

COMMUNITY ENGAGEMENT ARTICLE

Instalasi Pengolah Air Bersih untuk Mendukung Kualitas Kesehatan Masyarakat Desa Dayah Leubu Kecamatan Ulim Pidie Jaya Pasca Bencana Siklon Senyar 2025

Zahrul Fuadi ^{1*} | Nasaruddin ² | Muhammad Syukri ³ | Sofia ⁴ | Mujiburrahmad ⁵ | Aulia Rahman ⁶ | Syarawi Muhammad ⁷ | Arya Rudi Nasution ⁸ | Misbahussudur ⁹ | Aura Dwi Kesha ¹⁰

^{1*} Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Kota Banda Aceh, Provinsi Aceh, Indonesia.

^{2,6,9,10} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Kota Banda Aceh, Provinsi Aceh, Indonesia.

³ Program Studi S2 Fisika, FMIPA, Universitas Syiah Kuala, Kota Banda Aceh, Provinsi Aceh, Indonesia.

⁴ Program Studi S3 Ilmu Kedokteran, Fakultas Kedokteran, Universitas Syiah Kuala, Kota Banda Aceh, Provinsi Aceh, Indonesia.

⁵ Program Studi Agribisnis, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala, Kota Banda Aceh, Provinsi Aceh, Indonesia.

⁷ Program Studi Geophysics, School of Physics, Universiti Sains Malaysia, Pulau Penang, Malaysia.

⁸ Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhamadiyah Sumatera Utara, Kota Medan, Provinsi Sumatera Utara, Indonesia.

Correspondence

^{1*} Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Kota Banda Aceh, Provinsi Aceh, Indonesia.

Email: zahrul.fuadi@usk.ac.id.

Funding information

Enhancing Quality Education for International University Impacts and Recognitions (Equity Tahun 2025-2026).

Abstract

This community service activity aims to improve access to safe and sustainable clean water in Dayah Leubue Village, Ulim District, Pidie Jaya Regency, following the flood disaster caused by Cyclone Senyar in 2025. Specific targets include the availability of a functioning clean water treatment plant, improved water quality that meets health standards, enhanced community knowledge and skills in system operation and maintenance, and the establishment of a village-level clean water management institution. The implementation method uses a community development approach based on appropriate technology and cross-disciplinary collaboration. The resulting outputs include one clean water treatment plant producing water of proven potable quality and one solar power plant for emergency lighting. This activity also strengthened community health capacity through clean water and sanitation awareness training. Overall, this activity has provided clean water access to the community of Dayah Leubue Village, Ulim District, Pidie Jaya, and is expected to improve their quality of life by reducing the risk of health problems caused by water and sanitation issues.

Keywords

Sanitation; Energy; Innovation; Environment; Public Awareness.

Abstrak

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan meningkatkan akses air bersih yang aman dan berkelanjutan di Desa Dayah Leubue, Kecamatan Ulim, Kabupaten Pidie Jaya, pascabencana banjir akibat Siklon Senyar tahun 2025. Target khusus kegiatan ini meliputi tersedianya instalasi pengolah air bersih yang berfungsi, meningkatnya kualitas air sesuai standar kesehatan, meningkatnya pengetahuan dan keterampilan masyarakat dalam pengoperasian dan perawatan sistem, serta terbentuknya kelembagaan pengelola air bersih tingkat desa. Metode pelaksanaan menggunakan pendekatan community development berbasis teknologi tepat guna dan kolaborasi lintas disiplin. Produk luaran yang dihasilkan berupa satu unit instalasi pengolah air bersih yang menghasilkan air dengan kualitas teruji layak minum, serta satu unit instalasi pembangkit listrik tenaga surya untuk penerangan darurat. Pada kegiatan ini juga dilakukan peningkatan kapasitas kesehatan masyarakat melalui pelatihan kesadaran air bersih dan sanitasi. Kegiatan ini telah menyediakan akses air bersih bagi masyarakat Desa Dayah Leubue, Kecamatan Ulim, Pidie Jaya, dan diharapkan dapat meningkatkan kualitas hidup masyarakat melalui turunya risiko masalah kesehatan yang diakibatkan oleh masalah air dan sanitasi.

Kata Kunci

Sanitasi; Energi; Inovasi; Lingkungan; Kesadaran Masyarakat.

1 | PENDAHULUAN

Siklon tropis adalah sistem badai yang berputar cepat dengan karakteristik daerah bertekanan rendah, sirkulasi atmosfer tingkat rendah yang tertutup, angin kencang, serta susunan spiral badai petir yang menghasilkan hujan lebat dan angin kencang (Lin *et al.*, 2022). Pada bulan November 2025, sebuah siklon tropis terdeteksi oleh BMKG sejak 21 November 2025 di perairan timur Aceh dan Selat Malaka, sebelum akhirnya mencapai puncaknya pada 25–28 November 2025 (BMKG, 2025). Bibit siklon muncul pertama kali di Selat Malaka dan dinamai 9B. Siklon ini tumbuh dengan cepat menjadi siklon tropis 4B dan diberi nama Senyar (Haka, 2025). Siklon ini juga menyebabkan kerugian yang sangat besar di tiga negara ASEAN (Arief, 2025). Siklon ini membawa curah hujan ekstrem dan mengakibatkan banjir bandang, tanah longsor, serta cuaca ekstrem di berbagai wilayah Sumatera, terutama Aceh, Sumatera Utara, dan Sumatera Barat, serta di Malaysia dan Thailand. Curah hujan ekstrem yang berlangsung dalam durasi panjang menyebabkan meluapnya sungai, rusaknya sistem drainase, serta terendahnya kawasan permukiman dan fasilitas umum (Mediany *et al.*, 2025). Dampak banjir tersebut meliputi kerusakan rumah warga, terganggunya akses transportasi, terputusnya jaringan listrik, serta rusaknya infrastruktur dasar seperti sarana air bersih dan sanitasi (Adi, 2013). Selain itu, sumber air masyarakat mengalami pencemaran oleh lumpur, limbah domestik, dan material banjir sehingga kualitas air tidak lagi memenuhi standar kesehatan untuk dikonsumsi. Kondisi ini memperburuk situasi sosial dan ekonomi masyarakat serta meningkatkan risiko masalah kesehatan berbasis lingkungan (Afandi *et al.*, 2024).



Gambar 1. Kondisi Desa Dayah Leubue, Kecamatan Ulim, Kabupaten Pidie Jaya

Kabupaten Pidie Jaya merupakan salah satu wilayah yang terdampak bencana banjir besar ini. Salah satu wilayah yang terdampak secara langsung adalah Desa Dayah Leubue, Kecamatan Ulim. Desa ini mengalami genangan banjir yang merusak sumur gali, jaringan pipa sederhana, serta sarana sanitasi rumah tangga. Akibatnya, masyarakat kehilangan akses terhadap air bersih yang layak konsumsi dan terpaksa memanfaatkan air permukaan yang kualitasnya tidak terjamin. Dalam kondisi pascabencana, kebutuhan akan air bersih menjadi prioritas utama karena berkaitan langsung dengan pemenuhan kebutuhan dasar, aktivitas rumah tangga, serta pelayanan kesehatan masyarakat (Utami *et al.*, 2021). Keterbatasan akses air bersih juga menghambat proses pemulihan kehidupan sosial dan ekonomi warga desa.

Secara umum, Desa Dayah Leubue memiliki beberapa kelemahan struktural dalam menghadapi situasi pascabencana, antara lain belum tersedianya sistem pengolahan air bersih yang mandiri dan tahan terhadap kondisi darurat, keterbatasan kapasitas kelembagaan desa dalam pengelolaan sarana air, serta rendahnya pemanfaatan teknologi tepat guna berbasis energi terbarukan. Desa ini juga belum memiliki sistem pemantauan kualitas air dan mekanisme komunikasi informasi risiko kesehatan yang terstruktur. Dari survei yang dilakukan terhadap 20 anggota masyarakat, seluruhnya mengalami kondisi terendahnya sumur, dengan mayoritas (80%) terendam penuh, menunjukkan bahwa dampak banjir bandang sangat masif terhadap sumber air bersih masyarakat. Sebanyak 50% responden mengalami kerusakan ringan pada sumber air mereka, sedangkan sisanya mengalami kerusakan berat, sementara kapasitas penggunaan sumur pascabencana sangat terbatas. Selain kerusakan terhadap sumber air tersebut, seluruh responden juga mengidentifikasi adanya sumber pencemar di sekitar sumur, yang menunjukkan tingginya risiko kontaminasi air tanah. Walaupun demikian, masyarakat mengalami berbagai keterbatasan dalam menangani masalah ini secara mandiri: hanya 45% responden yang sudah membersihkan sumurnya, sedangkan 45% belum membersihkan sama sekali. Oleh karena itu, kebutuhan mendesak saat ini adalah tersedianya sistem penyediaan air bersih yang dapat beroperasi secara

berkelanjutan, tidak bergantung pada jaringan listrik utama, serta mudah dioperasikan oleh masyarakat setempat.

Dari perspektif ilmu kesehatan masyarakat, keterbatasan air bersih pascabencana juga berpotensi meningkatkan kejadian penyakit berbasis air dan lingkungan seperti diare, infeksi kulit, serta penyakit saluran pencernaan, khususnya pada kelompok rentan seperti balita, ibu hamil, dan lansia (Hasibuan *et al.*, 2026). Selain itu, gangguan terhadap sanitasi dan praktik higiene berdampak pada penurunan derajat kesehatan masyarakat secara umum. Oleh karena itu, intervensi penyediaan air bersih tidak hanya bersifat teknis, tetapi juga merupakan upaya promotif dan preventif dalam mencegah terjadinya kejadian luar biasa (KLB) penyakit pascabencana.

Tujuan kegiatan ini adalah menyediakan solusi berkelanjutan atas keterbatasan akses air bersih di Desa Dayah Leubue, Kecamatan Ulim, Kabupaten Pidie Jaya, pascabencana banjir akibat Siklon Senyar tahun 2025, melalui instalasi pengolah air bersih yang terintegrasi dengan pendekatan kesehatan masyarakat dan teknologi tepat guna. Kegiatan ini diarahkan untuk memenuhi kebutuhan dasar air layak konsumsi, menurunkan risiko penyakit berbasis lingkungan, mempercepat pemulihan kualitas hidup masyarakat, serta memperkuat kapasitas desa dalam pengelolaan sistem air secara mandiri. Fokus permasalahan meliputi kerusakan sumber dan sarana air bersih akibat banjir, tingginya kerentanan terhadap penyakit berbasis air, serta belum tersedianya sistem pengolahan air yang adaptif dan tidak bergantung pada listrik konvensional. Karena bersifat multidisipliner, kegiatan ini melibatkan berbagai kepakaran dari bidang teknik mesin, teknik elektro, teknik geofisika, dan ilmu kesehatan masyarakat.

Secara konseptual, kegiatan ini selaras dengan SDGs, khususnya SDG 3 (kesehatan), SDG 6 (air bersih dan sanitasi), SDG 7 (energi bersih), dan SDG 13 (ketahanan iklim). Kegiatan ini juga melibatkan lintas institusi/universitas, baik dalam maupun luar negeri. Dalam kerangka nasional, kegiatan ini sejalan dengan Asta Cita, terutama Asta Cita 2: Memantapkan sistem pertahanan keamanan negara dan mendorong kemandirian bangsa melalui swasembada pangan, energi, air, ekonomi kreatif, ekonomi hijau, dan ekonomi biru; serta Asta Cita 6: Membangun dari desa dan dari bawah untuk pemerataan ekonomi dan pemberantasan kemiskinan.



Gambar 2. Diagram Alir Tahapan Pelaksanaan Program Pemulihan Air Bersih dan Energi Mandiri di Desa Dayah Leubu, Kecamatan Ulim, Pidie Jaya.

2 | LANDASAN TEORI

Air merupakan kebutuhan dasar manusia yang berperan penting dalam menjaga kesehatan, sanitasi, dan keberlangsungan kehidupan. Ketersediaan air bersih yang memenuhi standar kualitas fisik, kimia, dan mikrobiologi menjadi salah satu indikator kesejahteraan masyarakat. Menurut Leela (2025), akses terhadap air minum yang aman merupakan hak dasar setiap manusia dan menjadi faktor utama dalam pencegahan berbagai penyakit berbasis lingkungan. Air bersih adalah air yang dapat digunakan untuk keperluan sehari-hari seperti memasak, mandi, mencuci, dan kebutuhan rumah tangga lainnya tanpa menimbulkan gangguan kesehatan. Ketersediaan air bersih yang memadai berkontribusi terhadap peningkatan kualitas hidup masyarakat, penurunan angka penyakit menular, serta peningkatan produktivitas sosial ekonomi masyarakat. Menurut Lin *et al.* (2022), akses terhadap air bersih dan sanitasi yang layak merupakan bagian dari tujuan pembangunan berkelanjutan (Sustainable Development Goals/SDGs), khususnya tujuan ke-6, yaitu menjamin ketersediaan dan pengelolaan air bersih serta sanitasi yang berkelanjutan bagi semua orang.

Bencana alam sering menyebabkan kerusakan infrastruktur penyediaan air bersih serta menurunkan kualitas sumber air yang tersedia. Banjir, gelombang pasang, dan siklon tropis dapat menyebabkan masuknya lumpur, sampah, bahan organik, dan mikroorganisme patogen ke dalam sumber air masyarakat. Menurut Amaratunga *et al.* (2023), pascabencana sering terjadi peningkatan risiko penyakit berbasis air (*waterborne diseases*) akibat rusaknya sistem penyediaan air dan sanitasi. Kondisi ini menyebabkan masyarakat rentan terhadap penyakit diare, disentri, kolera, tifoid, dan infeksi kulit.

Pada wilayah pesisir, siklon tropis juga dapat menyebabkan intrusi air laut yang meningkatkan kadar garam dan kekeruhan sumber air tanah maupun air permukaan sehingga tidak layak digunakan secara langsung (Hapizah *et al.*, 2025). Siklon tropis merupakan sistem cuaca ekstrem yang ditandai oleh angin kencang, curah hujan tinggi, gelombang besar, dan potensi banjir. Dampak siklon terhadap wilayah pesisir tidak hanya merusak infrastruktur, tetapi juga mengganggu sistem penyediaan air bersih masyarakat. Menurut Haka (2025), siklon tropis dapat menyebabkan (1) kerusakan sarana air bersih, (2) kontaminasi sumber air, (3) peningkatan sedimentasi, (4) intrusi air laut, dan (5) gangguan distribusi air bersih. Kondisi tersebut menyebabkan masyarakat memerlukan teknologi pengolahan air yang mampu menghasilkan air layak pakai secara cepat dan berkelanjutan.

Instalasi Pengolah Air Bersih (IPAB) merupakan sistem yang dirancang untuk mengolah air baku menjadi air yang memenuhi standar kesehatan dan layak digunakan masyarakat. Instalasi ini dapat diterapkan pada skala rumah tangga, komunitas, maupun skala desa. Filtrasi merupakan metode penyaringan yang digunakan untuk menghilangkan partikel tersuspensi, kekeruhan, bahan organik, dan sebagian mikroorganisme dari air (Rahayu, 2024). Pendekatan berbasis masyarakat menekankan keterlibatan masyarakat dalam seluruh tahapan kegiatan, mulai dari perencanaan, pembangunan, pengoperasian, hingga pemeliharaan sarana air bersih. Menurut Zilling dan Lestander (2019), keberhasilan sistem penyediaan air bersih pedesaan sangat dipengaruhi oleh (1) partisipasi masyarakat, (2) penguatan kelembagaan lokal, (3) ketersediaan operator lokal, (4) dukungan pemerintah desa, dan (5) sistem pembiayaan berkelanjutan. Model ini terbukti mampu meningkatkan keberlanjutan program dibandingkan sistem yang hanya mengandalkan bantuan eksternal. Ketersediaan air bersih memiliki hubungan langsung dengan derajat kesehatan masyarakat. Air yang tercemar dapat menjadi media penularan berbagai penyakit menular. Menurut Mitchell dan Frisbie (2023), peningkatan akses air bersih mampu (1) menurunkan angka diare hingga 30–50%, (2) mengurangi penyakit kulit, (3) mengurangi infeksi saluran pencernaan, (4) meningkatkan kualitas hidup masyarakat, dan (5) mendukung ketahanan kesehatan pascabencana.

3 | METODE

Pelaksanaan kegiatan dilakukan melalui pendekatan partisipatif dan rekayasa keteknikan. Rangkaian kegiatan ini ditunjukkan pada Gambar 2, dibagi ke dalam tujuh tahapan utama sebagai berikut.

- 1) **Survei Kondisi Lokasi dan Penilaian Kesiapan**
Tahapan ini bertujuan untuk mengumpulkan data primer guna memastikan kelayakan teknis dan sosial di lokasi sasaran. Kegiatan yang dilakukan meliputi: i) pemetaan lokasi instalasi untuk menentukan titik penempatan modul surya (memastikan orientasi matahari optimal dan bebas bayangan) serta titik instalasi unit pengolahan air di area Meunasah Dayah Leubu; ii) analisis sumber air baku untuk mengevaluasi kondisi fisik sumur air baku, mengukur kedalaman dan debit air, serta mengidentifikasi potensi sumber pencemar di sekitarnya; dan iii) asesmen kesiapan masyarakat melalui dialog dengan perangkat desa, pengurus meunasah, dan tokoh masyarakat untuk mengidentifikasi calon operator lokal dan memastikan dukungan tenaga gotong royong selama proses instalasi.
- 2) **Desain Peralatan dan Instalasi**
Berdasarkan data survei, tim pelaksana melakukan perancangan rekayasa detail yang mencakup: i) desain catu daya dan kelistrikan untuk menghitung kapasitas panel surya, baterai penyimpan daya, dan inverter yang dibutuhkan untuk kegunaan penerangan darurat di lokasi pemasangan instalasi air bersih; ii) desain pemipaan dan tangki penyimpanan, yaitu merancang tata letak perpipaan dari sumur baku menuju unit filtrasi hingga ke tangki penyimpanan air bersih; iii) desain sistem pengolahan untuk menentukan jenis media filter (pasir silika, karbon aktif, atau mangan) yang sesuai dengan karakteristik air baku pascabencana; dan iv) desain sistem distribusi, yaitu merancang titik-titik keran distribusi air bersih yang mudah diakses oleh masyarakat dan warga sekitar.
- 3) **Pembelian Alat dan Bahan**
Setelah desain disetujui, tahap pengadaan material dilakukan dengan mengacu pada spesifikasi teknis yang telah disusun. Material utama meliputi: i) komponen PLTS (panel surya, *solar charge controller*, baterai *deep cycle*, inverter, dan kabel instalasi); ii) komponen pengolahan air (pompa air, tabung filter FRP, media filtrasi, *housing filter*, dan sistem desinfeksi); serta iii) komponen perpipaan (pipa PVC/HDPE, *fitting*, stop kran) dan tangki air/tandon.
- 4) **Perakitan dan Uji Coba Lapangan**
Proses instalasi dilakukan di lokasi Meunasah Dayah Leubu dengan melibatkan mahasiswa dan partisipasi masyarakat (gotong royong) di bawah supervisi tim pelaksana. Tahapan ini meliputi: i) pembuatan strukturudukan panel surya dan perakitan instalasi kelistrikan; ii) pemasangan pompa pada sumur, instalasi tabung filter, dan perakitan jalur pipa menuju tangki penyimpanan; serta iii) uji coba menyalakan sistem secara keseluruhan, menguji fungsi kelistrikan PLTS, memeriksa kebocoran pada jalur pipa, dan memastikan laju aliran air berjalan optimal dari sumur hingga ke titik distribusi.

- 5) Pengujian Standar Air Hasil Olahan
Untuk memastikan air yang dihasilkan aman dan layak guna, dilakukan pengambilan sampel air dari titik akhir distribusi (keran air bersih). Sampel tersebut kemudian diuji di laboratorium Balai Riset dan Standardisasi (Baristand) Industri Aceh yang terakreditasi. Parameter yang diuji merujuk pada standar baku mutu air bersih yang mencakup parameter fisik, kimia, dan biologi.
- 6) Sosialisasi kepada Masyarakat
Setelah sistem terbukti berjalan dengan baik dan air dinyatakan aman, tim melakukan kegiatan sosialisasi yang melibatkan warga Desa Dayah Leubu secara luas. Materi sosialisasi mencakup: i) pemaparan mengenai pentingnya akses air bersih dan sanitasi untuk mencegah penyakit berbasis lingkungan (terutama pascabencana); ii) pengenalan teknologi yang baru saja diinstalasi (cara kerja pengolahan air dan PLTS) untuk menumbuhkan rasa memiliki terhadap fasilitas tersebut; serta iii) edukasi mengenai perilaku hidup bersih dan sehat (PHBS), termasuk tata cara penyimpanan air konsumsi yang benar melalui pembagian brosur.
- 7) Pelatihan Operasi dan Perawatan
Agar fasilitas ini berkelanjutan, tim memberikan pelatihan intensif secara khusus kepada 2–3 orang kader teknis/operator yang telah ditunjuk oleh desa atau pengurus meunasah. Pelatihan mencakup: i) SOP pengoperasian, yaitu cara menyalakan/mematikan sistem dan memantau indikator baterai PLTS; ii) perawatan rutin, yaitu prosedur pembersihan panel surya dari debu, penggantian filter, penambahan zat kimia klorin, pengoperasian dan perawatan sistem sterilisasi UV, serta cara melakukan *backwash* (pencucian balik) pada tabung filter agar tidak mampat; serta iii) *troubleshooting* ringan, yaitu cara mendeteksi dan mengatasi kendala teknis ringan secara mandiri sebelum memanggil teknisi ahli.

4 | HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Program pemulihan akses air bersih dan peningkatan ketahanan masyarakat pascabencana di Desa Dayah Leubu, Kecamatan Ulim, Kabupaten Pidie Jaya berhasil dilaksanakan melalui pemasangan instalasi pengolahan air bersih, pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) mini, serta pelaksanaan sosialisasi kesehatan dan sanitasi lingkungan kepada masyarakat.

4.1.1 Peningkatan Kualitas Air Bersih Melalui Instalasi Pengolahan Air

Instalasi pengolahan air bersih yang dibangun menggunakan sistem pengolahan bertingkat (*multi-stage treatment*) yang terdiri atas proses sedimentasi, filtrasi menggunakan media pasir dan mangan, adsorpsi dengan karbon aktif, klorinasi, penyaringan nano filter (10 mikron dan 5 mikron), serta teknologi *Reverse Osmosis* (RO). Sistem ini dirancang untuk mengatasi permasalahan kualitas air tanah pascabencana yang ditandai dengan warna kecoklatan dan tingkat kekeruhan yang tinggi. Hasil pengujian laboratorium menunjukkan bahwa instalasi yang diterapkan mampu meningkatkan kualitas air secara signifikan. Parameter fisik dan kimia utama seperti warna, kekeruhan, TDS, pH, nitrat, nitrit, besi (Fe), mangan (Mn), arsen (As), timbal (Pb), kadmium (Cd), kromium (Cr^{6+}), serta fluoride telah memenuhi baku mutu yang ditetapkan dalam Permenkes Nomor 2 Tahun 2023. Nilai kekeruhan air berhasil diturunkan menjadi 0,1 NTU, warna menjadi 1 TCU, dan kandungan besi serta mangan masing-masing menjadi 0,0129 mg/L dan 0,0175 mg/L. Meskipun seluruh parameter fisik dan kimia telah memenuhi standar kualitas air minum, hasil analisis mikrobiologi masih menunjukkan keberadaan total coliform sebesar 580 CFU/100 ml, sehingga dilakukan penambahan unit UV *Sterilizer* pada jalur distribusi khusus air minum. Penggunaan teknologi ultraviolet tersebut mampu memberikan jaminan keamanan mikrobiologis air yang dikonsumsi masyarakat secara langsung tanpa perlu proses perebusan.

4.1.2 Penyediaan Energi Mandiri Melalui PLTS Mini

Sebagai upaya mendukung keberlanjutan layanan air bersih dan meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat terhadap kondisi darurat pascabencana, dipasang sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) mini di lokasi instalasi pengolahan air. Sistem PLTS terdiri atas panel surya 100 WP, *solar charge controller*, baterai penyimpanan energi, inverter 1000 watt, dan lampu LED hemat energi. PLTS mini berfungsi sebagai sumber energi cadangan yang memastikan tersedianya penerangan di area meunasah dan instalasi pengolahan air saat terjadi pemadaman listrik. Keberadaan sistem ini mendukung aktivitas pengambilan air bersih oleh masyarakat pada malam hari, sekaligus memudahkan proses pemantauan dan pemeliharaan instalasi secara berkelanjutan.

4.1.3 Peningkatan Pengetahuan dan Kesadaran Masyarakat

Selain pembangunan infrastruktur, kegiatan juga menghasilkan peningkatan pemahaman masyarakat mengenai pentingnya air bersih dan sanitasi lingkungan melalui program sosialisasi kesehatan masyarakat. Kegiatan edukasi

difokuskan pada pengenalan karakteristik air layak konsumsi, hubungan antara kualitas air dengan kesehatan keluarga, serta risiko penyakit berbasis lingkungan yang sering muncul pascabencana, seperti diare, kolera, stunting, dan penyakit kulit. Masyarakat juga memperoleh pengetahuan praktis mengenai tindakan pencegahan penyakit melalui tiga langkah utama, yaitu menjaga jarak aman antara sumur dan tangki septik minimal 10 meter, merebus air minum hingga mendidih, serta menyimpan air dalam wadah yang bersih dan tertutup. Untuk memperkuat pemahaman tersebut, masyarakat diberikan media edukasi berupa brosur tentang pentingnya air bersih bagi kesehatan keluarga.

4.1.4 Penguatan Kemandirian dan Keberlanjutan Program

Rangkaian kegiatan ditutup dengan serah terima fasilitas instalasi pengolahan air bersih dan PLTS mini kepada masyarakat Desa Dayah Leubu. Serah terima ini menandai dimulainya fase pengelolaan mandiri oleh masyarakat sebagai bentuk keberlanjutan program. Dengan tersedianya sarana air bersih yang memenuhi standar kesehatan, dukungan energi mandiri, serta meningkatnya pengetahuan masyarakat tentang sanitasi, program ini berhasil memperkuat kapasitas masyarakat dalam memenuhi kebutuhan dasar air bersih dan meningkatkan ketahanan kesehatan pascabencana. Secara keseluruhan, hasil kegiatan menunjukkan bahwa penerapan teknologi pengolahan air bersih yang terintegrasi dengan sistem energi terbarukan dan edukasi masyarakat mampu menjadi solusi efektif dalam pemulihan akses air bersih, peningkatan kualitas kesehatan, dan penguatan ketahanan masyarakat Desa Dayah Leubu pascabencana.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Implementasi dan Kinerja Instalasi Pengolahan Air Bersih

Sistem instalasi pengolahan air bersih yang diterapkan di lokasi sasaran dirancang dengan teknologi multi-tahap (*multi-stage treatment*) untuk mengatasi permasalahan kualitas air tanah secara komprehensif. Berdasarkan observasi lapangan, sumber air baku memiliki karakteristik fisik yang buruk, yakni berwarna kecoklatan dan memiliki tingkat kekeruhan yang cukup tinggi akibat tingginya partikel tersuspensi pascabencana (Gambar 3).



Gambar 3. Air baku (kiri) dan air hasil olahan (kanan)

Proses pengolahan diawali dengan pemompaan air baku ke dalam bak penampung awal berkapasitas 1,5 meter kubik. Reservoir ini tidak hanya berfungsi sebagai penyimpan pasokan air, tetapi juga memberikan waktu retensi untuk proses sedimentasi partikel-partikel padat berukuran besar. Dari reservoir awal, air dipompa melewati unit filtrasi utama yang menggunakan dua unit tabung *Fiber Reinforced Plastic* (FRP). Tabung FRP pertama difungsikan untuk filtrasi fisik dan kimia. Tabung ini memuat media filter berupa kombinasi pasir dan mangan (*manganese*). Pasir berfungsi menahan partikel lumpur dan sedimen, sedangkan media mangan secara spesifik bekerja mengoksidasi dan menyaring kandungan zat besi (Fe) dan mangan (Mn) terlarut yang menjadi penyebab utama air berwarna kecoklatan. Setelah itu, air dialirkan ke dalam tabung FRP kedua yang berisi media karbon aktif (*activated carbon*). Karbon aktif memiliki luas permukaan pori-pori yang sangat besar sehingga sangat efektif dalam mengabsorpsi senyawa organik, zat kimiawi sisa, serta menghilangkan bau tidak sedap pada air.



Gambar 4. Instalasi pengolahan air bersih yang dipasang di Desa Dayah Leubu, Kecamatan Ulim, Pidie Jaya

Setelah kualitas organoleptik air membaik melalui unit FRP, air kemudian dilewatkan ke dalam tabung yang berisi klorin (injektor/dispenser). Proses klorinasi ini merupakan langkah disinfeksi awal yang krusial untuk mengoksidasi agen biologi dan menonaktifkan bakteri patogen di dalam air. Untuk memastikan kejernihan maksimal dan mencegah lolosnya partikel halus maupun residu media filter sebelumnya, air selanjutnya dialirkan melewati sistem penyaringan tingkat presisi menggunakan dua unit filter nano secara seri, yang masing-masing memiliki tingkat kerapatan 10 mikron dan 5 mikron. Sebagai tahapan purifikasi utama, air hasil penyaringan mikro disuplai ke dalam satu unit sistem *Reverse Osmosis* (RO). Teknologi membran semi-permeabel pada unit RO ini bekerja dengan tekanan tinggi untuk menyaring molekul-molekul anorganik serta menurunkan kadar Total Padatan Terlarut (*Total Dissolved Solids/TDS*) secara drastis, sehingga menghasilkan air dengan tingkat kemurnian tinggi. Air hasil olahan dari unit RO kemudian ditampung di dalam reservoir air bersih tahap akhir. Pada titik penampungan ini, air telah memenuhi standar baku mutu kesehatan dan sudah dapat didistribusikan secara massal untuk berbagai keperluan domestik masyarakat, seperti mandi, mencuci, dan sanitasi. Instalasi pengolahan air yang dipasang ditunjukkan pada Gambar 4.

Tabel 1. Hasil Uji Air Hasil Olahan RO di Tempat Mitra

No	Parameter Uji	Metode Uji	Satuan	Baku Mutu (Permenkes No. 2 Tahun 2023)	Hasil Uji
1	Suhu	SNI 3554:2015 butir 3.3	°C	Suhu udara ± 3	28,7
2	Warna	SNI 3554:2015 butir 3.2.3	TCU	Maks. 10	1
3	TDS	SNI 3554:2015 butir 3.5	mg/L	<300	212
4	Kekeruhan	SNI 3554:2015 butir 3.4	–	<3	0,1
5	Bau	SNI 3554:2015 butir 3.2.1	–	Tidak berbau	Tidak berbau
6	pH	SNI 3554:2015 butir 3.3	mg/L	6,5–8,5	7,4
7	Nitrat (sebagai terlarut)	NO ₃ , SNI 3554:2015 butir 3.8	mg/L	Maks. 20	0,7657
8	Nitrit (sebagai terlarut)	NO ₂ , SNI 3554:2015 butir 3.9	mg/L	Maks. 3	<0,0062#
9	Besi/Fe (terlarut)	SNI 3554:2015 butir 3.15.1	mg/L	Maks. 0,2	0,0129
10	Mangan/Mn (terlarut)	SNI 3554:2015 butir 3.16.1	mg/L	Maks. 0,1	0,0175
11	Kadmium/Cd (terlarut)	SNI 3554:2015 butir 3.26.3.1	mg/L	Maks. 0,003	<0,001#
12	Kromium valensi 6 (Cr ⁶⁺ , terlarut)	SNI 3554:2015 butir 3.18.1	mg/L	Maks. 0,01	<0,001#
13	Fluoride/F (terlarut)	SNI 3554:2015 butir 3.13	mg/L	Maks. 1,5	<0,0164#
14	Timbal/Pb	SNI 3554:2015 butir	mg/L	Maks. 0,01	<0,001#

		3.26.1.1			
15	Total coliform	ISO 9308-1:2014	CFU/100 ml	0	580
16	E. coli	ISO 9308-1:2014	CFU/100 ml	0	0
17	Sisa khlor	SNI 3554:2015 butir 3.17	mg/L	0,2-0,5 (waktu kontak 30 menit)	0,4144
18	Arsen/As	SNI 3554:2015 butir 3.26.5.3	mg/L	Maks. 0,01	0,0015

Sumber: Balai Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri Banda Aceh (2025).

Guna menjawab kebutuhan masyarakat akan akses air minum yang praktis dan aman, sistem distribusi dipecah menjadi dua jalur. Jalur khusus untuk kebutuhan air minum (*drinking water*) dilewatkan terlebih dahulu pada satu unit UV *Sterilizer* (Gambar 4). Unit *sterilizer* ditambahkan karena hasil olahan air masih terdapat kandungan coliform di atas ambang batas yang ditetapkan Permenkes Nomor 2 Tahun 2023, meskipun parameter lainnya semua sudah memenuhi persyaratan. Paparan sinar ultraviolet mendisinfeksi air secara fotokimia dengan merusak DNA/RNA mikroorganisme untuk memastikan tidak ada bakteri atau virus yang tersisa tanpa menambahkan bahan kimia berlebih. Melalui tahapan ini, air yang keluar dari keran unit UV *Sterilizer* dapat dijamin aman secara mikrobiologis dan dapat langsung dikonsumsi oleh masyarakat (Gambar 5) tanpa perlu melalui proses perebusan.



Gambar 5. Salah satu anggota masyarakat yang mengisi *tumbler* air dari hasil olahan untuk langsung dikonsumsi

4.2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Selain pemulihan sarana air bersih, aspek ketersediaan energi pascabencana menjadi komponen krusial dalam memulihkan kualitas hidup masyarakat. Oleh karena itu, di lokasi yang sama dengan instalasi pengolahan air bersih, diintegrasikan sebuah sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) skala mini (Gambar 6). Pemasangan PLTS ini dirancang secara khusus untuk menyuplai energi lampu darurat (*emergency lamp*) secara mandiri, sehingga meunasah dan area pengolahan air tetap memiliki pencahayaan optimal meskipun terjadi pemadaman listrik total dari jaringan utama (PLN). PLTS mini yang diimplementasikan di Meunasah Dayah Leubu mengandalkan lima komponen utama yang terintegrasi secara modular, yaitu:

- 1) Panel Surya 100 WP — berfungsi sebagai unit pemanen energi yang mengubah foton dari sinar matahari menjadi arus listrik searah. Panel ini dipasang di atas atap bangunan instalasi pengolah air bersih sehingga dapat digunakan oleh masyarakat yang mengambil air saat listrik padam.
- 2) Solar Charge Controller (SCC) — berfungsi sebagai otak pengatur lalu lintas daya. SCC mengatur tegangan dan arus yang masuk dari panel surya ke baterai, serta mencegah terjadinya pengisian berlebih maupun pengosongan total yang dapat memperpendek umur pakai baterai.
- 3) Baterai — bertindak sebagai unit penyimpanan energi kimia. Energi listrik yang diproduksi pada siang hari disimpan di dalam baterai untuk memastikan pasokan daya ke lampu penerangan darurat dapat terus berjalan selama malam hari atau saat kondisi cuaca ekstrem (mendung/hujan).
- 4) Inverter 1000 Watt — berfungsi mengubah arus searah (DC) dari baterai menjadi arus bolak-balik bertegangan 220V standar. Kapasitas inverter sebesar 1000 watt dipilih untuk memberikan batas aman yang luas terhadap lonjakan beban awal dari lampu penerangan maupun perangkat elektronik darurat lainnya.

- 5) Lampu Penerangan Darurat — menggunakan teknologi lampu hemat energi (LED) yang ditempatkan pada titik strategis di area meunasah dan ruang instalasi air bersih.



Gambar 6. Proses instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya mini di Meunasah Desa Dayah Leubu, Kecamatan Ulim, Pidie Jaya

PLTS mini pada lokasi yang sama dengan instalasi air bersih memberikan keuntungan logistik dan operasional yang signifikan. Secara teknis, sistem kelistrikan mandiri ini menjamin bahwa seluruh aktivitas pemantauan kualitas air, pengambilan air bersih oleh warga pada malam hari, serta pemeliharaan berkala filter tetap dapat dilakukan dalam kondisi gelap pascabencana.



Gambar 7. Sosialisasi dan edukasi sanitasi lingkungan kepada perwakilan masyarakat Desa Dayah Leubu

4.2.3 Sosialisasi Kesehatan Masyarakat dan Edukasi Sanitasi Lingkungan

Keberhasilan intervensi infrastruktur fisik (pemasangan instalasi air bersih dan PLTS mini) tidak akan berjalan optimal dan berkelanjutan tanpa diiringi dengan perubahan perilaku dan peningkatan kesadaran masyarakat. Oleh karena itu, diperlukan juga sosialisasi kesehatan masyarakat yang bertujuan untuk meningkatkan literasi kesehatan warga Desa Dayah Leubu terkait sanitasi air dan pencegahan penyakit pascabencana. Kegiatan yang dilakukan mencakup edukasi mengenai pentingnya melindungi keluarga melalui deteksi dini kualitas air secara mandiri (Gambar 7). Beberapa wakil masyarakat diberikan pemahaman praktis mengenai parameter organoleptik (fisik) air bersih yang layak guna, yang dirangkum dalam tiga syarat utama, yaitu bening, segar, dan tawar. Edukasi dilanjutkan dengan membedah korelasi langsung antara konsumsi air yang tidak memenuhi syarat (air kotor) dengan derajat kesehatan masyarakat. Terdapat beberapa risiko kesehatan utama yang sering muncul pascabencana, yaitu diare, kolera, stunting, dan penyakit kulit. Untuk memudahkan pemahaman mengenai berbagai risiko tersebut, tim pelaksana menyerahkan brosur tentang pentingnya air bersih untuk hidup sehat (Gambar 8).



Gambar 8. Brosur "Lindungi Keluarga dengan Air Bersih" yang diserahkan kepada masyarakat Desa Dayah Leubu

Sebagai bentuk mitigasi dan tindakan preventif yang dapat diaplikasikan langsung oleh warga pascasosialisasi, tim memaparkan Tiga Langkah Cerdas Mencegah Penyakit, yaitu:

- 1) Menjaga Jarak Sumur dengan Tangki Septik — mengedukasi warga terkait standar tata letak sanitasi yang benar, di mana jarak aman antara sumber air bersih (sumur) dengan area pembuangan limbah (tangki septik) minimal 10 meter. Hal ini krusial untuk mencegah infiltrasi atau rembesan bakteri ke dalam akuifer air tanah dangkal yang dikonsumsi warga.
- 2) Merebus Air Minum hingga Mendidih — menekankan pentingnya proses disinfeksi termal. Meskipun air terlihat bening, masyarakat diwajibkan untuk merebus air minum hingga mendidih sempurna (bergolak) setidaknya selama 1–3 menit untuk memastikan seluruh mikroorganisme berbahaya mati.
- 3) Menyimpan Air dengan Benar Menggunakan Wadah Tertutup — air yang sudah direbus atau diolah sering kali terkontaminasi ulang (*re-contamination*) akibat cara penyimpanan yang buruk. Warga diedukasi untuk selalu menyimpan air konsumsi dalam wadah yang bersih, dicuci dengan sabun, dan ditutup rapat agar terhindar dari lalat, debu, maupun vektor pembawa penyakit lainnya.

Sebagai puncak sekaligus penutup dari seluruh rangkaian program penerapan teknologi dan pengabdian kepada masyarakat ini, dilaksanakan agenda serah terima fasilitas secara formal. Kegiatan ini menandai transisi penting dari fase intervensi fisik dan edukasi oleh tim pelaksana, menuju fase pengelolaan mandiri oleh masyarakat setempat (Gambar 9).



Gambar 9. Serah terima peralatan kepada Pemerintah Desa Dayah Leubu, Kecamatan Ulim, Pidie Jaya.

5 | KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Berdasarkan keseluruhan rangkaian kegiatan pengabdian dan penerapan teknologi yang telah dilaksanakan di Desa Dayah Leubu, Kecamatan Ulim, Pidie Jaya, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Intervensi teknologi tepat guna terbukti menjadi solusi yang efektif dalam mempercepat pemulihan infrastruktur dasar masyarakat yang terdampak bencana. Pemasangan Instalasi Pengolahan Air Bersih berbasis filtrasi multi-tahap, *Reverse Osmosis* (RO), dan UV *Sterilizer* telah memberikan akses masyarakat terhadap air yang memenuhi syarat kesehatan (bening, segar, tawar) hingga pada tingkat layak minum.
- 2) Integrasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) mini berkapasitas 100 WP di lokasi yang sama memberikan nilai tambah berupa kemandirian energi. Sistem ini memastikan bahwa pasokan air bersih dan penerangan darurat di area meunasah tetap dapat beroperasi dan diakses oleh warga pada malam hari atau saat terjadi pemadaman listrik secara luas.
- 3) Pendekatan rekayasa teknis yang diiringi dengan rekayasa sosial (*social engineering*) melalui kegiatan sosialisasi kesehatan masyarakat telah berhasil menjembatani kesenjangan pengetahuan warga terkait sanitasi. Masyarakat kini memiliki literasi yang lebih baik mengenai bahaya air kotor terhadap ancaman penyakit bawaan air (diare, kolera, penyakit kulit) hingga stunting, serta memahami tiga langkah cerdas pencegahan penyakit di tingkat rumah tangga.

Selanjutnya, dengan diserahterimkannya fasilitas tersebut kepada pihak desa, diharapkan tercipta rasa kepemilikan komunal yang kuat di tengah masyarakat Desa Dayah Leubu. Harapan terbesar di masa depan adalah keberlanjutan program ini, di mana warga, perangkat desa, dan pengurus meunasah dapat bersinergi untuk mengoperasikan, merawat, dan memelihara instalasi secara mandiri berbekal panduan operasional yang telah diberikan. Lebih jauh lagi, fasilitas dan pengetahuan yang telah ditransfer ini diharapkan tidak hanya menjadi solusi insidental pascabencana, tetapi juga mampu menjadi fondasi dalam membangun budaya perilaku hidup bersih dan sehat. Dengan terpenuhinya kebutuhan dasar berupa air bersih yang higienis dan energi mandiri, diharapkan kualitas hidup, derajat kesehatan, serta resiliensi masyarakat Desa Dayah Leubu dalam menghadapi ancaman krisis lingkungan dan bencana di masa mendatang dapat terus meningkat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kegiatan ini dibiayai oleh Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) yang dikelola oleh Kemendiknasaintek di bawah Program EQUITY, Kontrak Pelaksanaan No. 4318/B3/DT.03.08/2025 dan No. 491/UN11/HK.02.06/2025. Terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya disampaikan kepada School of Physics, Universiti Sains Malaysia, sebagai Mitra Internasional pada kegiatan ini. Ucapan terima kasih disampaikan kepada mahasiswa Program Studi Teknik Elektro Universitas Syiah Kuala yang berkontribusi pada kegiatan ini: Nur Amelia Natasha, M. Iqbal Maulana, Oza Syahputra, M. Daffa Zainata Bahri, Wahyudi Adami, Aiyash Maulana Ismar, Rahmat Soeltan, dan Fatih Attariq Andena.

REFERENSI

- Adi, S. (2013). Karakterisasi bencana banjir bandang di Indonesia. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*, 15(1).
- Afandi, A., Widyawati, S. A., & Irawan, N. (2024). Analisis kerentanan kesehatan penduduk pasca bencana. *Pro Health Jurnal Ilmiah Kesehatan*, 6(2), 92–95. <https://doi.org/10.35473/prohealth.v6i2.3715>
- Amaratunga, D., Anzellini, V., Guadagno, L., Hagen, J. S., Komac, B., Krausmann, E., Linsen, M., Pescaroli, G., Rossi, J. L., & Samuel, K. (2023). *Regional assessment report on disaster risk reduction 2023: Europe and Central Asia*. United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR).
- Arief, A. (2025, [tanggal perlu dilengkapi]). Siklon Senyar menewaskan lebih dari 600 jiwa di tiga negara, 442 jiwa di Indonesia. *Kompas.id*. <https://www.kompas.id/artikel/siklon-senar-menewaskan-lebih-dari-600-jiwa-di-tiga-negara-442-jiwa-di-indonesia>

- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika [BMKG]. (2025, [tanggal perlu dilengkapi]). *Siklon tropis Senyar terbentuk, BMKG minta siaga cuaca ekstrem di Aceh dan Sumut*. <https://www.bmkg.go.id/siaran-pers/siklon-tropis-senyar-terbentuk-bmkg-minta-siaga-cuaca-ekstrem-di-aceh-dan-sumut>
- Hutan Aceh, Kebun Aceh, dan Alam [HAKA]. (2025, [tanggal perlu dilengkapi]). *Siklon tropis Senyar dan dampaknya*. <https://haka.or.id/bencana-banjir-aceh-senyar/>
- Hapizah, N., Anjasmari, N. M. M., & Sari, R. (2025). Implementasi Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 Pasal 1 Ayat 5 tentang higiene sanitasi depot air minum di Kecamatan Banua Lawas Kabupaten Tabalong. *Jurnal Kebijakan Publik*, 2(4), 1554–1563.
- Hasibuan, F. A., Anata, H. D. A. H. D., Fadhilah, Y., Sari, D., Nora, A., Maharani, F., Harahap, A. M., Siregar, M. N. H., Aswan, N., & Lubis, A. L. (2026). Penguatan ketahanan masyarakat terdampak bencana melalui rehabilitasi sanitasi dan penyediaan air bersih. *Jejak Pengabdian Indonesia (JPI)*, 2(1), 1–7.
- Leela, V. (2025). UNICEF–strategy for water, sanitation and hygiene (WASH). *Journal of Scientific Research and Technology*, [volume perlu dilengkapi], 252–260. <https://doi.org/10.61808/jsrt278>
- Lin, J., Qian, T., & Klotzbach, P. (2022). Tropical cyclones. *Atmosphere-Ocean*, 60(3–4). <https://doi.org/10.1080/07055900.2022.2086849>
- Mediany, S., Haryanto, Y. D., & Fadlan, A. (2025). Tinjauan klimatologis kejadian banjir bandang di Kabupaten Lahat, Sumatera Selatan tanggal 5 Juli 2023. *Jurnal Fisika Unand*, 14(3), 279–290. <https://doi.org/10.25077/jfu.14.3.279-290.2025>
- Mitchell, E. J., & Frisbie, S. H. (2023). A comprehensive survey and analysis of international drinking water regulations for inorganic chemicals with comparisons to the World Health Organization's drinking-water guidelines. *PLOS ONE*, 18(11), e0287937. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0287937>
- Rahayu, C. (2024). *Implementasi kebijakan pemerintah daerah dalam penerapan Program Penyediaan Air Minum dan Sanitasi Berbasis Masyarakat (PAMSIMAS) di Kecamatan Pelawan (Studi pada Desa Pematang Kolim)* [Skripsi/Tesis, Universitas Jambi].
- Utami, D. R. R. B., Sari, D. K., Wulandari, R., & Istiqomah, A. R. (2021). Kesiapsiagaan bencana banjir masyarakat Dusun Kesongo. *Jurnal Ilmiah Kesehatan Keperawatan*, 17(1), 1–7. <https://doi.org/10.26753/jikk.v17i1.544>
- Zilling, I., & Lestander, K. (2019). *Environmental impact of wastewater treatment: A study of membrane bioreactor and Iso-Disc technologies from a life cycle perspective* [Student paper, Lund University]. <https://lup.lub.lu.se/student-papers/record/8983448>.

How to cite this article: Fuadi, Z., Nasaruddin, N., Syukri, M., Sofia, S., Mujiburrahmad, M., Rahman, A., Muhammad, S., Nasution, A. R., Misbahussudur, M., & Kesha, A. D. (2026). Instalasi Pengolah Air Bersih untuk Mendukung Kualitas Kesehatan Masyarakat Desa Dayah Leubu Kecamatan Ulim Pidie Jaya Pasca Bencana Siklon Senyar 2025. *AJAD : Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 6(2), 331–342. <https://doi.org/10.59431/ajad.v6i2.850>.