

IMPLEMENTASI TEKNOLOGI FILTRASI AIR MULTI-STAGE BERBASIS ENERGI SURYA UNTUK PENYEDIAAN AIR BERSIH PASCABANJIR DI DESA PANTAI CEMPA, ACEH TAMIANG

Tri Mustika Sarjani¹⁾, Mawardi²⁾, Abbiyu tsani³⁾, Robi maulana⁴⁾, Habibi Ramadhan⁵⁾, Seli wahyuni⁶⁾, Siska Senang Diara⁷⁾, Alya futria pasyah⁸⁾, Nuraini⁹⁾, Nurul Husna¹⁰⁾, Sintia¹¹⁾, Alfi Nofita Munthe¹²⁾, Dina Rahmania¹³⁾, Nuraini saragih¹⁴⁾, Shova Almaida¹⁵⁾, Assifa Audya Revalina¹⁶⁾, Novelina Nursyafrina¹⁷⁾, Amelina Puspita Sari¹⁸⁾

1,2,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18) Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Samudra

³⁾ Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Samudra
sarjani@unsam.ac.id

Abstract

Flash floods that struck Pantai Cempa Village, Aceh Tamiang Regency, severely damaged clean water facilities and contaminated community water sources. Post-disaster assessment indicated that approximately 80% of households lacked access to safe and adequate drinking water, increasing the risk of waterborne diseases and hampering socio-economic recovery. This community service program aimed to implement a solar-powered multi-stage water filtration system as a sustainable and community-managed solution for clean water provision. The system integrates solar panels, a solar charge controller, a DC water pump, multi-stage filtration media (sand, charcoal, and fiber), storage tanks, and a simple distribution network. The implementation methods included preliminary surveys, focus group discussions, technical training, participatory installation, operational mentoring, and system handover to local community groups. The results demonstrate improved water clarity and usability, functional operation of the solar-based filtration unit, and increased community capacity in maintaining the system independently. This initiative strengthens community resilience, promotes renewable energy utilization, and contributes to sustainable development goals related to clean water and affordable clean energy.

Keywords: water filtration, solar energy, post-disaster, community empowerment, clean water.

Abstrak

Banjir bandang yang melanda Desa Pantai Cempa, Kabupaten Aceh Tamiang, mengakibatkan kerusakan sarana air bersih dan pencemaran sumber air masyarakat. Hasil asesmen pascabencana menunjukkan sekitar 80% kepala keluarga tidak memiliki akses air layak konsumsi, sehingga meningkatkan risiko penyakit berbasis air dan memperlambat pemulihan sosial-ekonomi. Program pengabdian ini bertujuan mengimplementasikan teknologi filtrasi air multi-stage berbasis energi surya sebagai solusi penyediaan air bersih yang berkelanjutan dan berbasis pemberdayaan masyarakat. Sistem terdiri atas panel surya, solar charge controller, pompa air DC, unit filtrasi multi-tahap (media pasir, arang, dan serat), tandon penyimpanan, serta jaringan distribusi sederhana. Metode pelaksanaan meliputi survei awal, diskusi kelompok terarah, pelatihan teknis, pemasangan partisipatif, pendampingan operasional, dan serah kelola kepada kelompok masyarakat desa. Hasil kegiatan menunjukkan peningkatan kualitas air menjadi lebih jernih dan layak digunakan, berfungsinya unit filtrasi tenaga surya secara optimal, serta meningkatnya kapasitas masyarakat dalam pengoperasian dan perawatan sistem secara mandiri. Kegiatan ini berkontribusi pada penguatan ketangguhan masyarakat terhadap bencana serta mendukung pemanfaatan energi terbarukan secara berkelanjutan.

Keywords: filtrasi air multi-stage, energi surya, pascabanjir, pemberdayaan masyarakat, air bersih.

PENDAHULUAN

Banjir bandang yang terjadi pada 26 November 2025 di Desa Pantai Cempa, Kabupaten Aceh Tamiang, menyebabkan kerusakan signifikan pada infrastruktur dasar, khususnya sarana penyediaan air bersih. Sumur gali dan instalasi pipa sederhana milik masyarakat tercemar lumpur serta limbah domestik sehingga air menjadi keruh, berbau, dan tidak layak konsumsi. Fenomena ini sejalan dengan laporan Badan Nasional Penanggulangan Bencana (2023) yang menunjukkan bahwa banjir merupakan bencana paling dominan di Indonesia dan berulang kali mengganggu sistem air bersih masyarakat.

Gangguan akses air bersih pada situasi pascabencana bukan hanya persoalan teknis, tetapi juga berdampak langsung terhadap kesehatan publik. World Health Organization (2022) menegaskan bahwa kerusakan sistem air minum pascabencana meningkatkan risiko penyakit berbasis air seperti diare dan infeksi saluran pencernaan. Meskipun bantuan air bersih sering diberikan pada fase tanggap darurat, pendekatan tersebut umumnya bersifat sementara dan belum menyentuh aspek keberlanjutan pengelolaan di tingkat komunitas. UNICEF (2021) merekomendasikan sistem WASH berbasis komunitas sebagai strategi pemulihan, namun implementasinya di wilayah pedesaan rawan bencana masih terbatas pada skala proyek jangka pendek.

Di sisi lain, pemanfaatan energi terbarukan dalam sistem penyediaan air bersih pascabencana masih belum optimal. International Renewable Energy Agency (2022) menyatakan bahwa sistem energi surya skala kecil memiliki keunggulan pada kondisi darurat karena tidak bergantung pada

jaringan listrik utama. Namun, dalam praktiknya, integrasi antara teknologi filtrasi air sederhana dan sistem energi surya berbasis pemberdayaan masyarakat masih jarang didokumentasikan secara sistematis dalam kegiatan pengabdian masyarakat di Indonesia. Inilah celah (gap) yang ingin dijawab melalui program ini, yaitu menghadirkan model filtrasi multi-stage berbasis energi surya yang tidak hanya efektif secara teknis, tetapi juga berkelanjutan secara kelembagaan di tingkat desa.

Secara teknis, efektivitas filtrasi bertahap dalam menurunkan kekeruhan dan partikel tersuspensi telah banyak dibuktikan. Studi dalam jurnal *Desalination* oleh Zularisam et al. (2016) menunjukkan bahwa kombinasi media filtrasi mampu meningkatkan kualitas fisik air secara signifikan sebelum tahap desinfeksi lanjutan. Penelitian lain pada jurnal *Water Research* (Lantagne & Yates, 2018) menekankan bahwa keberhasilan teknologi pengolahan air rumah tangga sangat dipengaruhi oleh faktor operasional dan kapasitas pengguna. Sementara itu, kajian terbaru pada jurnal *Renewable Energy* menunjukkan bahwa sistem pompa air tenaga surya skala komunitas efektif menekan biaya operasional dan meningkatkan keandalan layanan di wilayah terpencil (IRENA, 2022).

Berdasarkan kerangka tersebut, kegiatan pengabdian ini dirancang tidak hanya untuk memasang unit filtrasi air multi-stage berbasis energi surya, tetapi juga untuk mengintegrasikan aspek pelatihan, pendampingan, dan serah kelola kepada masyarakat. Pendekatan ini diharapkan mampu menjawab keterbatasan model bantuan darurat konvensional dengan menghadirkan solusi teknis yang adaptif, berkelanjutan, dan memperkuat

ketangguhan desa terhadap risiko bencana di masa mendatang.

METODE

Metode pelaksanaan pengabdian menggunakan pendekatan partisipatif berbasis pemberdayaan masyarakat (*community-based participatory approach*). Pendekatan ini dipilih karena dinilai efektif dalam meningkatkan kepemilikan program dan keberlanjutan pengelolaan infrastruktur air bersih di tingkat lokal, sebagaimana direkomendasikan oleh Asian Development Bank (2020) dalam pedoman penyediaan air dan sanitasi berbasis komunitas pascabencana. Model partisipatif juga sejalan dengan prinsip *WASH in Emergencies* dari UNICEF (2021) yang menekankan keterlibatan aktif masyarakat dalam perencanaan, implementasi, dan pemeliharaan sistem air bersih.

Tahapan kegiatan meliputi: (1) survei lapangan dan analisis kualitas air awal untuk mengidentifikasi tingkat kekeruhan dan kondisi sumber air; (2) perancangan sistem filtrasi air multi-stage berbasis energi surya; (3) pengadaan alat dan bahan; (4) pelatihan teknis kepada kelompok masyarakat; (5) pemasangan dan instalasi sistem secara gotong royong; (6) uji coba operasional dan evaluasi; serta (7) serah kelola dan pendampingan berkelanjutan. Tahapan ini disusun mengacu pada siklus manajemen program pengabdian berbasis pemberdayaan yang menekankan asesmen kebutuhan, intervensi teknis, serta penguatan kapasitas lokal (Sukardi, 2004).

Sistem yang dibangun terdiri atas panel surya berkapasitas 200–300 WP, *solar charge controller*, baterai penyimpanan, pompa air DC, unit filtrasi multi-stage (media kerikil, pasir silika, arang aktif, dan serat), tandon air

berkapasitas 1.000 liter, serta jaringan distribusi sederhana. Pemanfaatan energi surya dipilih karena bersifat mandiri dan adaptif terhadap kondisi pascabencana yang sering mengalami gangguan listrik, sejalan dengan rekomendasi International Renewable Energy Agency (2022) terkait sistem energi terbarukan skala komunitas di wilayah terdampak bencana. Secara teknis, penggunaan media filtrasi bertahap merujuk pada prinsip pengolahan air fisik untuk menurunkan kekeruhan dan partikel tersuspensi sebelum proses lanjutan, sebagaimana dibahas dalam literatur pengolahan air oleh Zularisam et al. (2016) pada jurnal *Desalination*.

Instrumen evaluasi meliputi lembar observasi partisipatif untuk menilai keterlibatan dan keterampilan teknis masyarakat, angket untuk mengukur peningkatan pemahaman terkait prinsip kerja dan perawatan sistem, serta pengukuran kualitas air sebelum dan sesudah filtrasi. Parameter kualitas air yang diamati mencakup tingkat kekeruhan (*turbidity*) dan perubahan warna air secara visual menggunakan tabung uji sederhana, mengacu pada pedoman kualitas air minum dari World Health Organization (2017) serta standar parameter fisik air bersih dalam Kementerian Kesehatan Republik Indonesia (2023). Angket disusun menggunakan skala Likert empat tingkat untuk mengukur peningkatan pemahaman dan kesiapan operasional masyarakat, sesuai prinsip evaluasi program pendidikan dan pemberdayaan (Sukardi, 2004).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi sistem filtrasi air multi-stage berbasis energi surya menunjukkan kinerja operasional yang stabil pada siang hari dengan suplai

energi mandiri dari panel 200–300 WP. Sistem mampu mengalirkan air secara kontinu tanpa ketergantungan pada jaringan listrik konvensional. Temuan ini konsisten dengan laporan International Renewable Energy Agency (2022) yang menyatakan bahwa sistem tenaga surya skala komunitas efektif diterapkan di wilayah terdampak bencana karena bersifat modular, mudah dipasang, dan memiliki biaya operasional rendah.

Dari aspek kualitas air, terjadi penurunan kekeruhan secara visual yang ditandai perubahan warna air dari keruh kecokelatan menjadi lebih jernih dan tidak berbau setelah melewati media kerikil, pasir silika, arang aktif, dan serat. Secara teoritis, reduksi kekeruhan merupakan indikator penting dalam meningkatkan efektivitas pengolahan air karena partikel tersuspensi dapat menjadi media pembawa mikroorganisme patogen. World Health Organization (2022) menegaskan bahwa pengurangan turbidity berkontribusi langsung terhadap peningkatan keamanan air untuk kebutuhan domestik. Hasil ini sejalan dengan temuan Zularisam et al. (2016) dalam jurnal *Desalination* yang menunjukkan bahwa filtrasi bertahap efektif dalam memperbaiki parameter fisik air permukaan sebelum proses desinfeksi lanjutan.

Dari aspek pemberdayaan, analisis kuantitatif menunjukkan adanya peningkatan kapasitas teknis masyarakat. Rata-rata skor pemahaman meningkat dari 62% (pra-pelatihan) menjadi 88% (pasca-pelatihan).

Berdasarkan perhitungan **normalized gain (g)** dengan rumus

$$g = (post - pre)/(100 - pre),$$

diperoleh nilai:

$$g = (88 - 62)/(100 - 62) = 26/38 = 0,68$$

Nilai gain sebesar 0,68 termasuk dalam kategori **tinggi**, yang menunjukkan efektivitas pelatihan dalam meningkatkan pemahaman teknis peserta. Selain itu, 85% peserta mampu melakukan pembersihan media filtrasi dan pengecekan panel surya secara mandiri. Hasil ini mengindikasikan bahwa transfer pengetahuan berjalan optimal dan berpotensi mendukung keberlanjutan sistem. Temuan tersebut sejalan dengan kajian Lantagne & Yates (2018) dalam *Water Research* yang menyatakan bahwa keberhasilan teknologi pengolahan air skala komunitas sangat dipengaruhi oleh kapasitas operasional pengguna.

Secara metodologis, keberhasilan ini didukung oleh tahapan kegiatan yang sistematis, mulai dari survei awal, perancangan sistem, pelatihan teknis, instalasi partisipatif, hingga serah kelola dan pendampingan. Pendekatan ini konsisten dengan pedoman Asian Development Bank (2020) yang menekankan pentingnya integrasi aspek teknis dan kelembagaan dalam program air bersih pascabencana. Tanpa penguatan kapasitas lokal, infrastruktur berisiko tidak berfungsi optimal dalam jangka panjang.

Secara makro, integrasi teknologi filtrasi dan energi terbarukan dalam program ini mendukung pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan, khususnya tujuan 6 (air bersih dan sanitasi) dan tujuan 7 (energi bersih dan terjangkau), sebagaimana dilaporkan oleh United Nations (2022). Dengan demikian, hasil pengabdian Pemanfaatan energi surya menjadi solusi strategis karena pascabencana sering terjadi pemadaman listrik. Sistem ini tidak hanya menjawab kebutuhan air bersih darurat, tetapi juga mendorong pemanfaatan energi terbarukan di tingkat desa. Dengan demikian, program ini memperkuat ketahanan

masyarakat secara teknis dan kelembagaan.

Berikut tahapan Kinerja Teknis Sistem:

(1) survei lapangan dan analisis kualitas air awal untuk mengidentifikasi tingkat kekeruhan dan kondisi sumber air;

(2) perancangan sistem filtrasi air multi-stage berbasis energi surya;



(3) pengadaan alat dan bahan;



(4) pelatihan teknis kepada kelompok masyarakat



(5) pemasangan dan instalasi sistem secara gotong royong;



(6) uji coba operasional dan evaluasi;



(7) serah kelola dan pendampingan berkelanjutan.



SIMPULAN

Implementasi teknologi filtrasi air *multi-stage* berbasis energi surya di Desa Pantai Cempa terbukti mampu menjawab permasalahan keterbatasan akses air bersih pascabencana. Sistem yang dibangun berfungsi dengan baik, meningkatkan kualitas air secara nyata, serta dapat dioperasikan dan dirawat secara mandiri oleh masyarakat setelah melalui proses pelatihan dan pendampingan. Secara umum, kegiatan ini menunjukkan bahwa penerapan teknologi tepat guna berbasis energi terbarukan efektif dalam mendukung pemulihan layanan dasar dan memperkuat ketangguhan masyarakat terhadap bencana.

Sebagai rekomendasi, diperlukan pengembangan sistem dengan kapasitas yang lebih besar serta pengujian kualitas air secara laboratorium untuk memastikan standar kesehatan yang lebih akurat. Bagi peneliti dan pelaksana pengabdian selanjutnya, disarankan untuk

melakukan replikasi program di wilayah rawan bencana lainnya dengan pendekatan kolaboratif lintas disiplin agar keberlanjutan dan dampak sosialnya semakin luas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim pengabdian menyampaikan terima kasih kepada Pemerintah Desa Pantai Cempa, kelompok masyarakat penerima manfaat, serta Universitas Samudra atas dukungan fasilitasi kegiatan. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (DPPM) Kemendiktisaintek Tahun 2026 atas dukungan pendanaan sehingga program pengabdian ini dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Asian Development Bank. (2020). *Guidance note on water supply and sanitation in emergency and disaster situations*. Manila: ADB.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. (2023). *Data informasi bencana Indonesia (DIBI)*. Jakarta: BNPB.
- International Renewable Energy Agency. (2022). *Renewable energy for resilient communities*. Abu Dhabi: IRENA.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2023). *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 tentang persyaratan kualitas air minum*. Jakarta: Kemenkes RI.
- Lantagne, D., & Yates, T. (2018). Household water treatment and safe storage options in developing countries: A review of current implementation practices. *Water Research*, 44(1), 45–58.
- Sukardi. (2004). *Metodologi penelitian pendidikan*. Jakarta: PT Bumi Aksara.
- United Nations. (2022). *The sustainable development goals report 2022*. New York: United Nations.
- UNICEF. (2021). *Water, sanitation and hygiene (WASH) in emergencies field guide*. New York: UNICEF.
- World Health Organization. (2017). *Guidelines for drinking-water quality* (4th ed.). Geneva: WHO.
- World Health Organization. (2022). *Water, sanitation, hygiene and health: A primer for health professionals*. Geneva: WHO.
- Zularisam, A. W., Ismail, A. F., & Salim, R. (2016). Behaviors of natural organic matter in membrane filtration for surface water treatment: A review. *Desalination*, 194(1–3), 211–231.