalam kawasan konservasi Taman Nasional (TN) Baluran, Dusun Merak terisolasi dari akses jalan poros utama, fasilitas kesehatan, pendidikan, serta jaringan listrik konvensional. Keterbatasan akses geografis ini berbanding terbalik dengan potensi subsektor peternakan yang berkembang pesat di masyarakat. Kampung yang masuk kedalam zona pemanfaatan Taman Nasional (TN) Baluran ini memiliki luas 336 hektare dan dihuni 700 jiwa atau 300 kepala keluarga (KK) dengan mata pencaharian mayoritas beternak dengan cara lepas liarkan di alam tanpa perlu diberi pakan khusus. Secara geografis, wilayah sekitar dan potensi Di sebelah timur Dusun Merak, terdapat Dusun Lempuyang dan Sirondo. Dusun Lempuyang berjarak sekitar 7 km dari Dusun Merak. Dusun Sirondo terletak sekitar 3 km dari Lempuyang. Beberapa potensi destinasi wisata menarik seperti Pantai Sijile, bilik, kakapa, dan bama dengan keunikan sistem penggembalan tradisional di Dusun Merak menjadi daya Tarik tersendiri tentang bagaimana masyarakat dapat beradaptasi dan berhubungngna baik dengna sisi ekologis tanpa merusak ekosistem konservasi.

Saat ini, total populasi ternak sapi di kawasan Dusun Sidomulyo dan Dusun Merak mencapai 4.169 ekor, di mana sekitar 3.000 ekor berada di wilayah Dusun Merak dengan variasi kepemilikan berkisar antara 4 hingga 30 ekor per Kepala Keluarga (KK). Namun, tingginya populasi sapi memicu konflik ekologis dengan tata ruang konservasi. Sejak tahun 1960, masyarakat memiliki kultur melepasliarkan ternaknya ke dalam hutan lindung untuk mencari pakan, terutama saat musim kemarau panjang melanda ekosistem savana Baluran. Kehadiran ribuan sapi domestik ini mengganggu habitat satwa endemik seperti macan tutul, kerbau, dan banteng liar. Banteng liar yang sangat sensitif terhadap aktivitas manusia dan ternak cenderung menghindari area penggembalaan, sehingga mengganggu pola makan, kebugaran, dan reproduksi jangka panjang mereka.

Aktivitas peternakan tersebut menimbulkan permasalahan memproduksi limbah kotoran sapi hingga mencapai 20 ton setiap harinya yang belum dikelola dan berpotensi mencemari lingkungan pemukiman. Limbah ternak secara fisik menurut (Daize *et al.*, 1990 dalam Fardhany, 2015) umumnya merupakan sisa produkyang menjadi media fisik, kimia, dan biologis bagi makhluk mati maupun hidup selama proses akan menurunkan mutu. Fardhany (2015) limbah ternak secara fisik memiliki bentuk yang tidak menark dan mengeluarkan bau busuk sehingga dapa mempengaruhi kehidupan makhluk lainnya. Secara kimia limbah ternak mengandung berbagai macam zat yang dapat berubah menjadi zat lain dan memberikan dampak yang berbeda. Ditinjau secara biologis, limbah ternak mengandung berbagai zat nutrisi dan unsur hara yang siap digunakan oleh berbagai biota yang bertempat tinggal dan berkembanganng biak. Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukannya teknologi dan rekayasa tepat guna untuk meminimalisir serta mengubah limbah kotoran ternak tersebut menjadi sumber daya hayati yang dapat bermanfaat untuk masyarakat.

Meskipun inisiasi pembangunan reaktor biogas telah dilakukan pada tahun 2021 dalam program Doktor Mengabdi sebagai solusi pemenuhan bahan bakar kompor, produk sampingan berupa ampas limbah biogas (*bio-slurry*) belum termanfaatkan secara maksimal. Padahal, *slurry* cair maupun padat memiliki kandungan Nitrogen, Fosfor, Kalium (NPK) serta mikronutrien penting seperti besi (Fe), tembaga (Cu), dan zinc (Zn) yang mampu menaikkan unsur hara dan menyuburkan lahan pertanian kering. Penelitian yang dilakukan Susanti *et al.* (2016) dalam Hariyoko *et al.* (2018) kandungan *bio slurry* paling besar adalah mineral Kalium (K) dan Phospor (P) sebesar 570.310 ppm dan 1.034.790 ppm dengan kriteria sangat tinggi dan bahan lainnya seperti kandungan pasir sebesar 77.690%, debu 17.9% dan liat 4.410%. Ajisaputra *et al* (2024) mengatakan limbah kotoran ternak bukanlah sebuah limbah yang dapat dibuang begtu saja, terdapat nilai ekonomi pada limbah kotoran ternak apabila dikelola dengan baik. Lebih lanjut menurut Ajisaputra *et al.* (2024) dalam mengidentifikasi permasalahan di dusun, minimla tiga permasalahan yang terjadi antara lai adalah kurangnya pemahaman potensi ekonomi dar

limbah kotoran ternak, belum adanya manajemen pengolahan limbah kotoran ternak, belum adanya manajemen pengelolaan limbah kotoran, serta keterbatasan teknologi tepat guna untuk mengubah dan mengolah limbah kotoran ternak menjadi nilai ekonomi yang tinggi.

Selain permasalahan limbah, masyarakat Dusun Merak yang berjumlah sekitar 846 jiwa juga menghadapi krisis musiman berupa kelangkaan air bersih untuk kebutuhan domestik dan pertanian khususnya komoditas delima akibat karakteristik wilayah kering serta belum memadainya energi listrik ke pemukiman mengakibatkan masyarakat setempat mengandalkan energi matahari sebagai sumber listrik. Menurut Shboul (2026), meningkatnya kelangkaan air bersih dan keterbatasan akses terhadap sumber energi yang andal menjadi tantangan utama yang membawa dampak sosio-ekonomi secara signifikan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, program sistem pemompaan air berbasis tenaga surya hadir sebagai solusi efektif dalam menjawab tantangan keterikatan antara kebutuhan energi dan pemenuhan air bersih, khususnya bagi wilayah-wilayah yang belum terjangkau jaringan listrik konvensional (Shboul, 2026).

Menurut (Susilo, 2014) implementasi pendekatan ini memegang peranan krusial dalam keberhasilan program pengabdian, di mana gagasan intinya menekankan bahwa dengan adanya informasi yang memadai dan pendampingan teknis yang tepat, masyarakat akan mampu merundingkan berbagai bentuk investasi yang hemat biaya dan bermanfaat secara ekonomi untuk meningkatkan produktivitas lokal. Urgensi utama dari program ini adalah meningkatkan partisipasi aktif masyarakat dalam proses perencanaan yang terbuka dan transparan sejak tahap awal. Pengabdian kepada masyarakat merupakan salah satu dari Tri Dharma Perguruan Tinggi yang memiliki peran penting dalam menciptakan hubungan yang harmonis antara dunia akademik dan masyarakat (Khasanah *et al.*, 2024). Oleh karena itu, program pengabdian masyarakat dan KKN Tematik kolaborasi Doktor Mengabdi ini berfokus pada pendampingan kelembagaan kelompok tani, pengolahan inovatif limbah *bioslurry* menjadi media pupuk pembibitan hortikultura, serta hilirisasi sistem pompa air tenaga surya untuk fasilitas umum sebagai langkah akselerasi ketahanan ekonomi di wilayah 3T (Tertinggal, Terdepan, Terluar).

Implementasi program ini melalui pendekatan pembangunan berbasis masyarakat (*Community Driven Development*) dengan pendekatan manajerial kelompok tani yang dibina secara berkelanjutan. Penerapan pemberdayaan berbasis kelompok tani menurut Ajisaputra *et al.* (2024) yang terstruktur dengan program strategisnya dapat memanfaatkan limbah kotoran ternak menjadi pupuk atau produk lainnya. Kedua, dengan permasalahan krisis air teknologi tepat guna pompa submersible tenaga surya dapat menjadi solusi yang diterima. Ketiga, pemanfaatan limbah menjadi pupuk organik untuk pembibitan komoditas hortikultura diharapkan dapat menjadi solusi alternatif untuk peningkatan ketahanan ekonomi masyarakat. Program keberlanjutan dari tahun 2021 dengan memanfaatkan potensi sumber energi biomassa di kawasan Taman Nasional Baluran diharapkan dapat menjadi program sinergi keberlanjutan pengabdian kepada masyarakat (Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya, 2022)

2. METODE

Pelaksanaan program pengabdian masyarakat di Dusun Merak dijalankan menggunakan pendekatan *Integrated Farming System* (IFS) yang berpusat pada keterpaduan antara sektor pertanian, peternakan berkelanjutan dan pemanfaatan energi terbarukan (Royani, 2020). Pendekatan penghidupan berkelanjutan (*sustainable livelihood approach*) memiliki perspektif untuk melihat sejauh mana aset yang dapat diakses oleh petani mampu mendukung pertanian Strategi penghidupan berkelanjutan (*sustainable livelihood strategies*) berperan dalam memfasilitasi rumah tangga petani untuk mengakses sumber daya lainnya (Putra, 2022). Tim pengabdian berkoordinasi secara intensif dengan mitra lokal, yaitu Koperasi Wana Baluran Merak Jaya (Waban Raja) dan melibatkan tim KKN Tematik berkolaborasi dengan program Doktor Mengabdi Universitas Brawijaya.

Secara sistematis, kombinasi metode yang digunakan meliputi:

1. Tahap Persiapan (17 Mei – 1 Agustus 2022): Meliputi koordinasi daring dengan Balai TN Baluran, Pemerintah Desa Sumberwaru, Dinas Peternakan, serta pembekalan materi IPTEK

- (Ilmu Pengetahuan dan Teknologi) tepat guna. Pada tahap ini, dilakukan survei lapang awal serta analisis laboratorium terhadap karakteristik fisik sampel *slurry*.
2. Observasi Lokasi & Analisis Situasi: Mengamati secara langsung kondisi geografis, kendala teknis penyediaan air, serta pola sebaran kandang ternak untuk mengidentifikasi potensi penempatan alat.
 3. *Competency Based Training & Edukatif*: Pemberian sosialisasi, pelatihan pembuatan media tanam hortikultura, serta pendampingan kelompok belajar bagi anak-anak SDN Merak, dan pemasangan instalasi pompa submersible tenaga surya pada fasilitas umum Masjid.
 4. Monitoring dan Evaluasi: Pemantauan dilakukan secara *hybrid* (luring dan daring jarak jauh) melalui pengisian *log sheet* harian guna memastikan keberlanjutan fungsi dari teknologi yang diimplementasikan setelah program berlangsung dengan cara daring

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini diarahkan untuk menyebarluaskan ilmu pengetahuan dan teknologi tepat guna yang mampu memberikan nilai tambah nyata bagi peningkatan ekonomi, kelestarian lingkungan, serta perubahan perilaku sosial warga Dusun Merak. Rangkaian program dirancang secara kolaboratif bersama Koperasi Wana Baluran Merak Jaya (Waban Raja) demi mencapai target dampak jangka pendek berupa pemenuhan kebutuhan dasar air serta target jangka panjang berupa otonomi kelembagaan lokal. Tolak ukur dan indikator keberhasilan kegiatan ini ditunjukkan oleh terbentuknya kemandirian manajemen pada 5 kelompok tani kecil serta berjalannya pemanfaatan produk sampingan *bio-slurry* padat menjadi pupuk pembibitan 250 tanaman hortikultura. Meskipun tingkat kesulitan eksekusi di lapangan cukup tinggi akibat isolasi geografis di dalam kawasan konservasi Taman Nasional Baluran, keterbatasan akses tersebut berhasil dimitigasi melalui keunggulan teknologi pompa air bertenaga surya yang beroperasi secara otomatis tanpa bahan bakar minyak. Peluang pengembangan ke depan diarahkan pada perluasan varietas vegetasi bernilai ekologis tinggi serta perencanaan cetak biru kandang komunal terintegrasi guna mengakselerasi ketahanan ekonomi masyarakat secara berkelanjutan.

3.1. Observasi Lokasi dan Analisis Situasi Kondisi Lapang

Implementasi program pengabdian masyarakat ini dilakukan dimulai dengan tahap observasi lapang secara langsung merupakan pilar krusial untuk memetakan urgensi kebutuhan teknologi, kondisi geografis, serta tantangan sosial-lingkungan di Dusun Merak. Penjabaran mengenai kondisi rill situasi lapang dan dokumentasi aktivitas awal terekam pada Gambar 1 di bawah ini. Pengamatan visual tersebut memotret secara jelas potret isolasi wilayah *enclave* di dalam kawasan konservasi Taman Nasional Baluran yang membatasi mobilitas logistik masyarakat. Selain itu, dokumentasi ini menjadi bukti autentik mengenai melimpahnya potensi limbah kotoran ternak sapi harian serta krisis ketersediaan air bersih yang dihadapi warga secara musiman. Melalui pendekatan konseptual yang terekam pada panel gambar tersebut, tim dapat merumuskan introduksi teknologi tepat guna secara tepat sasaran dan bermanfaat. Kegiatan ini dilakukan agar dapat memberikan informasi kepada masyarakat terkait pemanfaatan limbah kotoran ternak juga dapat memanfaatkan lahan kosong sebagai tempat pertumbuhan tanaman.



Gambar 1. Observasi (a) Aksesibilitas Wilayah (b) pengambilan sampel (c) wawancara

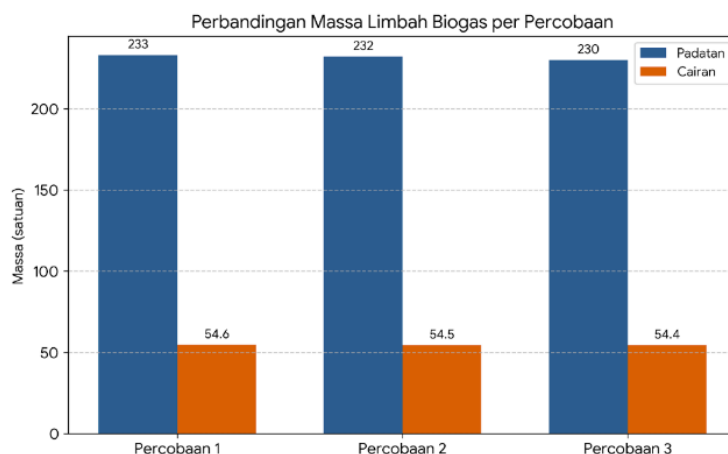
3.1. Analisis Karakteristik Fisik Limbah Biogas (*Bioslurry*)

Sebelum diimplementasikan di lapangan, tim melakukan observasi lapang untuk pengambilan sampel limbah instalasi biogas. Tim kemudian melakukan uji coba laboratorium untuk menguji terhadap sampel *slurry* kering (padat) dan cair guna menganalisis kadar airnya melalui tiga kali pengulangan eksperimen. Pengujian laboratorium dilakukan setelah tim melakukan observasi dan analisa kondisi lapang dengan mengambil sampel limbah biogas yang sudah diimplementasikan instalasi pada tahun 2021. Data pengukuran massa dan kadar air dilakukan di Laboratorium Lastrindo *Engineering*, Kota Malang, Jawa Timur. Pengukuran kadar massa menggunakan timbangan analitik dan parameter kadar air menggunakan *Moisture Analyzeer*. Data diambil menggunakan sampel limbah biogas (*slurry*) pada tahap observasi langsung sebelum pelaksanaan program pengabdian masyarakat dilakukan. Sampel diperoleh sebagaimana pelaksanaan observasi kegiatan DM pada tahun 2021 di Dusun Merak, tim Pengabdian UB telah menginisiasi teknologi biogas pada salah satu peternak yang bersedia menjadi pioneer diseminasi teknologi dan menyebarkan dampak positif dari penggunaan teknologi biogas. Kini, warga sekitar tertarik untuk membangun unit biogas secara swadaya masyarakat (Lastriyanto, 2021).

3.1.1. Data Massa Limbah Biogas

Tabel 1. Data Kadar Massa Sampel

| Bentuk Limbah Biogas | Percobaan ke- | Massa (g) |
|----------------------|---------------|-----------|
| Padatan | Percobaan 1 | 233 |
| | Percobaan 2 | 232 |
| | Percobaan 3 | 230 |
| Cairan | Percobaan 1 | 54,6 |
| | Percobaan 2 | 54,5 |
| | Percobaan 3 | 54,4 |



Gambar 2. Grafik Perbandingan Massa Limbah biogas setiap percobaan

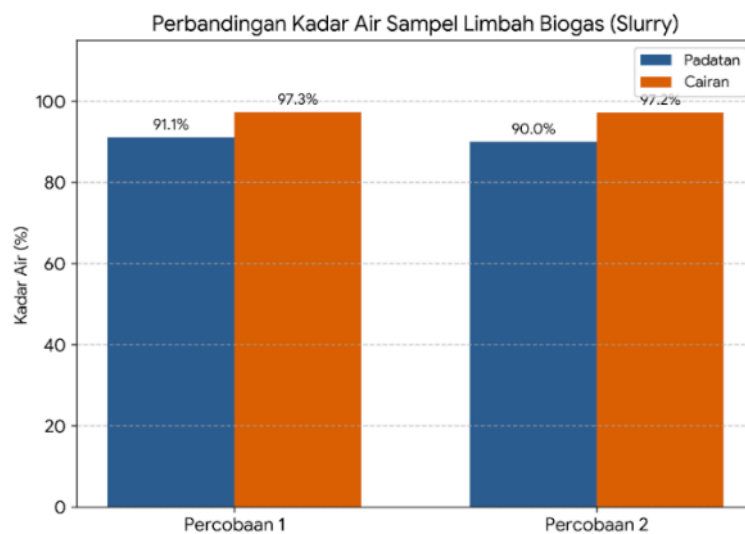
Karakteristik fisik dari produk sampingan proses pencernaan anaerobik (*anaerobic digestion*) memegang peranan krusial dalam menentukan mutu akhir dari *bioslurry* yang dihasilkan. Berdasarkan data pada **Tabel 1** dan **Gambar 2**, komposisi massa limbah biogas menunjukkan konsistensi yang sangat stabil di setiap pengulangan, dengan rata-rata massa padatan berkisar antara 230–233 gram dan massa cairan berada pada rentang 54,4–54,6 gram. Kestabilan rasio antara fase padat dan fase cair ini menandakan bahwa proses dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme di dalam reaktor berlangsung secara homogen dan seimbang. Menurut Susilo (2014), kestabilan proses dekomposisi organik merupakan indikator penting

yang menjamin bahwa nutrisi di dalam limbah tidak hilang selama proses fermentasi berlangsung. Massa padatan yang konsisten ini berfungsi sebagai pembawa (*carrier*) utama bagi unsur hara esensial, seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K), serta bahan organik yang penting untuk memperbaiki struktur rekayasa tanah di lahan pertanian warga

3.1.2. Data Kadar Air

Tabel 2. Data Kadar Air Sampel Limbah Biogas (*Slurry*)

| Bentuk Limbah Biogas | Percobaan ke- | Kadar air (%) |
|----------------------|---------------|---------------|
| Padatan | Percobaan 1 | 91,1 |
| | Percobaan 2 | 90 |
| | Percobaan 1 | 97,3 |
| Cairan | Percobaan 1 | 97,3 |
| | Percobaan 2 | 97,2 |



Gambar 3. Hasil Pengukuran Kadar Air Sampel Limbah Biogas setiap percobaan

Sementara itu, hasil pengukuran pada Tabel 2 dan Gambar 3 menunjukkan bahwa kadar air dari sampel *slurry* limbah biogas berada pada tingkat yang cukup tinggi dan stabil (berkisar pada rata-rata 91%). Tingginya kadar air ini memberikan pengaruh yang sangat positif terhadap kualitas dan efisiensi pemanfaatan *bioslurry*. Secara biokimia, kadar air yang optimal pada kisaran tersebut menjaga kelangsungan hidup bakteri fungsional pengikat nitrogen dan pelarut fosfat yang terkandung di dalam *slurry* agar tidak mengalami dehidrasi atau kematian sebelum diaplikasikan ke lahan tanaman. Hal ini sejalan dengan prinsip peningkatan kapasitas masyarakat melalui adopsi teknologi yang tepat guna, di mana penyediaan informasi teknis yang memadai membantu warga mengoptimalkan potensi sumber daya lokal secara mandiri (Bonten et al., 2014).

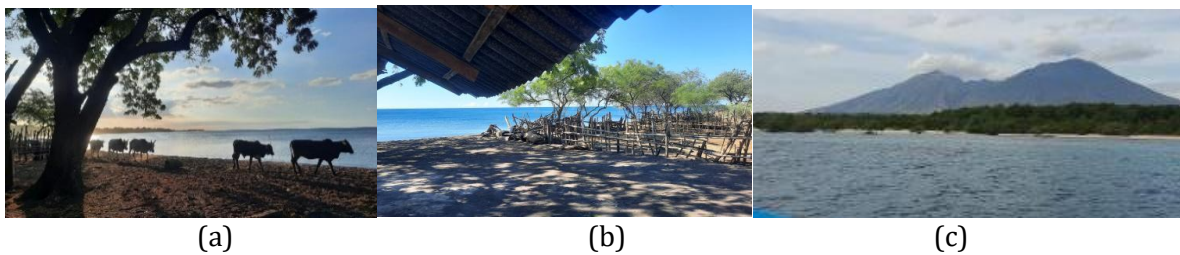
3.2. Pendampingan Kelembagaan Kelompok Tani

Kegiatan pendampingan kelembagaan kelompok tani ini dilaksanakan melalui program KKN DM Tematik Kolaborasi Program Doktor Mengabdikan. Program ini bertujuan untuk memperkuat tata kelola organisasi kelompok tani agar lebih mandiri, produktif, dan berdaya saing tinggi. Seluruh anggota tim mahasiswa dan dosen kolaborator bekerja sama secara sinergis dalam memberikan edukasi serta pelatihan berkelanjutan kepada masyarakat lokal. Diharapkan luaran dari pengabdian ini dapat memberikan dampak positif yang signifikan bagi peningkatan kesejahteraan dan perekonomian para petani di wilayah tersebut. Dalam penerapan program ini

hasil atau capaian yang didaot adalah terbentuknya kelompok tani sebanyak 5 kelompok kecil dengan fokus bidang beragam.



Gambar 4. Tim Kelompok KKN Tematik Kolaborasi Program Doktor Mengabdi



Gambar 5. Kondisi Geografis Dusun Merak, Kabupaten Situbondo, Jawa Timur, Indonesia

3.3. Pengolahan Limbah Biogas (*Bioslurry*) Sebagai Media Pupuk

Implementasi program kerja pengolahan limbah dilaksanakan pada hari Rabu, 3 Agustus 2022 bertempat di rumah Pak Misra (Ketua RT setempat). Program ini menysasar pemanfaatan *slurry* padat sebagai pupuk organik utama untuk komoditas hortikultura. Pengabdian dilakukan dengan mengintroduksi formula media tanam berbasis pencampuran *slurry* padat, tanah bertekstur pasir, dan sekam padi menggunakan rasio perbandingan formula 2:1:1.

Kegiatan pembibitan hortikultura ini berhasil memproduksi sebanyak 250 bibit sayur, dengan rincian luaran berupa 100 bibit cabai, 100 bibit tomat, dan 50 bibit kubis. Proses penanaman dilapangan turut melibatkan siswi-siswi lokal dari SDN Merak sebagai bentuk edukasi praktis agrowisata sejak dini. Sebagai instrumen diseminasi digital, tim pengabdi mempublikasikan luaran tambahan berupa video Berdasarkan form penilaian pasca-kegiatan, indikator antusiasme masyarakat dan tingkat penyampaian informasi perawatan bibit memperoleh predikat "Sangat Baik" dari perwakilan warga mitra saat pelaksanaan *Focus Group Discussion* (FGD). Melalui konsep *Zero Waste Farming* menurut (Febrianto *et al.*, 2024) sisa bahan organik yang semula terbuang dapat dioptimalkan menjadi komoditas baru berdaya jual tinggi. Sebagai contoh, kotoran sapi dikonversi menjadi pupuk organik padat dan cair, sementara sisa hasil fermentasinya dialokasikan sebagai sumber energi alternatif berupa biogas. Penerapan sistem terintegrasi ini tidak hanya efektif meminimalisasi pencemaran lingkungan demi menyokong sektor pertanian dan perikanan, tetapi juga mengedepankan aspek penguatan kapasitas warga lokal lewat bimbingan teknis yang berkelanjutan. Adapun capaian yang didapat dalam penerapan prngolahan bioslurry menjadi padatan adalah keberhasilan penanaman 250 tanaman sayur (100 cabai, 100 tomat, 50 kubis)



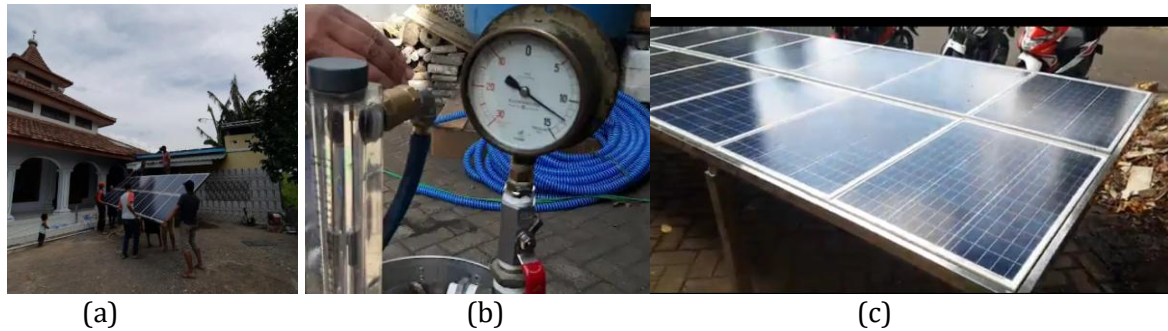
Gambar 6. Pelaksanaan (a) Pembibitan (b) Hasil Penanaman (c) Dokumentasi Akhir

3.4. Hilirisasi Irigasi Air dengan Tenaga Surya pada Fasilitas Umum

Akses terhadap pengairan bersih menjadi faktor pembatas utama bagi kesejahteraan domestik dan produktivitas pertanian Dusun Merak. Menjawab persoalan energi tersebut, tim melaksanakan instalasi teknologi tepat guna berupa Pompa Air Submersible Tenaga Surya (PATS) yang bekerja memanfaatkan prinsip efek *photovoltaic*. Kegiatan perangkaian fisik sistem kelistrikan panel dilakukan secara bersama warga setempat pada 2–3 Agustus 2022. Pencapaian program PATS ini dipusatkan pada fasilitas umum masjid dusun guna menjamin suplai kebutuhan air ibadah dan pemenuhan air bersih harian domestik secara mandiri dan otomatis tanpa ketergantungan bahan bakar fosil gaset yang mahal. Selain fisik instalasi pompa rendam, tim menyusun media poster edukasi petunjuk operasional alat dan menghilirisasikan teknologi destilator air bersih sebagai langkah preventif peningkatan derajat sanitasi konsumsi masyarakat lingkaran terisolasi, khususnya pada fasilitas umum masjid. Implementasi riset ini disesuaikan dengan landasan konsep Penghematan energi dan pengurangan dampak negatif terhadap lingkungan dapat dilakukan dengan menerapkan energi alternatif seperti energi surya. Teknologi surya dapat dibedakan menjadi teknologi termal dan teknologi fotovoltaik (Markvart dan Castener, 2003) dalam Al Riza *et al* (2015). Implementasi teknologi pompa air tenaga surya (PATS) *submersible* di lokasi pengabdian secara kuantitatif telah membawa transformasi signifikan terhadap kapasitas teknis dan sosiologis masyarakat lokal dengan tingkat pemahaman mitra mengenai sistem kelistrikan fotovoltaik dan operasional pompa otomatis bertenaga surya Pompa yang dipasang mampu beroperasi secara optimal selama 6 jam per hari (pukul 09.00–15.00).

Implementasi program ini selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh Wilujeng (2024) mengenai keterbatasan listrik di Sumba Barat Daya, NTT yang menjadi hambatan utama dalam mengalirkan air ke lahan pertanian yang letaknya jauh dari sumber air permukaan. Untuk mengatasi masalah tersebut, penelitian kuantitatif deskriptif ini menguji pemanfaatan energi surya ramah lingkungan melalui pompa air *submersible*. Kinerja sistem dianalisis melalui parameter daya panel, tekanan, dan debit air. Hasilnya, panel surya 50 WP terbukti tetap berkinerja baik walau cuaca mendung, dengan menghasilkan daya hingga 836,4 watt. Pada performa puncaknya, pompa mampu mengalirkan debit air sebanyak 36,2 Liter/menit dengan tekanan mencapai 0,0827 MPa. Penelitian ini juga mengonfirmasi bahwa semakin besar tekanan yang dihasilkan pompa, maka debit air yang disalurkan ke lahan petani akan semakin meningkat (Wilujeng, 2024). Rahman *et al.* (2025) mengatakan bahwa berbagai jenis pompa air yang diproduksi untuk beragam kebutuhan, pompa sentrifugal jenis permukaan (*surface*) dan pompa selam (*submersible*) merupakan jenis yang paling banyak digunakan untuk keperluan irigasi. Pompa permukaan secara teknis memiliki keterbatasan karena hanya mampu memompa dari sumber air dangkal dengan kedalaman muka air (*Pumping Water Level*) yang berada di dalam batas isap praktis (5–7 meter), serta rentan terhadap risiko kavitasi. Sebaliknya, pompa *submersible* mampu mengangkat air dari sumber yang jauh lebih dalam tanpa menghadapi kendala kavitasi tersebut. Dengan memiliki sistem pompa air tenaga surya yang mandiri, lahan pertanian dapat memastikan pasokan air yang stabil dan andal untuk irigasi tanpa bergantung

pada sumber energi luar. Otonomi ini sangat penting untuk menjaga produktivitas pertanian, terutama di wilayah terpencil (*offgrid*) di mana pengelolaan sumber daya energi dan air sekaligus dapat menjadi suatu tantangan (Malty *et al.*, 2024).



Gambar 7. Implementasi (a) Pemasangan Instalasi (b) Simulasi Teknis (c) Plat Surya

4. KESIMPULAN

Program pengabdian masyarakat Doktor Mengabdi dan KKN Tematik di Dusun Merak, kawasan Taman Nasional Baluran, sukses mengintegrasikan solusi multidimensi di bidang SDM, energi terbarukan, dan pertanian berkelanjutan. Penguatan struktur kelembagaan melalui pembagian otonomi 5 kelompok kecil peternak mampu mengkonsolidasikan potensi sosial mitra secara berkelanjutan. Pemanfaatan limbah *bioslurry* padat menggunakan formulasi perbandingan 2:1:1 bersama sekam dan tanah terbukti efektif diaplikasikan pada pembibitan 250 tanaman sayur (cabai, tomat, kubis) sebagai alternatif diversifikasi pangan lahan kering. Di sisi lain, implementasi instalasi pompa air submersible bertenaga surya berhasil memitigasi krisis air bersih pada fasilitas umum masjid dusun. Adapun rekomendasi program berkelanjutan program difokuskan pada perluasan varietas vegetasi pertanian bernilai ekologis tinggi seperti mangrove dan delima, serta perencanaan cetak biru kandang komunal terintegrasi reaktor biogas di Dusun Merak, Desa Sumberwaru, Kecamatan Banyuputih, Kabupaten Situbondo, Jawa Timur, Indonesia untuk ketahanan pangan dan iklim.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Tim KKN Tematik dan Program Doktor Mengabdi, Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Brawijaya atas dukungan penuh skema pendanaan melalui Program Doktor Mengabdi dan Pusat Layanan KKN, serta tim Doktor dari Universitas Brawijaya. Apresiasi tinggi juga disampaikan kepada Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Balai Taman Nasional Baluran atas penerbitan Surat Ijin Masuk Kawasan Konservasi (SIMAKSI), Kepala Desa, serta seluruh masyarakat adat Dusun Merak, serta berbagai pihak yang terlibat secara langsung dan tidak langsung yang bertindak sebagai mitra aktif sepanjang program hingga sukses dijalankan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ajisaputra, A., Lastriyanto, A., Juniarsa, N., Sambora, H., & Jayanti, D. A. D. (2024). *Upaya Peningkatan Nilai Ekonomi Limbah Kotoran Ternak Melalui Pemberdayaan Bumdes Dan Kelompok Tani*. Nas Media Pustaka.
- Al Riza, D. F., Damayanti, R., & Izza, N. M. (2015). Studi Eksperimental Inkubator Tenaga Surya Tipe Panel Pelat Datar Dengan Efek Termosipon. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 16(3), 213-220.
- Bonten, L. T., Zwart, K. B., Rietra, R. P., Postma, R., & de Haas, M. J. (2014). *Bioslurry as a fertilizer: Is it safe and effective?* Wageningen: Alterra Wageningen UR.

- Fardhany N. 2015. Pengaruh Pemberian Pupuk Cair Kotoran sapi dengan Dosis yang berbeda terhadap Kelimpahan *Chaetoceros gracillis*. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya
- Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya. (2022). *Manfaatkan potensi sumber energi biomassa di kawasan Taman Nasional Baluran, Tim DM UB inisiasi biogas*. <https://fapet.ub.ac.id/manfaatkan-potensi-sumber-energi-biomassa-di-kawasan-taman-nasional-baluran-tim-dm-ub-inisiasi-biogas/>. Tanggal akses 7 Juli 2026
- Febrianto, N., Putri, A. R. I., Nurwahyuni, E., Helmi, M., Akhiroh, P., Susilawati, T.,... & Prafitri, R. (2024). Pemberdayaan peternak sapi potong melalui kegiatan penyuluhan inovasi zero waste farming di desa Plandirejo, Kecamatan Plumpang, Kabupaten Tuban. *Jurnal Pengabdian Inovasi dan Teknologi Kepada Masyarakat*, 4(2), 336-347.
- Hariyoko, N., Zubaidah, E., & Maharani, D. M. (2018). Analisis Kualitas Pelet Lele Bio Slurry Desa Argosari Kabupaten Malang. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 6 (4) : 11-17
- Khasanah, U., Trisnawati, S. N. I., Isma, A., Alanur, S. N., Maida, A. N., Nainiti, N. P., & Maulida, C. (2024). Metodologi pengabdian kepada masyarakat: Teori dan implementasi. *Penerbit Tahta Media*.
- Lastriyanto A, Susilo ATH, Al Riza DF, Febrianto N, Ridlo M. (2021). Pemberdayaan Masyarakat Desa Terpencil di Kawasan Taman Nasional Baluran, Kabupaten Situbondo. *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (SEMNAS HPPM)*, Malang, 2021.
- Lastriyanto, A., Trisnanto, A., Al Riza, D. F., Febrianto, N., & Ridlo, M. (2022). Pola Sustainable Livehood pada Kegiatan Pendampingan Masyarakat: Kegiatan Pengabdian Masyarakat di Kabupaten Situbondo. *Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M)*, 7 : 462-466.
- Maity, R., Sudhakar, K., & Razak, A. A. (2024). Agri-solar water pumping design, energy, and environmental analysis: A comprehensive study in tropical humid climate. *Heliyon*, 10 (21).
- Putra, D. F. R., Setiawan, B., & Andriani, D. R. (2022). Sustainable Livelihood Asset-Based Strategy for Rosella Farmers in Pagung Village, Semen District, Kediri Regency. *Habitat*, 33(2), 166-176.
- Rahman, M. M., Hasan, S., Hassan, S. A., Uddin, A., & Adham, A. K. M. (2025). The utility of submersible solar irrigation pumps in accessing deeper groundwater for sustaining dry season rice cultivation in off-grid Bangladeshi haor areas. *Climate Smart Agriculture*, 2(4), 100081.
- Royani, Sarah Intan (2020) Analisis Pendapatan IFS (Integrated Farming System) Usaha Ternak Sapi Potong (studi kasus di Usaha Ternak Sapi Potong Milik Bapak Aris, Dusun Krajan, Kecamatan Ngronggot, Kabupaten Nganjuk). Sarjana thesis, Universitas Brawijaya.
- Susilo, A. T. H. (2014). Program Nasional Pemberdayaan Masyarakat (PNPM) in Indonesia: The Challenge of Governance. *Jurnal Ilmiah Transformasi Global*, 2(2), 1-19.
- Shboul, B., Al-Smairan, M., Khawaldeh, H. A., Zayed, M. E., Alrbai, M., & Almomani, F. (2026). Water-Energy Nexus Solutions for Sustainable Water Pumping in Semi-Arid Regions: A Comparative Techno-Economic and Environmental Analysis of Solar Dish Stirling and Photovoltaic Systems. *Energy Nexus*, 100716.
- Wilujeng, Medy Utami Putri (2024) Uji Kinerja Pompa Air Submersible Menggunakan Panel Surya di Desa Anaengge, Kecamatan Kodi, Sumba Barat Daya. Sarjana thesis, Universitas Brawijaya.