PENERAPAN TEKNOLOGI FILTRASI DAN EDUKASI PENGELOLAAN AIR BERSIH DI DESA PUDONGGALA UTAMA, KECAMATAN SAWA, KABUPATEN KONAWE UTARA

Irwan Lakawa[1], Sara Septiana[2], Raivel[3], Herlina[4], Rahma Hiromi[5], Edy Abdurrahman Syahrir[6], Muhammad Karnoha Amir[7], Sarlan[8], Ilham[9], Muhammad Agung Saputra[10], Ipang[11]

[1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11]Universitas Sulawesi Tenggara
Alamat Korespondensi: Jl. Kapten Piere Tendean No.109, Baruga, Kec. Baruga, Kota Kendari, Sulawesi Tenggara
E-mail: [1)]ironelakawa@gmail.com, [2)]saraseptiana10@gmail.com, [3)]raivelgeologist011@gmail.com, [4)]linhaherlina21@gmail.com, [5)]hiromiramli@gmail.com, [6)]edyasyahrir@gmail.com, [7)]karnohaamir020594@gmail.com, [8)]sarlan.srln@gmail.com, [9)]ilhamsaja180297@gmail.com, [10)]amuh3831@gmail.com, [11)]ipangidris05@gmail.com

Abstrak

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat (PKM) dilatarbelakangi oleh kondisi air di Desa Pudonggala Utama, Kecamatan Sawa, Kabupaten Konawe Utara, yang secara visual tampak keruh dan berwarna kekuningan hingga kecoklatan. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya dilakukan kegiatan pengelolaan air sebelum digunakan oleh masyarakat. Kegiatan ini bertujuan untuk menerapkan teknologi filtrasi sederhana dan meningkatkan pemahaman masyarakat mengenai pengelolaan air bersih. Kegiatan dilaksanakan melalui survei dan identifikasi kondisi air, pembuatan alat filtrasi, edukasi dan pelatihan, pemasangan dan uji coba alat, serta evaluasi kegiatan. Media filtrasi yang digunakan terdiri atas arang, pasir, sabut kelapa, dan kerikil. Evaluasi dilakukan melalui pengamatan fisik air dan pengukuran Total Dissolved Solids (TDS). Hasil filtrasi menunjukkan bahwa air secara visual tampak lebih jernih, disertai penurunan nilai TDS dari 435 ppm menjadi 349 ppm, atau sebesar 19,77%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penerapan teknologi filtrasi sederhana dapat meningkatkan kejernihan air secara visual dan menurunkan TDS pada air yang diuji. Kegiatan ini juga memberikan edukasi kepada masyarakat mengenai sistem filtrasi sederhana untuk pengelolaan air.

Abstract

The community service program was conducted in response to the water quality conditions in Pudonggala Utama Village, Sawa District, North Konawe Regency, where the available water source was visually characterized by turbidity and yellowish to brownish coloration. These conditions indicated the need for appropriate water treatment prior to community use. The program aimed to implement a simple water filtration technology and enhance community knowledge of clean water management. The activities comprised a survey and identification of water conditions, construction of a filtration unit, community education and training, installation and testing of the filtration system, and evaluation of the filtration results. The filtration system employed charcoal, sand, coconut fiber, and gravel as filtration media. Evaluation was performed through visual observation of water clarity and measurement of Total Dissolved Solids (TDS). The results showed a visible improvement in water clarity following filtration, accompanied by a decrease in TDS from 435 ppm to 349 ppm, representing a reduction of 19.77%. These findings demonstrate that the simple filtration technology was effective in improving the visual clarity of the tested water and reducing its TDS concentration. In addition, the community service program contributed to increasing community knowledge and awareness of simple water filtration and clean water management practices.

Kata kunci: edukasi masyarakat; filtrasi air; kejernihan air; media lokal; total dissolved solids

1. PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan dasar manusia yang berkaitan erat dengan kesehatan, kebersihan, dan kualitas kehidupan masyarakat. Air yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari harus dalam jumlah yang memadai dan terhindar dari kontaminasi yang dapat menimbulkan risiko bagi kesehatan masyarakat. Permasalahan kualitas air tidak hanya berkaitan dengan kondisi air pada sumbernya, namun juga dapat terjadi selama proses pengambilan, pengangkutan, penyimpanan, dan penggunaan air di tingkat rumah tangga. Hal tersebut menyebabkan pengolahan air pada titik penggunaan *(point-of-use water treatment)* menjadi salah satu pendekatan yang banyak dikembangkan untuk membantu masyarakat dalam memperbaiki kualitas air sebelum digunakan. Berbagai penelitian dilakukan dalam mengolah air rumah tangga seperti filtrasi, desinfeksi, perebusan dan kombinasi pengolahan (Clasen dkk., 2007; Sobsey dkk., 2008; Peletz dkk., 2012). Penelitian tersebut menunjukkan bahwa teknologi yang digunakan dalam pengolahan air rumah tangga dapat memperbaiki kualitas air, meskipun Tingkat efektivitasnya dipengaruhi oleh jenis teknologi, karakteristik air, pengoperasian dan keberlanjutan penggunaannya. Selain itu, penelitian oleh Francis dkk. (2016) juga menunjukkan bahwa penggunaan filtrasi membran pada masyarakat pedesaan dapat meningkatkan kualitas air minum. Untuk mendapatkan kualitas air yang lebih baik, masyarakat tidak hanya memerlukan teknologi pengolahan air yang mudah untuk diterapkan, tetapi juga paham mengenai cara penggunaan dan pemeliharaannya.

Filter merupakan salah satu teknologi yang relatif sederhana untuk dibuat dan digunakan oleh masyarakat. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa media filter berbahan lokal seperti arang, pasir, sabut kelapa, dan kerikil memiliki potensi untuk memperbaiki kualitas air. Masing-masing bahan memiliki karakteristik yang dapat dimanfaatkan dalam proses penyaringan. Arang merupakan bahan berbasis karbon yang memiliki kemampuan adsorpsi terhadap berbagai senyawa kimia dalam air. Adapun pasir, sabut kelapa, dan kerikil berfungsi sebagai media penyaring partikel dari air (Wardani dkk., 2020; Sabara dkk., 2022; Novianarenti dkk., 2023).

Penerapan teknologi sederhana tersebut akan lebih bermanfaat apabila disertai dengan edukasi dan keterlibatan masyarakat dalam pengoperasian serta pemeliharaan alat filtrasi. Penelitian mengenai pengolahan air rumah tangga menunjukkan bahwa penerimaan pengguna, pemeliharaan, komunikasi, pendampingan, dan kebiasaan masyarakat menjadi bagian penting dalam keberlanjutan teknologi (Makutsa dkk., 2001; Lantagne dan Clasen, 2010; Freeman dkk., 2012). Berdasarkan kondisi tersebut, kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan untuk menerapkan teknologi filtrasi sederhana menggunakan media arang, pasir, sabut kelapa, dan kerikil, serta meningkatkan pengetahuan masyarakat mengenai pengelolaan air bersih tingkat rumah tangga.

Permasalahan utama yang menjadi dasar dari pelaksanaan kegiatan PKM adalah kondisi fisik air di Desa Pudonggala Utama, Kecamatan Sawa, Kabupaten Konawe Utara, yang secara visual menunjukkan kekeruhan dan warna kecoklatan hingga kekuningan (**Gambar 1**). Kondisi tersebut menunjukkan perlu dilakukannya pengolahan air sebelum digunakan oleh masyarakat. Selain permasalahan kualitas fisik air, keberlanjutan penggunaan teknologi pengolahan air juga memerlukan pemahaman masyarakat mengenai cara pengoperasian dan pemeliharaan alat. Hal tersebut menyebabkan pendekatan filtrasi sederhana yang dikombinasikan dengan edukasi dipilih karena dapat memanfaatkan media filtrasi yang relatif mudah diperoleh, menggunakan sistem yang sederhana, serta memungkinkan bagi masyarakat untuk memahami cara penggunaan dan pemeliharaan alat secara langsung.

Kegiatan PKM difokuskan pada penerapan alat filtrasi sederhana dengan menggunakan media arang, pasir, sabut kelapa, dan kerikil, yang disertai dengan kegiatan edukasi mengenai pengelolaan air bersih di tingkat rumah tangga. Melalui pendekatan tersebut, masyarakat tidak hanya memperoleh alat filtrasi, namun juga memperoleh pengetahuan mengenai fungsi, cara pengoperasian, serta pentingnya pemeliharaan alat filtrasi agar dapat digunakan secara berkelanjutan. Kegiatan ini diharapkan dapat menjadi salah satu upaya untuk menangani permasalahan kualitas fisik air, serta meningkatkan pengetahuan masyarakat dalam pengelolaan air bersih.



Gambar 1 Kondisi visual air pada tempat penampungan di Desa Pudonggala Utama.

2. METODE PELAKSANAAN

Kegiatan PKM dilaksanakan selama kurang lebih satu bulan, yang dimulai sejak awal September hingga bulan Oktober 2026, di Desa Puudonggala Utama, Kecamatan Sawa, Kabupaten Konawe Utara. Kegiatan ini dilakukan menggunakan pendekatan partisipatif pada setiap tahapan kegiatan, yang meliputi observasi lapangan dan diskusi bersama masyarakat, pembuatan filter, sosialisasi, pelatihan, penerapan teknologi filtrasi air, serta evaluasi dan *monitoring*. Sasaran kegiatan adalah seluruh masyarakat desa, dengan peserta yang terlibat sebanyak 20 orang, terdiri atas penduduk dewasa laki-laki dan perempuan yang berdomisili di Desa Puudonggala Utama. Kegiatan diawali dengan observasi lapangan dan diskusi bersama masyarakat. Hal ini bertujuan untuk mengetahui kondisi sumber air, penampungan, dan penggunaan air di lokasi kegiatan. Kondisi air yang keruh dan berwarna menjadi dasar perlunya upaya pengelolaan air sebelum digunakan oleh masyarakat. Tahap ini juga dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan masyarakat dan menentukan rancangan teknologi filtrasi yang sesuai dengan kegiatan.

Tahap berikutnya meliputi pembuatan filter dengan alat dan bahan antara lain gergaji, pipa, sambungan pipa, lem pipa, penutup pipa (dop), jaring kasa, serta media filtrasi. Media filtrasi yang digunakan terdiri atas arang, pasir, sabut kelapa, dan kerikil. Sebelum digunakan, media dibersihkan untuk mengurangi debu dan material lepas. Penggunaan media berbasis karbon dan sabut kelapa dipilih berdasarkan penelitian oleh Sabara dkk. (2022), sedangkan pemanfaatan arang aktif bersama pasir dan kerikil dalam proses filtrasi telah dilakukan sebelumnya oleh Wardani dkk. (2020). Dalam kegiatan ini, digunakan pasir dengan dua ukuran butir yang berbeda, yaitu pasir berbutir sangat kasar (1 – 2 mm) dan pasir berbutir halus (< 0,5 mm). Pemilihan dua jenis pasir tersebut bertujuan untuk memaksimalkan proses filtrasi air. Selain itu, juga digunakan jaring kasa sebagai pembatas antara pasir halus dan pasir sangat kasar, pasir sangat kasar dan arang, serta pada bagian dasar filter. Penggunaan jaring kasa ini bertujuan agar media filtrasi berukuran halus tidak terbawa oleh aliran air selama proses filtrasi. Media filtrasi disusun dalam wadah pipa PVC berdiameter 6 inci dengan panjang 60 cm, dengan susunan dari bawah ke atas yaitu arang, pasir sangat kasar, pasir halus, sabut kelapa, dan kerikil (**Gambar 2**). Lapisan arang, pasir sangat kasar, sabut kelapa, dan kerikil masing-masing memiliki ketebalan sekitar 12 cm, sedangkan lapisan pasir halus memiliki ketebalan sekitar 7 cm. Total ketebalan media sekitar 55 cm, sehingga tersisa ruang kosong sekitar 5 cm pada bagian atas pipa. Ruang kosong pada bagian atas pipa digunakan untuk menampung air sementara, sebelum air mengalir melalui lapisan media filtrasi.



Gambar 2 Proses pembuatan filter. A) Pemotongan pipa PVC dengan panjang 60 cm; B) proses pemasukan material filter ke dalam wadah pipa.

Sebelum pemasangan alat dan uji coba, dilakukan edukasi masyarakat melalui kegiatan sosialisasi mengenai kondisi dan pengelolaan air, pengenalan alat dan bahan filtrasi, prinsip dasar filtrasi, fungsi media penyaring, cara pembuatan dan penggunaan alat, serta pentingnya pemeliharaan filter dan penyimpanan air setelah proses filtrasi (**Gambar 3**). Kegiatan diikuti oleh 20 peserta. Selanjutnya, pelatihan dilakukan melalui penyampaian materi, diskusi, demonstrasi, dan praktik. Hal tersebut bertujuan agar masyarakat tidak hanya mengetahui fungsi alat filtrasi secara teoritis, namun juga memahami proses pengoperasian dan perawatannya. Edukasi dan demonstrasi teknologi filtrasi penting untuk meningkatkan pengetahuan masyarakat, serta mendukung penggunaan teknologi secara berkelanjutan (Makutsa dkk., 2001; Navia dkk., 2018). Peningkatan pengetahuan masyarakat dinilai secara kualitatif melalui tanya jawab dan pengamatan keterlibatan peserta selama diskusi serta praktik penerapan teknologi filtrasi air. Aspek yang diamati meliputi pemahaman mengenai fungsi media filtrasi, tahapan penyusunan media, serta cara pengoperasian dan pemeliharaan alat. Kegiatan ini tidak menggunakan tes awal dan tes akhir sehingga perubahan pengetahuan dan keterampilan peserta belum dapat diukur secara kuantitatif. Oleh karena itu, hasil evaluasi terbatas pada pemahaman dan keterampilan yang ditunjukkan peserta selama kegiatan.



Gambar 3 Kegiatan edukasi Masyarakat. A) Pemberian materi mengenai pengelolaan air bersih; B) pengenalan alat dan bahan, serta pembuatan alat filtrasi.

Setelah kegiatan edukasi dan pelatihan, alat filtrasi dipasang pada lokasi yang telah ditentukan. Masyarakat dilibatkan dalam proses pemasangan dan uji coba sebagai bagian dari pembelajaran langsung (**Gambar 4**). Selanjutnya, air dialirkan melalui media filtrasi untuk memastikan sistem bekerja dengan baik dan tidak terjadi adanya kebocoran atau gangguan aliran. Pendekatan pemasangan, pengujian, dan pelibatan masyarakat digunakan dalam penerapan teknologi filtrasi air berbasis masyarakat.

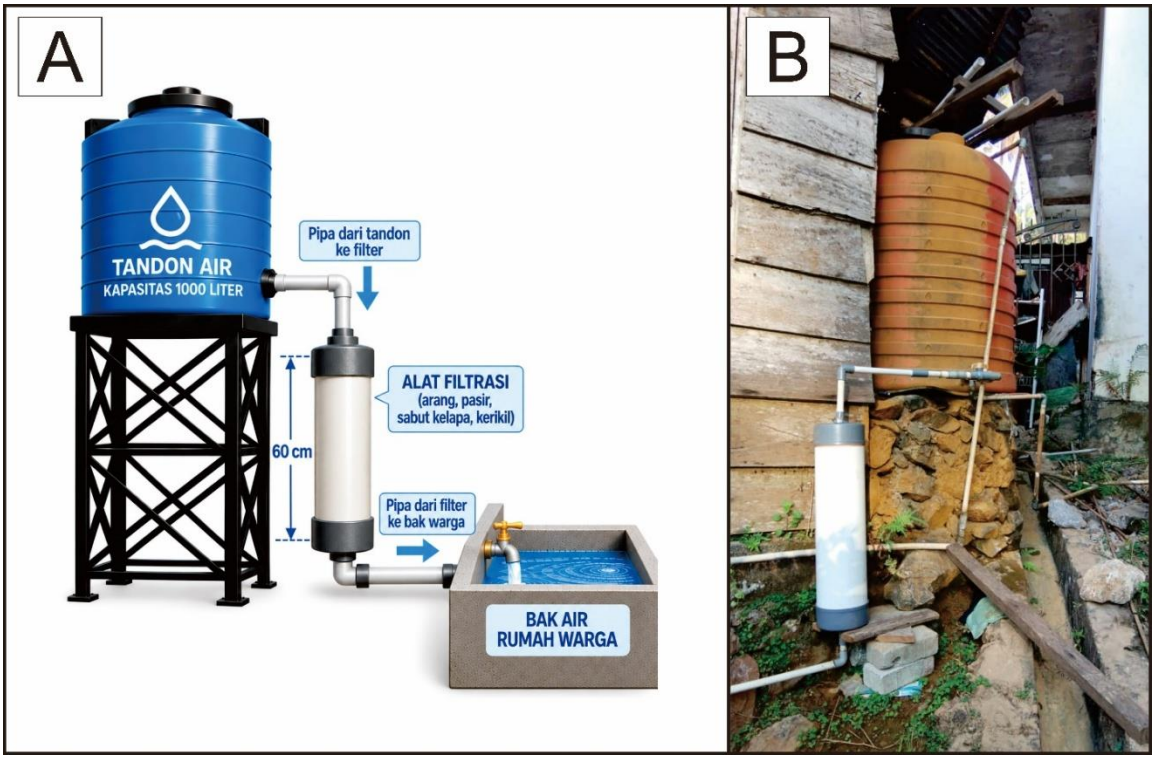


Gambar 4 Proses pemasangan alat filtrasi.

Tahap terakhir dari kegiatan PKM ini adalah evaluasi terhadap kinerja awal alat filtrasi dan pemahaman masyarakat. Kinerja alat diamati melalui perbandingan kondisi fisik dan nilai TDS air sebelum dan setelah proses filtrasi. Pada akhir kegiatan, masyarakat diberikan arahan mengenai pemeriksaan kondisi alat, pembersihan, dan penggantian media filter secara berkala. Selain itu, juga dilakukan *monitoring* untuk mengetahui keberfungsian alat dan kemampuan masyarakat dalam melakukan pemeliharaan secara mandiri, sehingga pemanfaatannya dapat berlanjut setelah kegiatan PKM selesai. Monitoring dilakukan sebanyak dua kali, yaitu pada minggu kedua dan keempat setelah pelaksanaan sosialisasi, untuk mengamati keberlanjutan penggunaan, keberfungsian alat, dan pemeliharaan filter oleh masyarakat. Hasil *monitoring* menunjukkan bahwa alat filtrasi masih digunakan dan berfungsi dengan baik pada kedua kunjungan. Selain itu, masyarakat juga telah mampu melakukan pemeliharaan alat filter dengan baik, sehingga penggunaannya dapat terus berlanjut selama periode *monitoring*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Instalasi alat filtrasi dilakukan dengan menghubungkan antara tandon air, unit filtrasi dan bak air warga dengan menggunakan sambungan pipa dan pipa PVC berdiameter ½ inci (**Gambar 5**). Melalui instalasi ini, air dari tandon dialirkan menuju unit filtrasi, kemudian air hasil filtrasi diteruskan melalui pipa menuju bak air warga. Sistem instalasi ini memanfaatkan aliran air secara gravitasi, sehingga alat filtrasi dipasang lebih rendah daripada tandon air. Hal ini bertujuan agar air dapat mengalir melalui media filtrasi tanpa memerlukan pompa tambahan. Perbedaan ketinggian tandon dan alat filtrasi membantu mempertahankan aliran air dari tandon menuju filter hingga bak warga. Instalasi ini juga sangat bermanfaat dalam memudahkan pengoperasian dan perawatan alat filtrasi, serta tidak memerlukan energi listrik.



Gambar 5 Instalasi filter air. A) Rancangan instalasi; B) instalasi aktual.

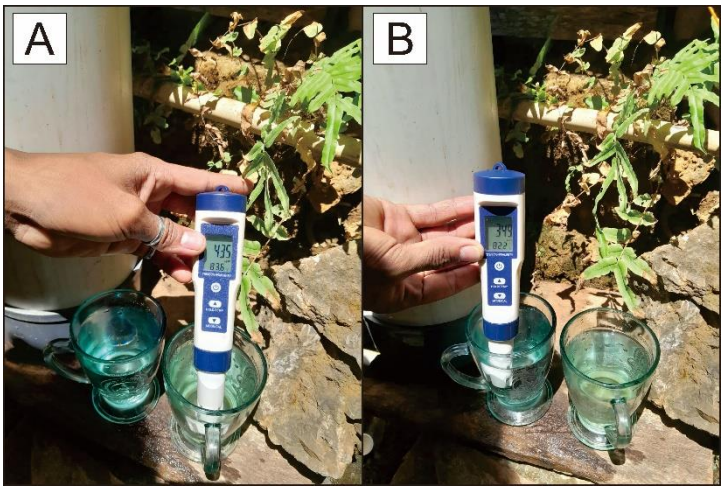
Berdasarkan hasil pengamatan secara visual, proses filtrasi menunjukkan adanya perbedaan kondisi fisik air sebelum dan setelah proses filtrasi. Sebelum filtrasi, air tampak lebih keruh, sedangkan setelah melewati filter, air tampak lebih jernih (**Gambar 6**). Perubahan tersebut menunjukkan adanya perubahan fisik air secara visual. Peningkatan kejernihan air bersesuaian dengan penurunan nilai TDS pada sampel air sebelum dan sesudah filtrasi.



Gambar 6 Kondisi fisik air sebelum dan setelah proses filtrasi.

Pengukuran zat padat terlarut pada air menggunakan dilakukan menggunakan alat *TDS (Total Dissolved Solids) meter portable*. Sebelum digunakan di lapangan, TDS meter telah dikalibrasi dengan mencelupkan sensor ke dalam larutan standar (akuades). Pengukuran tunggal dilakukan pada sampel air sebelum dan setelah filtrasi. Nilai TDS air sebelum filtrasi sebesar 435 ppm, sedangkan setelah proses filtrasi sebesar 349 ppm (**Gambar 7**). Nilai tersebut menunjukkan adanya penurunan zat pada terlarut yang terdeteksi oleh alat pada sampel air setelah filtrasi. Hal ini juga bersesuaian dengan penelitian oleh Wardani dkk. (2020) yang juga menunjukkan adanya

penurunan nilai TDS setelah proses filtrasi dengan menggunakan media arang aktif, pasir silika, dan kerikil.



Gambar 7 Pengukuran TDS air. A) Sebelum filtrasi; B) setelah filtrasi.

Hasil dari kegiatan PKM menunjukkan bahwa setelah filtrasi, air tampak lebih jernih secara visual dan terjadi penurunan nilai TDS. Namun, evaluasi kualitas air masih terbatas pada pengamatan visual dan pengukuran TDS tunggal sebelum dan setelah filtrasi. Parameter lain, seperti kekeruhan secara instrumental, pH, kandungan logam, serta parameter mikrobiologi, belum diuji. Oleh karena itu, hasil tersebut belum dapat digunakan untuk menyimpulkan peningkatan kualitas air secara menyeluruh, pemenuhan persyaratan kualitas air, maupun keamanan air untuk dikonsumsi. Evaluasi pemahaman masyarakat juga terbatas pada tanya jawab dan pengamatan praktik, sehingga peningkatan pengetahuan dan keterampilan belum dapat dinyatakan secara terukur. Pengujian laboratorium dan evaluasi peserta yang lebih terstruktur diperlukan untuk memperkuat penilaian keberhasilan kegiatan.

4. KESIMPULAN

Kegiatan penerapan teknologi filtrasi dan edukasi pengelolaan air bersih di Desa Puudonggala Utama, Kecamatan Sawa, Kabupaten Konawe Utara dilaksanakan melalui sosialisasi dan praktik bersama 20 peserta. Edukasi mencakup fungsi media filtrasi, pengoperasian, serta pemeliharaan alat. Penerapan filter menghasilkan air yang tampak lebih jernih secara visual, disertai penurunan nilai TDS dari 435 menjadi 349 ppm atau sebesar 19,77% berdasarkan pengukuran tunggal sebelum dan setelah filtrasi. Monitoring dilakukan pada minggu kedua dan keempat setelah kegiatan sosialisasi, yang menunjukkan bahwa filter masih digunakan, berfungsi dengan baik, serta dirawat dengan baik oleh masyarakat. Namun, peningkatan pemahaman peserta belum diukur melalui penilaian terstruktur, serta hasil pengamatan visual dan pengukuran TDS belum cukup untuk menyimpulkan adanya pemenuhan persyaratan kualitas air maupun keamanan air untuk dikonsumsi. Pengujian kualitas air yang lebih lengkap dan evaluasi pemahaman peserta secara terstruktur diperlukan pada kegiatan selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Clasen, T., Schmidt, W., Rabie, T., Roberts, I., & Cairncross, S. (2007). Interventions to Improve Water Quality for Preventing Diarrhoea: Systematic Review and Meta-Analysis. *British Medical Journal*, *334*, 782. https://doi.org/10.1136/bmj.39118.489931.BE

Francis, M. R., Sarkar, R., Roy, S., Jaffar, S., Mohan, V. R., Kang, G., & Balraj, V. (2016). Effectiveness of Membrane Filtration to Improve Drinking Water : A Quasi-Experimental Study from Rural Southern India. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, *95*(5), 1192–1200. https://doi.org/10.4269/ajtmh.15-0675

Freeman, M. C., Trinies, V., Boisson, S., Mak, G., & Clasen, T. (2012). Promoting Household Water Treatment through Women ' s Self Help Groups in Rural India : Assessing Impact on Drinking Water Quality and Equity. *PLos ONE*, *7*(9). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0044068

Lantagne, D., & Clasen, T. (2010). Effective use of Household Water Treatment and Safe Storage in Response to the 2010 Haiti Earthquake. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, *89*(3), 426–433.

Makutsa, P., Nzaku, K., Ogutu, P., Barasa, P., Ombeki, S., Mwaki, A., & Quick, R. E. (2001). Challenges in Implementing a Point-of-Use Water Quality Intervention in Rural Kenya. *American Journal of Public Health*, *91*(10), 1571–1573.

Navia, Z. I., Fitriani, & Mardina, V. (2018). Pemberdayaan Masyarakat melalui Pembuatan Karbon Aktif Tempurung Kelapa sebagai Filter dalam Gravity-Fed Filtering System (Empowerment Community through the Making of Activated Carbon from Coconut Shells as a Filter in Gravity-Fed Filtering System). *Agrokreatif: Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat*, *4*(1), 75–80.

Novianarenti, E., Afrizal, A. D., Mulya, J. H., Boediarti, F. D., Ambarwati, C., & Andriani, R. (2023). Metode Filtrasi Sederhana Menggunakan Media Arang, Sabut Kelapa, Pasir, dan Kerikil Pada Air Tambak Ikan Gurame. *Journal of Industrial Process and Chemical Engineering*, *3*(1), 18–22.

Peletz, R., Simunyama, M., Sarenje, K., Baisley, K., Filteau, S., Kelly, P., & Clasen, T. (2012). Assessing Water Filtration and Safe Storage in Households with Young Children of HIV-Positive Mothers: A Randomized, Controlled Trial in Zambia. *PLos ONE*, *7*(10).

Sabara, Z., Anwar, A., Yani, S., Prianto, K., Junaidi, R., Umam, R., & Prastowo, R. (2022). Activated Carbon and Coconut Coir with the Incorporation of ABR System as Greywater Filter : The Implications for Wastewater Treatment. *Sustainability*, *14*(2), 1026.

Sobsey, M. D., Stauber, C. E., Casanova, L. M., Brown, J. M., & Elliott, M. A. (2008). Point of use Household Drinking Water Filtration: A Practical, Effective Solution for Providing Sustained Access to Safe Drinking Water in the Developing World. *Environmental Science & Technology*, *42*(12), 1. https://doi.org/10.1021/es702746n

Wardani, Y. R., Naqiyah, M., Nurmayanti, D., Rohman, A. A. N., & Suparno. (2020). Penggunaan Arang Aktif Berbahan Dasar Limbah Biomassa Pada Proses Filtrasi Air Groundtank Ditinjau dari Uji TDS , Uji Kejernihan dan Uji Fe. *Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika*, *08*(02), 195–202.