

Sosialisasi Rangkaian Filterisasi Air Berbasis Energi Surya di Desa Plaosan-Lamongan

Nenni Mona Aruan^{*1}, Akbar Sujiwa², Fajar Timur³, Nia Dwi Puspitasari⁴, Adinda Isabella⁵, Musafa Akbar⁶

^{1,2,3,5,6}Fisika, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, ⁴Teknik Sipil, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

e-mail: *¹nenni.mona.ft@upnjatim.ac.id, ²akbar.sujiwa.ft@upnjatim.ac.id,
³timur.ft@upnjatim.ac.id, ⁴nia.dwi.ts@upnjatim.ac.id, ⁵adindairp@gmail.com,
⁶akbarmusafa77@gmail.com

Abstrak

Pelaksanaan sosialisasi rangkaian filterisasi air berbasis energi surya di desa Plaosan, Lamongan bertujuan mengedukasi masyarakat terkait pentingnya air bersih, dampak air bersih kepada kesehatan serta penerapan teknologi filterisasi rumah tangga yang ramah energi. Materi yang disampaikan meliputi manfaat air jernih dan penjernihan air, sistem filterisasi 4 housing 5 tahap, serta pemanfaatan panel surya sebagai sumber energi. Evaluasi dilakukan melalui pretest dan posttest, yang menunjukkan peningkatan pengetahuan masyarakat dari rata-rata 38.33% menjadi 47.22% dari 25 peserta. Hasil ini membuktikan bahwa metode sosialisasi dengan kombinasi pemaparan, demonstrasi, dan diskusi efektif dalam meningkatkan pemahaman. Warga juga memberikan respon positif, termasuk minat untuk mengadopsi sistem serupa di rumah tangga. Tantangan utama yang teridentifikasi adalah kebutuhan perawatan berkala dan penggantian media filter agar sistem berkelanjutan. Secara keseluruhan, kegiatan ini berkontribusi pada upaya pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) 6 dan 7, khususnya terkait penyediaan air bersih dan pemanfaatan energi terbarukan di wilayah pedesaan.

Kata kunci: Air bersih, Filterisasi air, Energi surya

1. PENDAHULUAN

Desa Plaosan, yang terletak di Kabupaten Lamongan, merupakan pilihan mitra yang memiliki kendala dalam penyediaan air bersih. Meskipun berbagai infrastruktur telah dibangun untuk mendukung kebutuhan dasar masyarakat, kualitas air yang tersedia tetap menjadi masalah. Pada tahun 2022 Badan Pusat Statistik (BPS) melaporkan sekitar 30% warga desa di Indonesia ini masih mengandalkan air sumur sebagai sumber utama, yang sering kali memiliki kualitas yang kurang baik[1]. Salah satunya di Desa Plaosan, air sumur dikenal keruh dan mengandung kadar mangan serta zat besi yang tinggi, yang dapat berdampak negatif terhadap kesehatan masyarakat. Berkurangnya kejernihan air di desa yang berada di sekitar sungai Bengawan Solo tersebut diakibatkan pengolahan lahan pertanian yang dapat menyebabkan erosi tanah dan meningkatkan jumlah sedimen dalam air. Sedimentasi sendiri dapat mengurangi kejernihan air, menyumbat sistem filtrasi, dan membawa kontaminan lain seperti logam berat atau mikroorganisme. Selain itu, hasil survey pendahuluan ke PDAM setempat juga menyebutkan terdapat limbah pabrik batik yang mencemari sungai. Jika tidak dikelola dengan baik, sungai Bengawan Solo yang berada di Desa Plaosan yang juga merupakan daerah pertanian dapat menjadi sumber pencemaran air minum akibat penggunaan bahan kimia dan sedimentasi pertanian tersebut.

Kondisi ini jika dibiarkan terus menerus akan sangat memprihatinkan, mengingat air bersih adalah kebutuhan dasar bagi setiap individu. Badan kesehatan dunia (WHO) pada tahun

2020 melaporkan bahwa air yang terkontaminasi dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan, termasuk diare, kolera, dan penyakit lainnya yang berhubungan dengan kualitas air [2]. Di Indonesia, diperkirakan sekitar 200.000 kematian setiap tahunnya disebabkan oleh penyakit yang berkaitan dengan air, dan angka ini menunjukkan betapa pentingnya upaya untuk meningkatkan akses terhadap air bersih. Ketersediaan air bersih ini tidak memandang umur baik bagi anak dan dewasa sangat lah penting karna memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kesehatan [3]. Beberapa penyakit yang sering muncul akibat kurangnya air bersih mulai dari diare, nyamuk demam berdarah, influenza, kolera, disentri, dan sebagainya.

Beberapa usaha filterisasi air yang saat ini telah banyak berkembang dipasaran adalah dengan menggunakan filter air bertahap dimana air akan disaring menggunakan filter modern yang disesuaikan dengan permasalahan air yang dialami. Di daerah pedesaan filter air ini bahkan sudah dikembangkan dengan menggunakan bantuan energi surya sebagai sumber energi [4], [5], [6]. Dari hasil pengembangan tersebut diperoleh kandungan zat pencemar sederhana seperti kekeruhan, bau, serta logam tertentu mampu mengurangi keluhan kekeruhan serta bau pada air sehingga akan lebih layak untuk digunakan dalam aktivitas maupun kebutuhan sehari-hari. Penggunaan sel surya memungkinkan sistem ini bekerja secara mandiri tanpa bergantung pada listrik PLN, sehingga lebih efisien, ramah lingkungan, dan berkelanjutan.

Untuk mengatasi masalah ini, sosialisasi mengenai teknologi filterisasi air berbasis energi surya menjadi langkah yang sangat penting. Teknologi ini tidak hanya ramah lingkungan tetapi juga dapat diakses oleh masyarakat desa yang mungkin belum mengenal metode pengolahan air yang lebih modern. Menurut Direktorat Jenderal Energi Baru dan Terbarukan[7], salah satu energi baru terbarukan yang berpotensi dikembangkan di Indonesia adalah energi surya yaitu sekitar 200.000 MW dari total potensi pengembangan energi terbarukan lainnya yang lebih dari 400.000 MW. Selain itu, data LINTAS EBTKE menyebutkan bahwa potensi energi surya secara teknis di Indonesia mencapai 207,9 GW. Dengan memanfaatkan energi surya yang melimpah di Indonesia ini, masyarakat dapat memperoleh air bersih dengan biaya yang lebih rendah dan berkelanjutan. Melalui sosialisasi ini, diharapkan masyarakat Desa Plaosan dapat memahami pentingnya air bersih dan cara-cara untuk mendapatkan akses terhadap air yang berkualitas. Selain itu, pengetahuan tentang teknologi filterisasi air berbasis energi surya dapat memberikan solusi jangka panjang untuk masalah yang dihadapi, sehingga dapat mencegah penyakit yang berasal dari air yang tidak sehat secara khusus di daerah pedesaan. Hal ini pernah dilakukan sebelumnya dan terbukti bahwa sistem pengolahan air skala kecil yang bertenaga surya di daerah terpencil Indonesia seperti inovasi filterisasi air ini mampu menekankan aspek ekonomi seperti biaya rendah, operasi sederhana, dan kebutuhan pemeliharaan yang minim, sehingga sangat diharapkan agar kegiatan serupa dapat diterapkan dan diadopsi lebih luas[8].

2. METODE

Metode pelaksanaan pada kegiatan ini diawali dengan survey di lapangan dan menganalisa keadaan disekitar Desa Plaosan, Kecamatan Babat, RT 01/RW 01, Di Kabupaten Lamongan, selanjutnya melakukan desain alat yang dibutuhkan untuk pembuatan inovasi rangkaian filterisasi air dengan panel surya serta menyusun materi penyuluhan. Secara garis besar terdapat 3 (tiga) tahap utama untuk kegiatan Pemanfaatan IPTEKS Bagi Masyarakat atau pengabdian kepada masyarakat edukasi yaitu tahap persiapan, tahap pelaksanaan, dan tahap evaluasi.

2.1 Persiapan Kegiatan

Tahapan ini dimulai dari dilakukannya survey bertujuan untuk mengetahui kondisi Desa Plaosan, Kecamatan Babat, di Kabupaten Lamongan yang meliputi kondisi terkini di lokasi pelaksanaan dan menelaah masalah yang dialami oleh warga desa. Kemudian dilanjutkan dengan persiapan dan pengurusan Izin untuk mengetahui kesediaan mitra, yang dalam hal ini diwakili oleh Kepala Desa Plaosan dalam menerima inovasi yang kami berikan. Selain itu, perizinan ini juga diperlukan untuk mengetahui kesediaan mitra untuk ikut serta dalam praktik

pembuatan rangkaian filter air bersih sederhana dan panel surya sebagai sumber energy terbarukan yang dilakukan di Desa Plaosan.

2.2 Pelaksanaan Kegiatan

Sosialisasi Penyediaan Air Bersih dan Metode Penyediaan Air Bersih dengan Proses Filtrasi dan panel surya sebagai sumber energy terbarukan. Kegiatan sosialisasi yang dilaksanakan berupa kegiatan penyuluhan terkait sistem Penyuluhan air bersih, pentingnya mengetahui pentingnya air bersih dan ciri-ciri air yang tercemar serta penggunaan panel surya sebagai sumber energi rumah tangga untuk pemenuhan kebutuhan akan air bersih di Desa Plaosan, Kecamatan Babat, RT 01/RW 01, Di Kabupaten Lamongan Praktik Pembuatan Filter Air Bersih dan panel surya sebagai sumber energy terbarukan di Desa Plaosan. Kegiatan praktik pembuatan Filter Air Bersih di Desa Plaosan. Di dalam kegiatan tersebut, mitra akan diberitahukan mengenai cara pembuatan Filter Air Bersih sehingga warga di desa dapat ikut berpartisipasi dalam kegiatan tersebut. Pemberian edukasi Pemeliharaan dan Pemantauan Sistem filterisasi air bersih dengan Panel Surya. Kegiatan sosialisasi yang dilaksanakan berupa kegiatan penyuluhan terkait pemasangan filter air bersih serta pemeliharannya.

2.3 Pasca Pelaksanaan

Tahapan ini dilakukan setelah beberapa minggu dilakukan pelatihan. Kegiatan ini diharapkan pelatihan yang telah dilakukan dapat digunakan dengan baik oleh warga desa. Kemudian dilakukan evaluasi dan pelaporan berupa monitoring yang dilaksanakan oleh tim pelaksana untuk mengetahui kendala yang dialami terkait penggunaan alat hasil dari pelatihan. Kegiatan tersebut akan menjadi dasar dalam pembuatan laporan Pengabdian kepada Masyarakat ini. Akhirnya, evaluasi dan umpan balik dari masyarakat akan menjadi bagian penting dari metode sosialisasi ini. Setelah pelaksanaan sosialisasi, akan dilakukan survei untuk mengukur pemahaman dan sikap masyarakat terhadap isu-isu yang dibahas. Dengan cara ini, tim dapat mengevaluasi efektivitas sosialisasi yang dilakukan dan melakukan perbaikan jika diperlukan untuk kegiatan selanjutnya. Rincian kegiatan pelaksanaan PKM-EDU yang secara detail terdapat pada **Tabel 1** berikut.

Tabel 1 Rincian Kegiatan Sosialisasi Filterisasi Air dengan Panel Surya

Tahap ke-	Kegiatan / Materi	Media	Metode	Alokasi Waktu	Penanggung Jawab
1	Persiapan Kegiatan Untuk mengetahui kondisi dan kebutuhan mitra kemudian pengurusan izin	Pengambilan sampel	Survey Lapangan, wawancara	1 minggu	Dosen (Nenni)
2	Pembuatan sistem filterisasi dengan panel surya	Alat dan bahan pembuatan sistem filterisasi air dengan panel surya	Persiapan dan pra praktek	1 bulan	Dosen (Akbar dan Fajar)
3	Pelaksanaan Kegiatan Dimulai dengan penyuluhan, demonstrasi alat, praktek dan pendampingan pembuatan sistem filterisasi	Alat dan bahan sistem filterisasi, kuesioner	Praktek	1 x 5 jam	Dosen dan Mahasiswa

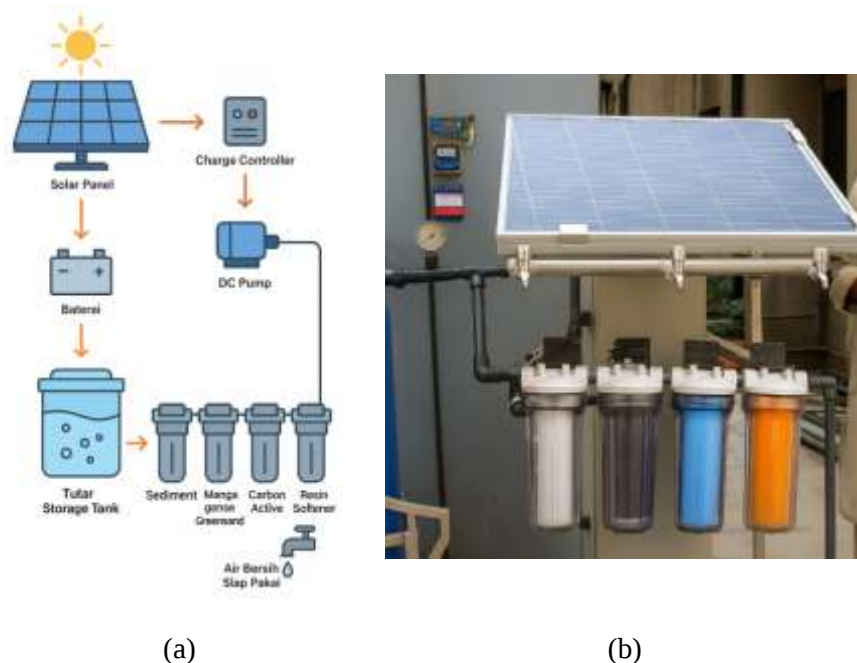
4	Evaluasi program	Pendampingan dan pemantauan kinerja sistem filterisasi	Pendampingan	1 x 3 jam	Dosen (Nenni, Fajar dan Nia)
---	------------------	--	--------------	-----------	------------------------------

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan Sosialisasi Rangkaian Filterisasi Air Berbasis Energi Surya di Desa Plaosan, Lamongan” telah dilaksanakan pada tanggal 18 Juli 2025 dengan peserta 25 warga. Kegiatan ini dihadiri oleh warga desa dan tokoh masyarakat setempat, termasuk Ketua RT, dan difasilitasi oleh tim dari Program Studi Fisika Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur. Pelaksanaan kegiatan dibagi menjadi tiga sesi utama diantaranya adalah sebagai berikut:

3.1 Persiapan Kegiatan

Tahap persiapan diawali dengan studi pendahuluan di Desa Plaosan untuk mengidentifikasi permasalahan air yang dialami warga. Dari hasil wawancara dengan masyarakat dan observasi langsung, ditemukan bahwa air sumur warga berwarna keruh kekuningan, berbau, dan meninggalkan noda pada peralatan rumah tangga meskipun telah dimasak. Permasalahan ini menunjukkan tingginya kandungan besi (Fe) dan mangan (Mn). Berdasarkan temuan tersebut, tim memutuskan untuk memberikan sistem filter air 4 *housing* 5 tahap yang dirancang untuk mengatasi permasalahan logam berat, bau, serta kesadahan air. Setelah menentukan jenis filterisasi yang sesuai, dilakukan perakitan sistem filter air dengan pompa listrik yang ditenagai panel surya di laboratorium kampus. Perakitan di kampus bertujuan untuk memastikan kesiapan dan kelayakan alat sebelum diimplementasikan di lapangan. **Gambar 1** berikut merupakan desain alat yang telah dirancang beserta tampilan alat setelah dirangkai di salah satu perumahan warga Desa Plaosan.



Gambar 1 (a) Desain alat; (b) Sistem filterisasi air dengan panel surya

3. 2 Pelaksanaan Kegiatan

Pelaksanaan kegiatan dilakukan secara langsung di Desa Plaosan. Tim dosen dan mahasiswa menyampaikan materi kepada warga dengan topik meliputi:

- i. Manfaat air jernih dan dampak kesehatan dari air yang tercemar

Pada sesi ini, peserta diperkenalkan mengenai pentingnya air bersih untuk kesehatan, kebutuhan rumah tangga, dan keberlanjutan lingkungan. Disampaikan pula potensi risiko kesehatan akibat mengonsumsi air dengan kandungan zat besi (Fe) dan mangan (Mn) yang tinggi, kondisi yang memang ditemukan di Desa Plaosan.

ii. Prinsip kerja filterisasi air dengan 4 *housing* 5 tahap

Peserta dikenalkan pada rancangan dan fungsi setiap tahap penyaringan, yaitu:

- Tahap 1: Filter sedimen untuk menangkap partikel kasar seperti pasir, debu, dan karat.

Filter sedimen berfungsi untuk menangkap partikel kasar seperti pasir, debu, dan karat. Proses ini penting untuk melindungi komponen sistem penyaringan berikutnya dari kerusakan akibat partikel besar.

- Tahap 2: Campuran *manganese greensand* dan *ferolite* untuk menghilangkan zat besi dan mangan.

Manganese greensand memiliki kemampuan oksidasi yang baik, sedangkan *ferolite* dapat menyerap logam berat. Studi terbaru menunjukkan bahwa kombinasi ini dapat mengurangi konsentrasi zat besi dan mangan hingga di bawah batas deteksi, menjadikan air lebih aman untuk konsumsi [9].

- Tahap 3: Filter karbon aktif untuk menyerap bau dan bahan kimia organik.

Karbon aktif memiliki luas permukaan yang besar, memungkinkan penyerapan zat-zat berbahaya secara efektif. Penelitian menunjukkan bahwa penggunaan filter karbon aktif dapat mengurangi senyawa organik volatil (VOCs) dalam air sehingga meningkatkan kualitas rasa dan aroma air [10].

- Tahap 4: CTO (*Chlorine, Taste, Odor*) filter untuk memurnikan rasa dan bau.

CTO filter berfungsi untuk memurnikan rasa dan bau air dengan menghilangkan klorin dan senyawa lain yang tidak diinginkan. Filter ini sangat penting dalam memastikan bahwa air yang dihasilkan tidak hanya aman tetapi juga enak untuk diminum.

- Tahap 5: Resin *softener* untuk mengurangi kesadahan air.

Tahap terakhir ini bertujuan untuk mengurangi kesadahan air yang disebabkan oleh keberadaan mineral seperti kalsium dan magnesium. Resin *softener* bekerja dengan cara menukar ion-ion keras dengan ion natrium. Penggunaan resin *softener* ini dapat mengurangi kesadahan air yang tidak hanya memperbaiki rasa air tetapi juga meningkatkan umur panjang peralatan rumah tangga yang menggunakan air tersebut.

Dalam sesi ini dilakukan demonstrasi langsung sehingga peserta dapat melihat perbedaan kualitas air sebelum dan sesudah proses filtrasi.

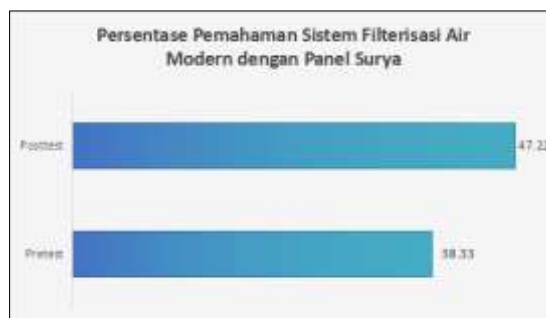
iii. Pemanfaatan panel surya sebagai sumber energi terbarukan

Sesi ini menjelaskan peran energi terbarukan dalam menggerakkan pompa air pada sistem filterisasi. Peserta diperlihatkan bagaimana penggunaan panel surya sebagai sumber alternatif energi listrik sehingga sistem dapat beroperasi tanpa ketergantungan penuh pada pasokan listrik PLN dan mengurangi biaya operasional.



Gambar 2 Dokumentasi pelaksanaan kegiatan dengan warga desa Plaosan, Lamongan

Selain penyampaian materi, dilakukan demonstrasi alat filterisasi air sehingga warga dapat menyaksikan secara langsung perbedaan kualitas air sebelum dan sesudah melalui proses penyaringan. Untuk mengukur efektivitas kegiatan, dilakukan pretest dan posttest terhadap peserta. Terdapat peningkatan pengetahuan masyarakat secara rata-rata ditunjukkan dengan nilai *pretest* sebesar 38.33% dan meningkat menjadi 47.22% pada *posttest*. Hal ini menegaskan bahwa metode sosialisasi berbasis materi, demonstrasi, dan interaksi mampu meningkatkan pemahaman warga terhadap pentingnya air bersih dan pemanfaatan energi terbarukan.



Gambar 3 Persentase pemahaman masyarakat pretest dan posttest terkait filterisasi air modern dengan panel surya

4. KESIMPULAN

Sosialisasi ini tidak hanya bertujuan untuk memberikan informasi, tetapi juga untuk membangun keterlibatan masyarakat dalam proses pengelolaan sumber daya air. Dengan melibatkan masyarakat secara aktif, proyek ini diharapkan dapat berlanjut dan memberikan perubahan untuk jangka panjang. Selain itu, dengan meningkatnya kualitas air, kesehatan masyarakat juga akan terjaga, yang pada gilirannya akan berdampak positif pada perekonomian desa. Melalui upaya ini, Desa Plaosan dapat menjadi desa percontohan di kabupaten Lamongan dalam hal pengelolaan air bersih yang berkelanjutan. Dengan memanfaatkan teknologi filterisasi air berbasis energi surya, diharapkan desa-desa lain juga dapat mengatasi masalah serupa dan meningkatkan kualitas hidup masyarakat mereka.

Akhir kata, sosialisasi ini merupakan langkah awal menuju perubahan yang lebih baik bagi masyarakat Desa Plaosan. Dengan dukungan dari semua pihak, diharapkan inisiatif ini dapat dipertahankan dan dikembangkan sehingga memberikan perubahan positif yang nyata bagi kehidupan masyarakat.

5. SARAN

Terdapat beberapa saran yang dapat dijadikan acuan untuk pengembangan kegiatan serupa di masa mendatang, antara lain:

- 1) Pengembangan Teknologi
Pengembangan sistem filterisasi dapat diarahkan pada kapasitas yang lebih besar untuk melayani kebutuhan kolektif (misalnya skala RT atau dusun), sehingga manfaat teknologi dapat dirasakan lebih luas dan efisien karena kesehatan warga sangatlah utama.
- 2) Integrasi dengan Program Lingkungan dan Kesehatan
Kegiatan serupa sebaiknya diintegrasikan dengan program kesehatan masyarakat dan sanitasi lingkungan. Edukasi terkait pentingnya air bersih, pola hidup sehat, dan pengelolaan sumber air akan memperkuat dampak positif program.
- 3) Studi Lanjutan
Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait efektivitas filter dalam menurunkan kandungan zat besi (Fe) dan mangan (Mn) secara kuantitatif, sehingga dapat menjadi data ilmiah yang memperkuat keberhasilan teknologi ini. Beberapa penelitian menunjukkan Fe mungkin bermanfaat secara nutrisi, tetapi pada bioavailabilitas tinggi dapat menimbulkan risiko sehingga perlu penilaian kembali terutama gabungan Fe–Mn[11]. Penelitian lebih lanjut jika penyerapannya lebih dari 40% dalam air minum akan sangat beresiko pada kesehatan bukan hanya isu estetika[12].
- 4) Perluasan Replikasi Program
Mengingat permasalahan kualitas air juga banyak ditemui di wilayah pedesaan lain, kegiatan pengabdian ini dapat dijadikan model untuk direplikasi ke desa-desa lain dengan menyesuaikan kondisi geografis dan karakteristik air setempat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur yang telah memberi dukungan finansial melalui Hibah Internal skema PKM EDU dan memberikan kontribusi lainnya terhadap kegiatan pengabdian ini. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada warga desa Plaosan Kabupaten Lamongan yang telah ikut berpartisipasi aktif selama pelatihan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] “BPS Ungkap 7,36 Persen Rumah Tangga Belum Nikmati Akses Air Minum Layak,” Pangan News. [Online]. Available: https://pangannews.id/public/berita/1735964563/bps-ungkap-736-persen-rumah-tangga-belum-nikmati-akses-air-minum-layak?utm_source=chatgpt.com
- [2] World Health Organization, “Manganese in drinking-water: Background document for development of WHO guidelines for drinking-water quality.” Geneva: WHO. [Online]. Available: https://www.who.int/publications?utm_source=chatgpt.com
- [3] S. SK and B. SK, “Achieving sustainable development goals in water and sanitation sectors in India,” *J. Water Sanit. Hyg. Dev.*, vol. 11, pp. 693–705, doi: <https://doi.org/10.2166/washdev.2021.002>.
- [4] A. Asrijal, M. Rianti, R. Rusnaedi, and M. Mashuri, “Pemanfaatan Teknologi Tepat Guna Tenaga Surya Dalam Mengelola Air Bersih Sebagai Upaya Pemberdayaan Masyarakat Desa Samaenre Kabupaten Bone,” *J. Pengabd. UNDIKMA*, doi: [10.33394/jpu.v3i3.6051](https://doi.org/10.33394/jpu.v3i3.6051).
- [5] Z. Arifin, “Implementation of Solar-Powered Water Purification Technology to Enhance Quality of Life in Rural Areas,” *J. SEMAR J. Ilmu Pengetah. Teknol. Dan Seni Bagi Masy.*, vol. 13, no. 2, pp. 347–358, Nov. 2024, doi: <https://doi.org/10.20961/semar.v13i2.90334>.

- [6] G. Kain, R. Hunt, J. Noto, and J. Prine, "Off-grid solar powered water purification and community development in Haiti's Artibonite valley, the heart of Haiti's cholera epidemic," *Glob. Humanit. Technol. Conf.*, vol. 2017, pp. 1–11, doi: 10.1109/GHTC.2017.8239344.
- [7] Direktorat Jenderal EBTKE, "Indonesia Kaya Energi Surya: Pemanfaatan Listrik Tenaga Surya oleh Masyarakat Tidak Boleh Ditunda." Accessed: Sept. 14, 2025. [Online]. Available: <https://ebtke.esdm.go.id/>
- [8] A. I. Wibowo and K. Chin Chang, "Solar energy-based water treatment system applicable to the remote areas: Case of Indonesia," *J. Water Sanit. Hyg. Dev.*, vol. 10, no. 2, pp. 347–356, May 2020, doi: <https://doi.org/10.2166/washdev.2020.003>.
- [9] A. Rasmito and F. Ardiansah, "Penggunaan Manganese Greensand Untuk Menurunkan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) Dalam Air Tanah," *JITU J. Ilm. Tek. Unida*, vol. 4, no. 2, pp. 318–321, Desember 2023.
- [10] R. A. F. Lubis, H. I. Nasution, and M. Zubir, "Production of Activated Carbon from Natural Sources for Water Purification," *Indones. J. Chem. Sci. Technol.*, vol. 3, no. 2, pp. 67–73, July 2020.
- [11] M. I. Rushdi, R. Pasak, and P. Das, "Assessing the health risks associated with elevated manganese and iron in groundwater in Sreemangal and Moulvibazar Sadar, Bangladesh," *J. Hazard. Mater. Adv.*, vol. 10, no. May 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2023.100287>.
- [12] G. C. Ghosh, M. J. H. Khan, and T. K. Chakraborty, "Human health risk assessment of elevated and variable iron and manganese intake with arsenic-safe groundwater in Jashore, Bangladesh," *PMC PubMed Cent.*, vol. 10, no. 5260, Mar. 2020, doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-62187-5>.