

Pemberdayaan Masyarakat Desa Grenden Melalui Penerapan Teknologi Penyaring Ion Kalsium Berbasis Sensor Aliran Air

Muhammad Reza^{1*}, Muhammad Tamir Arkan², Dianti Artha Pramesti³,
Dela Puspita Sari⁴, Azzahrahwani Dewi Syafarya⁵, Hizkia Ariantha⁶, Anis Masita⁷,
Rian Rizki Pratama⁸, Septiana Dwi Astria Putri⁹, Mochamad Oktaviano G¹⁰,
Wahyu Refa Deny¹¹

^{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11}Universitas Jember

*Corresponding author, e-mail: promahadesagwatertech@gmail.com

Abstrak

Air bersih merupakan kebutuhan dasar esensial, namun warga Desa Grenden menghadapi masalah krisis air berupa tingkat kesadahan kapur yang tinggi dan pH yang tidak stabil. Kondisi ini berpotensi memicu risiko kesehatan jangka panjang, seperti batu ginjal dan gangguan kardiovaskular, serta kerugian ekonomi akibat kerak pada peralatan rumah tangga. Sebagai upaya penyelesaian masalah tersebut, tim pengabdian menginisiasi terobosan inovasi berupa penerapan sistem penyaringan air multi-tahap yang diintegrasikan dengan *water flow sensor* berbasis Arduino. Inovasi ini sangat penting karena tidak hanya berfungsi menyaring polutan fisik, tetapi juga memungkinkan masyarakat memantau debit volume pemakaian secara presisi untuk menentukan jadwal pembersihan filter (*backwashing*) agar alat tidak cepat rusak. Metode pengabdian ini menggunakan pendekatan *Participatory Action Research* (PAR) yang terdiri dari tahapan sosialisasi urgensi air bersih, pelatihan perakitan instrumen secara partisipatif, instalasi unit, serta evaluasi pengujian kualitas air dan survei akseptabilitas yang dipantau selama tiga bulan. Hasil pelaksanaan kegiatan menunjukkan dampak positif yang signifikan secara teknis dan sosial. Secara fisikokimia, inovasi ini berhasil menetralkan pH air dari kondisi asam (6,40–6,63) menjadi netral (6,80–7,00) sesuai standar Permenkes No. 492 Tahun 2010, menurunkan Total Padatan Terlarut (TDS), serta memperbaiki kejernihan dan bau secara total. Analisis dampak sosial dari survei kemitraan mengkonfirmasi tingginya akseptabilitas teknologi ini, di mana 86,7% responden merasakan langsung peningkatan kualitas air, 93,4% warga teredukasi dan memahami cara penggunaan alat, 80% menilai efektivitas penyaringan sangat baik, dan 66,7% warga menilai efisiensi biayanya sebanding atau lebih ringan dibandingkan manfaat kesehatan yang diterima. Temuan ini menegaskan bahwa introduksi teknologi filtrasi digital terbukti valid menyelesaikan masalah air berkapur di lokasi mitra. Program pengabdian ini tidak hanya berhasil menyediakan akses air layak konsumsi, melainkan juga sukses meningkatkan literasi teknologi dan kemandirian masyarakat Desa Grenden dalam mewujudkan manajemen sanitasi air yang berkelanjutan.

Kata Kunci: Grenden; Kesadahan air; PROMAHADESA; Sensor aliran air.

Abstract

Clean water is an essential basic need, yet the residents of Grenden Village face a water crisis due to high lime hardness and unstable pH levels. This condition potentially triggers long-term health risks, such as kidney stones and cardiovascular disorders, as well as economic losses caused by scale buildup on household appliances. To resolve this issue, the service team initiated an innovative breakthrough by implementing a multi-stage water filtration system integrated with an Arduino-based water flow sensor. This innovation is crucial because it not only filters physical pollutants but also enables the community to precisely monitor water consumption rates to determine the filter backwashing schedule, preventing premature equipment damage. This community service method utilized a Participatory Action Research (PAR) approach, which consisted of raising awareness about clean water urgency, participatory instrument assembly training, unit installation, as well as water quality evaluation and acceptability surveys monitored over three months. The results of the program demonstrated significant positive impacts both technically and socially. Physicochemically, this innovation successfully neutralized the water pH from slightly acidic (6.40–6.63) to neutral (6.80–7.00) in accordance with Permenkes No. 492 of 2010, decreased Total Dissolved Solids (TDS), and completely improved clarity and odor. Social impact analysis from the

partnership survey confirmed high technology acceptability, in which 86.7% of respondents directly perceived an increase in water quality, 93.4% of residents were well-educated and understood how to operate the device, 80% rated the filtration effectiveness as excellent, and 66.7% evaluated that the operational cost was comparable or lower than the health benefits received. These findings confirm that the introduction of digital filtration technology is proven to validly resolve lime-water issues at the partner site. This community service program not only succeeded in providing access to drinkable water but also successfully enhanced technological literacy and self-reliance among the people of Grenden Village in achieving sustainable water sanitation management..

Keywords: Grenden Village; PROMAHADESA; Water flow sensor; Water hardness.

How to Cite: Reza, M. et al. (2026). Pemberdayaan Masyarakat Desa Grenden Melalui Penerapan Teknologi Penyaring Ion Kalsium Berbasis Sensor Aliran Air. *Abdi: Jurnal Pengabdian dan Pemberdayaan Masyarakat*, 8(2), 659-668.



This is an open access article distributed under the Creative Commons Share-Alike 4.0 International License. If you remix, transform, or build upon the material, you must distribute your contributions under the same license as the original. ©2026 by author.

Pendahuluan

Air bersih merupakan kebutuhan dasar masyarakat yang berperan penting dalam menunjang kesehatan, aktivitas domestik, dan produktivitas sehari-hari. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492 Tahun 2010, air layak konsumsi harus memiliki pH 6,5–8,5 dan tingkat kesadahan maksimal 500 mg/L. Apabila kualitas air tidak memenuhi standar tersebut, maka dapat menimbulkan gangguan kesehatan serta kerugian ekonomi akibat kerusakan peralatan rumah tangga. Permasalahan kualitas air masih banyak ditemukan di wilayah pedesaan, terutama daerah dengan karakteristik tanah kapur dan keterbatasan teknologi pengolahan air. Kondisi ini juga terjadi di Desa Grenden, Kecamatan Puger, Kabupaten Jember, khususnya Dusun Krajan yang sebagian besar masyarakatnya menggunakan air sumur sebagai sumber utama kebutuhan rumah tangga. Berdasarkan penelitian air sumur di wilayah tersebut memiliki tingkat kesadahan rata-rata sebesar 150-300 mg/l, sehingga sebagian sumber air telah melampaui ambang batas aman kualitas air bersih. Menurut Peraturan Menteri Kesehatan No 32 Tahun 2017 bahwa kadar kesadahan yang diperbolehkan tidak lebih dari 500 mg/l.

Kualitas air di Desa Grenden menjadi salah satu masalah yang berdampak pada aspek kesehatan maupun ekonomi masyarakat. Air dengan kandungan kapur tinggi dapat meningkatkan risiko batu ginjal, gangguan kardiovaskular, serta menurunkan efisiensi penggunaan sabun dan peralatan rumah tangga akibat pembentukan kerak (Sa'adah et al., 2021). Secara fisik, air sumur masyarakat juga memiliki warna kekuningan dan bau lemah yang mengurangi kenyamanan penggunaan sehari-hari. Kondisi tersebut menunjukkan adanya kesenjangan antara kondisi ideal ketersediaan air bersih dengan kondisi aktual masyarakat yang masih mengalami keterbatasan teknologi pengolahan air dan ketergantungan pada sumber air dengan kualitas yang belum stabil. Selain itu, rendahnya literasi masyarakat terkait pengelolaan air bersih menyebabkan pemanfaatan teknologi penyaringan air rumah tangga belum optimal.

Berbagai penelitian terdahulu menunjukkan bahwa teknologi filtrasi sederhana mampu meningkatkan kualitas air rumah tangga. Astono et al (2017) menyatakan bahwa biosand filter efektif menurunkan kadar kapur pada air minum masyarakat, sedangkan Budiman & Mentarianata (2015) menemukan bahwa abu sekam padi mampu mengurangi kandungan CaCO₃ pada air sumur gali. Penelitian Thanh et al, (2021) juga menunjukkan bahwa kombinasi pasir silika dan karbon aktif dapat meningkatkan kejernihan air dan menurunkan partikel terlarut. Selanjutnya, Sari et al. (2025) membuktikan bahwa media zeolit dan karbon aktif efektif meningkatkan pH dan menurunkan tingkat kesadahan air. Di sisi lain, Khati et al. (2025) menjelaskan bahwa penggunaan sensor digital dalam sistem pengolahan air dapat meningkatkan efisiensi pemantauan kualitas air secara real time. Namun, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada aspek teknis filtrasi dan belum banyak mengintegrasikan pendekatan pemberdayaan masyarakat secara partisipatif.

Program Mahasiswa Berdesa (PROMAHADESA) Universitas Jember melaksanakan kegiatan pengabdian masyarakat di Desa Grenden melalui penerapan teknologi penyaring ion kalsium berbasis sensor aliran air. Program ini menggunakan sistem filtrasi multi-tahap berbahan karbon aktif, pasir aktif, dan pasir silika yang diintegrasikan dengan sensor aliran air berbasis ESP32 untuk menjaga kestabilan distribusi air. Pendekatan edukatif dipilih karena masyarakat membutuhkan peningkatan pengetahuan dan keterampilan terkait pengolahan air bersih, penggunaan teknologi sederhana, serta perawatan alat secara

mandiri. Kegiatan dilakukan melalui pelatihan, demonstrasi langsung, praktik penggunaan alat, pendampingan masyarakat, dan monitoring berkala dengan melibatkan masyarakat Dusun Krajan secara partisipatif.

Adapun maksud dari kegiatan ini untuk meningkatkan kualitas air bersih masyarakat Desa Grenden sekaligus membantu masyarakat dalam pengelolaan air secara mandiri dan berkelanjutan. Kebaruan program ini terletak pada integrasi teknologi filtrasi multi-media dengan sensor aliran air berbasis ESP32 yang dipadukan dengan pendekatan pemberdayaan masyarakat secara edukatif dan partisipatif. Inovasi tersebut diharapkan menjadi solusi kontekstual yang efektif, terjangkau, dan berkelanjutan untuk meningkatkan akses air bersih masyarakat pedesaan, khususnya pada wilayah dengan permasalahan kesadahan air tinggi.

Metode Pelaksanaan

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan melalui metode pelatihan dan pendampingan dengan pendekatan edukatif dan partisipatif. Penyampaian materi dilakukan menggunakan kombinasi metode ceramah, demonstrasi langsung, praktik partisipatif, serta diskusi kelompok. Adapun tahapan pelaksanaan kegiatan meliputi: (1) Identifikasi permasalahan, dilakukan melalui observasi awal dan koordinasi dengan masyarakat untuk mengetahui kondisi kualitas air serta kebutuhan penggunaan teknologi penyaring air berbasis sensor; (2) Penyampaian materi, berupa edukasi mengenai pentingnya kualitas air, prinsip kerja alat penyaring air, serta pengenalan sistem sensor berbasis ESP32 dalam pemantauan kualitas air; (3) Demonstrasi alat, yaitu tim pelaksana memperagakan secara langsung cara kerja alat penyaring dan sistem sensor, mulai dari proses instalasi hingga pengoperasian; (4) Praktik partisipatif, masyarakat dilibatkan secara langsung dalam penggunaan alat, termasuk proses pemasangan sederhana, pengoperasian, serta pemantauan hasil penyaringan air; (5) Diskusi kelompok, dilakukan untuk mengidentifikasi kendala yang dihadapi masyarakat serta merumuskan solusi terkait penggunaan alat dan pengelolaan kualitas air; (6) Pendampingan, dilakukan secara berkelanjutan untuk memastikan masyarakat mampu mengoperasikan, merawat, dan memanfaatkan alat secara mandiri; (7) Evaluasi kegiatan, dilakukan untuk menilai tingkat pemahaman dan keterampilan masyarakat serta efektivitas penggunaan alat dalam meningkatkan kualitas air.

Khalayak sasaran dalam kegiatan ini berjumlah ± 30 peserta, yang terdiri atas kepala keluarga, kader desa, ibu-ibu PKK, serta pengelola air desa. Peserta merupakan perwakilan masyarakat yang memiliki peran strategis dalam pengelolaan dan pemanfaatan air bersih di lingkungan masing-masing. Dilihat dari kondisi sosial-ekonomi, masyarakat sasaran umumnya bekerja pada sektor pertanian dan perdagangan kecil, dengan tingkat pendapatan menengah ke bawah. Keterbatasan akses terhadap teknologi dan informasi menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi rendahnya pemanfaatan teknologi dalam pengelolaan kualitas air, sehingga program ini dirancang untuk memberikan solusi yang sederhana dan terjangkau. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui wawancara, observasi langsung selama kegiatan, serta diskusi kelompok untuk menggali respon, pemahaman, dan pengalaman peserta. Selain itu, data juga diperoleh melalui dokumentasi kegiatan serta catatan partisipasi masyarakat selama pelatihan. Teknik analisis data dilakukan secara deskriptif kualitatif, dengan mengelompokkan hasil wawancara dan diskusi ke dalam beberapa tema, seperti tingkat pemahaman, keterampilan penggunaan alat, serta kendala teknis yang dihadapi. Selain itu, untuk mendukung efektivitas kegiatan edukasi digunakan berbagai media pembelajaran, yaitu modul penggunaan alat, leaflet, poster edukatif, serta video tutorial yang dapat digunakan sebagai panduan mandiri oleh masyarakat.

Hasil dan Pembahasan

Kondisi Awal Kualitas Air dan Permasalahan Mitra

Pelaksanaan Program Mahasiswa Berdesa (PROMAHADESA) di Dusun Krajan, Desa Grenden berfokus pada penerapan inovasi sistem penyaringan air berbasis *water flow sensor* (sensor aliran air) untuk mengurangi kadar kapur dan memperbaiki kualitas air bersih masyarakat. Analisis awal melalui survei lapangan dan studi literatur menunjukkan bahwa wilayah ini memiliki tingkat kesadahan air yang tinggi. Beberapa sampel bahkan melebihi baku mutu Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 Tahun 2010. Kondisi ini sejalan dengan temuan terkait dampak negatif kesadahan air terhadap kesehatan jangka panjang serta kerusakan peralatan rumah tangga akibat kerak kapur (Kadam et al., 2020; Saputra et al., 2023). Tingginya kadar kapur bersumber dari karakteristik geologi wilayah setempat, sehingga diperlukan intervensi teknologi pengolahan yang tepat guna (Metallidou et al., 2020). Pengukuran kualitas air

dilakukan pada sepuluh titik waktu pengamatan dengan parameter utama meliputi pH, *Oxidation-Reduction Potential* (ORP), *Total Dissolved Solids* (TDS), kondisi visual (warna dan bau), serta volume air terfiltrasi. Data pengujian kualitas air sebelum dan sesudah penerapan sistem penyaringan berturut-turut disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Hasil Pengujian Kualitas Air Sebelum Penyaringan

No.	pH	ORP	TDS	Warna	Bau	Water Flow (L)	Waktu
Sebelum							
1.	6,63	279	678	kekuningan	bau lemah	223	29 Juni
2.	6,58	277	676	keruh ringan	Bau lemah	446	30 Juni

Tabel 2. Hasil Pengukuran Kualitas Air Sesudah Penyaringan

No.	pH	ORP	TDS	Warna	Bau	Water Flow (L)	Waktu
Sesudah							
1.	6,4	271	354	agak jernih	Hampir tidak berbau	1338	6 Juli
2.	6,82	263	346	jernih	Tidak berbau	3122	19 Juli
3.	6,83	267	344	jernih	Tidak berbau	3355	20 Juli
4.	7	245	319	jernih	Tidak berbau	4693	26 Juli
5.	6,55	213	300	jernih	Tidak berbau	9153	16 Agustus
6.	6,5	261	288	jernih	Tidak berbau	12275	30 Agustus
7.	6,59	258	282	jernih	Tidak berbau	13836	6 September
8.	6,8	249	224	sangat jernih	Tidak berbau	20080	4 November

Stabilisasi Nilai pH dan Karakteristik ORP

Berdasarkan hasil pengukuran pada Tabel 2 dan Tabel 3, terlihat tren perbaikan parameter kimia air yang konsisten. Nilai pH yang awalnya berada pada kisaran 6,58–6,63 bergerak stabil menuju angka netral hingga mencapai 7,00 pada pengamatan 26 Juli. Nilai pH pasca-penyaringan ini sepenuhnya memenuhi standar baku mutu kualitas air minum yang aman bagi domestik menurut kriteria regulasi kesehatan (Metallidou et al., 2020; Khati et al., 2025). Stabilitas pH dalam jangka panjang sangat penting untuk mencegah sifat korosif pada saluran pipa (jika terlalu asam) sekaligus membatasi pengendapan kalsit berlebih. Perbaikan kualitas ini sejalan dengan peningkatan efektivitas filtrasi pada sistem multi-tahap. Kombinasi penyaringan fisik menggunakan media pasir silika dan karbon aktif mampu meningkatkan kestabilan parameter kimia air melalui minimalisasi zat pengganggu (Thanh et al., 2021; Khan et al., 2022).

Reduksi Total Dissolved Solids (TDS) dan Penurunan Kesadahan

Data pada Tabel 3 menunjukkan penurunan nilai TDS secara gradual dan signifikan, yaitu dari rentang awal 678 ppm (sebelum filtrasi) meluncur turun ke rentang 354 ppm hingga mencapai titik terendah sebesar 224 ppm pada bulan November. Penurunan drastis ini mengindikasikan lepasnya sebagian besar padatan terlarut (termasuk senyawa kapur/kalsium karbonat) yang menjadi kendala utama mitra di Dusun Krajan. Secara teoritis, penurunan TDS dalam media filtrasi bertingkat terjadi berkat fenomena retensi partikel dan penyerapan ion oleh pori-pori media. Penurunan ini mengindikasikan bahwa kapasitas penyangga air rumah tangga bekerja lebih baik tanpa resiko pembentukan skala kapur yang ekstrem. Penurunan nilai TDS di bawah ambang batas maksimal Permenkes (500 mg/L) ini mengkonfirmasi efisiensi fungsional dari media filter penyaringan domestik yang diaplikasikan (Khan et al., 2022).

Perubahan Kualitas Fisik dan Efektivitas Media Penyaringan

Kualitas fisik air mengalami peningkatan estetika yang sangat signifikan. Perubahan warna dari “kekuningan/keruh ringan” menjadi “sangat jernih” menandakan reduksi optimal pada partikel tersuspensi, koloid mikroskopis, dan sisa bahan organik terikat. Perbaikan visual ini berkaitan langsung dengan performa media pasir silika sebagai filter mekanis barrier. Di samping itu, hilangnya aroma air dari “bau lemah” menjadi “tidak berbau” mengkonfirmasi terjadinya penyerapan senyawa volatil organik, klorin, atau gas terlarut oleh struktur mikropori karbon aktif (Thanh et al., 2021; Ningrum et al., 2022).

Kejernihan dan sifat bebas bau ini merupakan indikator sensorik utama bahwa air tersebut telah higienis dan layak digunakan oleh masyarakat untuk keperluan sanitasi maupun konsumsi harian (Harefa, 2025).

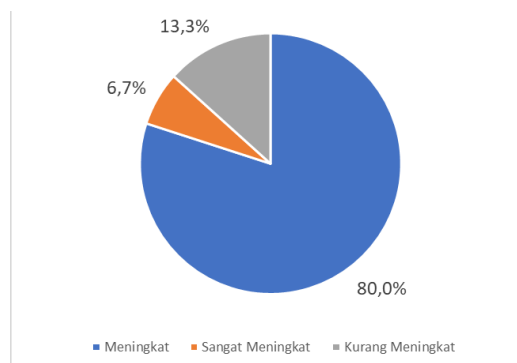
Analisis Akumulasi Volume (*Water Flow*) dan Integrasi Teknologi Sensor

Kolom parameter *Water Flow* pada Tabel 3 merekam akumulasi volume air yang mengalir melewati sistem, dimulai dari 1.338 Liter hingga menembus angka 20.080 Liter pada pengamatan akhir. Peningkatan nilai volume kumulatif ini membuktikan kontinuitas operasional alat dan daya tahan (*durability*) media filter dalam jangka panjang tanpa mengalami *clogging* (penyumbatan) yang berarti. Keberhasilan sistem penyaringan ini didukung penuh oleh integrasi *water flow sensor* digital. Penggunaan sensor digital ini berkontribusi penting dalam memantau debit aliran secara *real-time*, mendeteksi konsistensi distribusi air harian, serta memastikan efisiensi laju filtrasi agar waktu kontak (*contact time*) antara air baku dengan media penyaring tetap berada pada batas optimal. Pemanfaatan sensor digital terbukti meningkatkan keakuratan serta memudahkan masyarakat lokal dalam manajemen perawatan filter secara mandiri (Khatai et al., 2025).

Secara keseluruhan, hasil program PROMAHADESA di Desa Grenden menegaskan bahwa rancang bangun sistem penyaringan air berbasis sensor aliran air efektif mereduksi parameter fisik-kimia air yang bermasalah. Keterpaduan antara media filter fisik dengan instrumen monitoring digital mampu menawarkan solusi penyediaan air bersih yang terukur dan berkelanjutan bagi masyarakat (Thanh et al., 2021; Khan et al., 2022; Harefa, 2025).

Hasil Survei Kegiatan

Penerapan teknologi tepat guna dalam program pengabdian masyarakat memerlukan evaluasi komprehensif dari aspek sosial guna mengukur tingkat penerimaan dan keberlanjutan program di lokasi mitra. Indikator pertama yang dievaluasi adalah persepsi masyarakat terhadap perubahan fisik air harian setelah memanfaatkan sistem filtrasi ini. Distribusi persepsi responden mengenai parameter estetika tersebut disajikan secara detail pada Gambar 1.

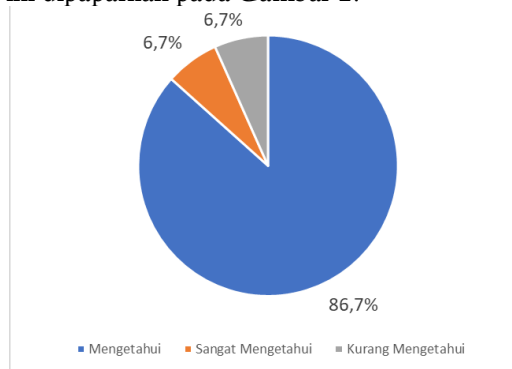


Gambar 1. Grafik Persepsi Masyarakat Desa Terhadap Peningkatan Kualitas Air Setelah Penerapan Sistem Penyaring.

(Sumber: Data Primer Terolah PROMAHADESA, 2025)

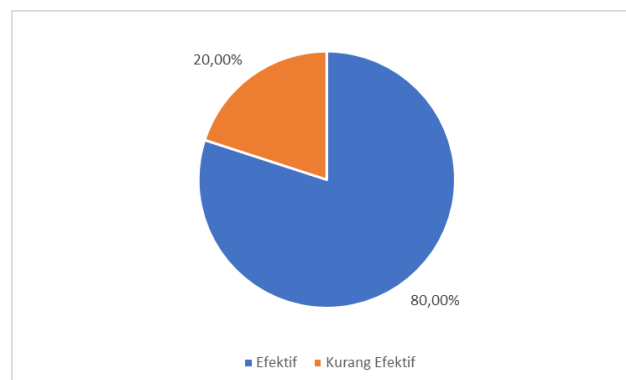
Berdasarkan Gambar 1, sebagian besar responden (80%) merasakan adanya peningkatan kualitas air setelah menggunakan penyaring, bahkan sebanyak 6,7% diantaranya menyatakan bahwa kualitas air sangat meningkat. Temuan ini menandakan bahwa sistem penyaringan multi-tahap yang diterapkan bekerja optimal dan responsif terhadap kendala utama mitra, terutama dalam mengurangi kekeruhan, sedimen, serta kontaminasi fisik akibat senyawa kapur. Secara teoritis, introduksi media mekanis pasir silika yang dikombinasikan dengan karbon aktif mampu menaikkan kualitas air baku hingga 70–95% pada skala domestik melalui mekanisme retensi partikel tersuspensi (WHO, 2017; Schaidler et al., 2019). Hal tersebut diperkuat oleh studi Le Chevallier (2019) yang menegaskan bahwa proses filtrasi memegang peranan krusial dalam mereduksi partikel asing sekaligus memperbaiki rasa dan tingkat kejernihan air. Di sisi lain, tercatat adanya 13,3% responden yang menilai kualitas air kurang meningkat. Fenomena ini dipengaruhi oleh faktor eksternal di lapangan, seperti kelalaian pengguna dalam merawat unit secara berkala, kondisi air sumur gali awal yang memiliki tingkat pencemaran ekstrem di atas kapasitas desain media filter, atau adanya ekspektasi subjektif yang terlalu tinggi dari warga terhadap performa mekanis alat. Secara umum, tingginya angka kepuasan fisik (86,7% gabungan) merekomendasikan implementasi teknologi ini sebagai solusi andalan penyediaan air bersih di pedesaan berkapur. Faktor determinan berikutnya yang mempengaruhi keberhasilan adopsi teknologi di tingkat desa adalah tingkat literasi

masyarakat terhadap operasional alat. Tingkat pemahaman warga Dusun Krajan mengenai tata cara interaksi dengan instrumen digital ini dipaparkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Persepsi Masyarakat Desa Terhadap Pengetahuan Penggunaan Penyaring Air
(Sumber: Data Primer Terolah PROMAHADESA, 2025)

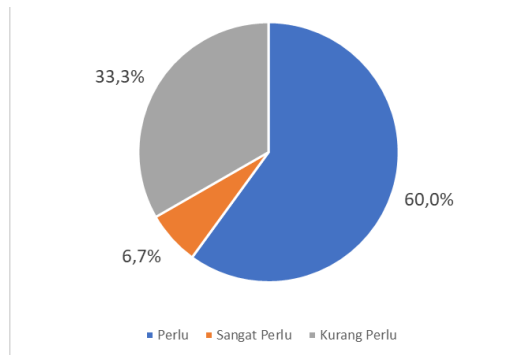
Merujuk pada visualisasi Gambar 2, sebanyak 86,7% responden menyatakan telah mengerti dengan baik cara penggunaan penyaring air, sementara kelompok yang sangat mengetahui dan kurang mengetahui berada pada proporsi yang sama yaitu masing-masing sebesar 6,7%. Tingginya persentase pemahaman ini merefleksikan bahwa agenda edukasi, demonstrasi plot (demplot), serta pendampingan intensif yang dilakukan oleh tim pelaksana telah berjalan secara efektif. Berdasarkan pendekatan *Technology Acceptance Model* (TAM), persepsi kemudahan penggunaan (*perceived ease of use*) serta pemahaman pemanfaat terhadap mekanisme suatu instrumen baru menjadi variabel kunci dalam menentukan keberhasilan adopsi jangka panjang (Venkatesh et al., 2016). Namun, kecilnya angka kelompok "sangat mengetahui" (6,7%) mengindikasikan sebuah catatan bahwa mayoritas warga baru sebatas memahami operasional keran distribusi harian, tetapi belum menguasai aspek teknis mendalam seperti jadwal regenerasi media atau pembacaan deviasi sensor secara mandiri. Sementara itu, 6,7% kelompok yang kurang mengetahui diidentifikasi berasal dari anggota keluarga lansia yang tidak hadir dalam forum sosialisasi utama. Mengingat tingkat literasi teknologi berbanding lurus dengan ketepatan pemeliharaan preventif (Banna et al., 2018), implikasi dari temuan ini menekankan pentingnya penyelenggaraan pelatihan lanjutan terfokus mengenai teknik pencucian balik (backwashing) mandiri guna memperpanjang lifetime media filter. Selain pemahaman operasional, penilaian subjektif mitra terhadap efisiensi alat dalam menyelesaikan krisis air juga menjadi parameter evaluasi yang penting. Persentase tingkat efektivitas alat menurut sudut pandang masyarakat dirangkum pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Persepsi Masyarakat Desa Terhadap Efektivitas Penyaring Air
(Sumber: Data Primer Terolah PROMAHADESA, 2025)

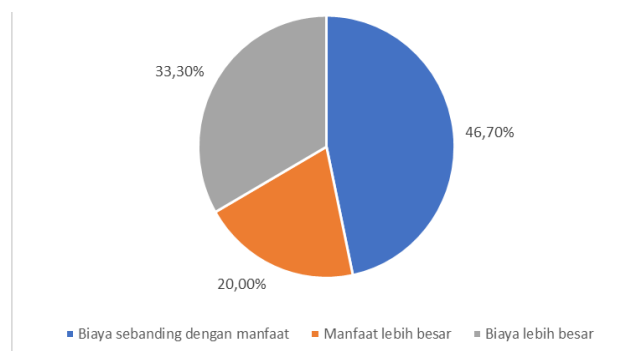
Sesuai dengan sajian data pada Gambar 3, persentase dominan sebesar 80% responden menilai bahwa teknologi penyaring air berbasis sensor aliran air yang dipasang bekerja secara efektif dalam menyaring dan memperbaiki kualitas air konsumsi mereka harian. Penilaian positif ini selaras dengan studi Siriwardene & Deletic (2017) serta Khan et al. (2020) yang menyatakan bahwa aplikasi filtrasi tepat guna sederhana, baik yang diintegrasikan dengan sensor digital maupun sistem pipa bertekanan rendah, memiliki kapabilitas tinggi untuk mendongkrak kualitas air domestik secara signifikan apabila dirawat dengan konsisten. Di pihak lain, terdapat 20% responden yang memandang sistem ini kurang efektif. Kendala ini muncul akibat variabilitas debit pasokan air tanah serta fluktuasi kedalaman sumur gali antar-rumah tangga yang memicu perbedaan

beban kerja penyerapan kalsium karbonat pada masing-masing unit. Implementasi dari hasil evaluasi ini menuntut adanya monitoring pasca-program secara berkala serta evaluasi teknis untuk mengidentifikasi kasus spesifik tersebut, sehingga dapat dirumuskan solusi penyesuaian laju alir pipa atau peningkatan volume material penyaring secara personal di lokasi rumah tangga terdampak. Urgensi pengadaan alat di mata masyarakat juga dievaluasi untuk melihat sejauh mana masyarakat menempatkan isu kualitas air sebagai prioritas hidup mereka. Tingkat kebutuhan warga terhadap kelangsungan unit filter ini ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Persepsi Masyarakat Desa Terhadap Kebutuhan Penggunaan Penyaring Air
(Sumber: Data Primer Terolah PROMAHADESA, 2025)

Berdasarkan Gambar 4, sebagian besar responden (60%) menilai penggunaan penyaring air merupakan kebutuhan yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari, didukung oleh 6,7% responden yang menganggapnya sangat perlu. Orientasi persepsi ini mengindikasikan adanya lonjakan kesadaran dari warga Dusun Krajan mengenai fungsi vital air bebas kapur untuk memitigasi risiko penyakit ginjal serta menjaga kebersihan domestik. Pola ini sejalan dengan kajian global yang memaparkan bahwa masyarakat pedesaan cenderung menaruh perhatian dan nilai tinggi pada teknologi pemurnian air ketika sumber air komunal mereka mulai memicu kerusakan fisik, seperti pengendapan kerak putih pada wadah, bau, dan kekeruhan (UNICEF, 2019; Rahman et al., 2021). Meski demikian, resistensi berupa 33,3% responden yang merasa kurang perlu tetap menjadi perhatian. Kelompok ini umumnya terikat pada kebiasaan lama mengkonsumsi air sumur tanpa pengolahan atau menganggap filterisasi hanya menambah kompleksitas aktivitas rumah tangga. Mengingat resiko kontaminasi air tanah di kawasan berkapur bersifat dinamis dan fluktuatif (Sun et al., 2022), tingginya animo kebutuhan dari mayoritas warga (66,7% kumulatif) harus dioptimalkan oleh pemerintah desa sebagai landasan regulasi untuk merancang program penyediaan air bersih berbasis partisipasi swadaya masyarakat. Indikator evaluasi sosial terakhir dalam jangka panjang bertumpu pada analisis kelayakan ekonomi, khususnya mengenai keseimbangan antara biaya operasional harian alat dengan nilai guna kesehatan yang diperoleh. Distribusi penilaian biaya-manafaat ini tertera pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Persepsi Masyarakat Desa Terhadap Biaya dan Manfaat Dari Sistem Penyaring
(Sumber: Data Primer Terolah PROMAHADESA, 2025)

Berdasarkan Gambar 5, sebagian besar responden (46,7%) menilai biaya penggunaan penyaring air sudah sangat sebanding dengan manfaat yang diperoleh, bahkan sebanyak 20% responden mengklaim keuntungan yang didapat jauh lebih besar daripada pengorbanan finansial operasionalnya. Temuan empiris ini selaras dengan prinsip cost-benefit analysis dalam adopsi teknologi, di mana sebuah instrumen baru akan

dinilai layak dan diadopsi secara massal apabila nilai utilitas intrinsiknya setara atau melampaui pengorbanan ekonomi yang dikeluarkan pengguna (Pearce & Turner, 2018). Efisiensi biaya dari berkurangnya pembelian air minum isi ulang komersial serta proteksi jangka panjang terhadap pengeluaran medis akibat dampak air sadah menjadi stimulan utama tingginya kepuasan ekonomi warga (Shields et al., 2020). Namun, terdapat 33,3% responden yang menilai alokasi biaya perawatan masih relatif besar. Kelompok ini umumnya berasal dari kalangan ekonomi rentan atau rumah tangga dengan volume pemakaian air sangat tinggi sehingga mempercepat masa jenuh (exhaust) media filter kapur (Hasan et al., 2023). Secara ringkas, jalinan data ini mencerminkan bahwa sistem penyaringan berbasis sensor aliran air memiliki potensi keberlanjutan mandiri (self-sustaining) yang tinggi di Desa Grenden, dengan catatan esensial berupa diperlukannya skema subsidi silang komunitas atau regulasi bantuan pengadaan suku cadang dari kas desa bagi kelompok masyarakat berpenghasilan rendah dalam menjamin keadilan akses air bersih di tingkat tapak.

Kesimpulan

Program PROMAHADESA melalui penerapan sistem penyaringan air berbasis *water flow sensor* di Desa Grenden telah mencapai target keberhasilan secara optimal, baik dari aspek kualitas teknis maupun akseptabilitas sosial. Secara kuantitatif, sistem filtrasi multi-tahap ini terbukti efektif memperbaiki kualitas air dengan mereduksi kadar padatan terlarut (TDS) sebesar 66,9% (dari kondisi tidak layak 678 ppm turun drastis menjadi 224 ppm) sehingga memenuhi standar Permenkes No. 492 Tahun 2010 (< 500 mg/L), menstabilkan pH pada rentang netral (6,80–7,00), menurunkan ORP hingga 249 mV, serta meningkatkan estetika fisik secara total (100% jernih dan tidak berbau) dengan akumulasi volume filtrasi mencapai 20.080 Liter tanpa kendala penyumbatan. Ketercapaian tujuan program ini diperkuat oleh parameter statistik sosial hasil survei kemitraan, di mana 86,7% responden merasakan langsung dampak perbaikan kualitas air, 80% menilai sistem filtrasi bekerja secara efektif, dan 93,4% warga menyatakan telah memahami operasional dasar dan teknis alat dengan baik.

Implikasi dari pencapaian kegiatan ini memberikan dampak positif yang signifikan bagi masyarakat mitra dalam jangka panjang, terutama terhadap peningkatan derajat kesehatan harian dan kemandirian pengelolaan air bersih desa. Keberadaan teknologi ini menjadi solusi preventif terhadap risiko penyakit akibat konsumsi air berkapur tinggi, di mana 66,7% warga kini mengkonfirmasi alat ini sebagai kebutuhan vital harian dan 66,7% menilai aspek finansialnya sebanding atau lebih murah dibanding manfaat kesehatan yang mereka terima. Guna menjamin keberlanjutan program secara mandiri di tingkat desa, langkah strategis yang perlu ditindaklanjuti adalah melaksanakan pelatihan terstruktur bagi warga mengenai teknik perawatan berkala (backwashing) untuk merespons 13,3% kelompok yang pemanfaatannya belum optimal, serta menginisiasi kolaborasi pendanaan bersama pemerintah desa untuk replikasi unit di wilayah pedesaan berkapur lainnya.

Daftar Pustaka

- Abdulraheem, F. S., Al-Khafaji, Z. S., Hashim, K. S., Muradov, M., Kot, P., & Shubbar, A. A. (2020). Natural filtration unit for removal of heavy metals from water. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 888(1), 012034.
- Alisya, N. N., Alwi, M. K., & Idris, F. P. (2021). Studi kadar kesadahan total air minum dalam kemasan (AMDK) merek lokal di Kota Makassar. *Window of Public Health Journal*, 2(4), 570–580.
- Astono, J., Sumarna, S., Agustika, D. K., Nugraheni, A. R. E., & Dina, D. (2017). Pelatihan biosand filter untuk menangani masalah kesadahan (kadar kapur) dalam air minum bagi masyarakat Kelurahan Giritontro, Kabupaten Wonogiri. *Jurnal Pengabdian Masyarakat MIPA dan Pendidikan MIPA*, 1(2), 94–98.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan Republik Indonesia. (2018). *Riset Kesehatan Dasar (RISKESDAS)*. Balitbang Kemenkes RI.
- Budiman, B., & Mentarianata, C. (2015). Efektifitas abu sekam padi sebagai biofilter zat kapur (CaCO₃) pada air sumur gali di Jalan Domba Kelurahan Talise. *Higiene: Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 1(1), 9–13.
- Butarbutar, A. R., Handayani, F., Vierdiana, D., Mulyani, D., Farlina, B. F., Iswanto, J., & Suriyeni, D. (2024). Hubungan antara kualitas air dan kejadian penyakit infeksi saluran pencernaan: Tinjauan kesehatan lingkungan. *Jurnal Review Pendidikan dan Pengajaran (JRPP)*, 7(2), 3637–3647.
- Harefa, D. (2025). Evaluasi efektivitas media filtrasi rumah tangga terhadap parameter fisik air minum. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Tropis*, 23(1), 44–53.

- Hassan, M. M. (2025). *Economic cost-benefit analysis of rainwater harvesting systems in coastal Bangladesh: A case study of Mongla Upazila*. Social Science Research Network.
- Herkert, N. J., et al. (2020). Assessing the effectiveness of point-of-use residential drinking water filters for perfluoroalkyl substances (PFASs). *Environmental Science & Technology Letters*, 7(3), 178–184.
- Huang, Z., Nya, E. L., Cao, V., Gwenzi, W., Rahman, M. A., & Noubactep, C. (2021). Universal access to safe drinking water: Escaping the traps of non-frugal technologies. *Sustainability*, 13(17), 9645.
- Kadam, A., Wagh, V., & Umrikar, B. (2020). Assessment of groundwater hardness and its impact on domestic use: A case study. *Groundwater for Sustainable Development*, 11, 100402.
- Khan, M., Rahman, M., & Sari, F. (2022). Performance of multi-stage household filtration systems combining sand, activated carbon, and membrane units. *Water Practice & Technology*, 17(3), 789–801.
- Khatri, H. S., Vishwakarma, K., Kumar, S., Bahuguna, A. S., Pundir, Y. P., Kumar, K., & Kala, S. (2025). IoT-based water quality monitoring system. *2025 IEEE International Conference on Computer, Electronics, Electrical Engineering & their Applications (IC2E3)*, 1–5.
- Khatri, N., Aryal, K., & Sharma, S. (2025). Integration of digital sensors for real-time monitoring of household water quality. *Environmental Technology & Innovation*, 39, 103421.
- Kumala, I. G. A. H., Astuti, N. P. W., & Sumadewi, N. L. U. (2019). Uji kualitas air minum pada sumber mata air di Desa Baturiti, Kecamatan Baturiti, Kabupaten Tabanan. *Higiene: Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 5(2), 100–105.
- LeChevallier, M. W. (2019). Monitoring distribution systems for *Legionella pneumophila* using Legiolert. *AWWA Water Science*, 1(1), e1122.
- Metallidou, C., Tsihrintzis, V. A., & Gikas, G. D. (2020). Water quality assessment and treatment needs in rural groundwater sources. *Journal of Water Supply: Research and Technology—AQUA*, 69(2), 170–183.
- Metallidou, C. K., Psannis, K. E., & Egyptiadou, E. A. (2020). Energy efficiency in smart buildings: IoT approaches. *IEEE Access*, 8, 63679–63699.
- Mujiyanto, & Muhammad, A. (2022). Analisis kualitas air sumur di sekitar kampus Universitas Islam Indonesia. *Indonesian Journal of Laboratory*, 5(3), 112–120.
- Ningrum, D. S., Fadli, M., & Kurniawan, A. (2022). Efisiensi pasir silika dan karbon aktif dalam meningkatkan kejernihan air rumah tangga. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 28(2), 155–164.
- Ningrum, P. T., Pujiati, R. S., Ma'rufi, I., Moelyaningrum, A. D., Ellyke, E., & Nurika, G. (2022). *Fakta Tembakau: Kajian Permasalahan Kesehatan Masyarakat & Dampak Lingkungan*. Yayasan Wiyata Bestari Samasta.
- Ningrum, S. F. et al. (2022). *Analisis kesadahan air di Dusun Krajan, Desa Grenden* (Laporan Penelitian Instansional Tidak Diterbitkan). Universitas Jember.
- Noor, M. M., Bungawati, A., & Andri, M. (2024). Analisis kandungan zat kapur (CaCO₃) dan *Escherichia coli* air minum di wilayah pengungsian Desa Lolu, Kabupaten Sigi. *Jurnal Kolaboratif Sains*, 2(1), 45–53.
- Pearce, D., & Turner, R. (2018). *Economics of Natural Resources and the Environment*. Routledge.
- PROMAHADESA. (2025). *Data Primer Terolah: Kuesioner Evaluasi Akseptabilitas dan Persepsi Masyarakat Terhadap Sistem Penyaringan Air di Desa Grenden* (Dokumen Program Pengabdian Tidak Diterbitkan). Universitas Jember.
- Rohma, W., & Sutedjo, A. (2018). Analisis kesadahan air tanah dangkal dalam kaitannya dengan kebutuhan air domestik di sekitar Bukit Kapur Sadeng Kecamatan Puger. *Swara Bhumi*, 5(9), 12–21.
- Sa'adah, F., Lisminingsih, R. D., & Latuconsina, H. (2023). Hubungan parameter kualitas air dengan sintasan dan pertumbuhan ikan nilam (*Osteochilus vittatus*). *Jurnal Riset Perikanan dan Kelautan*, 5(1), 22–32.
- Sa'adah, N., Putri, A. F., & Wijaya, H. (2023). Pengaruh perubahan pH terhadap metabolisme dan sintasan ikan budidaya air tawar. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 22(1), 33–41.
- Sa'adah, U. L., Mukono, J., & Sulistyorini, L. (2021). Kesadahan air minum dengan kadar kalsium urin dan keluhan kesehatan pada masyarakat Samaran Barat Desa Samaran Sampang. *Media Gizi Kesmas*, 10(2), 246–253.
- Saputra, R., Nugroho, A., & Azzahra, D. (2023). Dampak kesadahan air terhadap kesehatan dan peralatan rumah tangga di daerah kapur. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Nasional*, 18(2), 112–119.
- Saputra, R. E., Pradani, Y. K., & Fallo, T. (2023). Effect of filter media thickness on reducing lime levels in groundwater. *Conserve: Journal of Energy and Environmental Studies (CJEES)*, 4(2), 8–13.
- Sari, S. W., Cahyani, S. D., & Sari, D. (2025). Efektivitas pengelolaan air bersih menggunakan metode filtrasi dengan media zeolit dan karbon aktif terhadap pH, kesadahan, dan daya tahan filtrasi. *Jurnal Kesehatan Tambusai*, 6(1), 89–98.

-
- Shields, K., dkk. (2020). Economic evaluation of household water treatment interventions. *Journal of Environmental Health*, 82(4), 14–22.
- Siriwardene, N., & Deletic, A. (2017). Filtration technologies for improving water quality. *Water Research*, 115, 231–241.
- Sun, Y., dkk. (2022). Rural water safety and adoption of water treatment systems. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 241, 113901.
- Thanh, N. T., Nguyen, P. H., & Huynh, K. (2021). Household filtration systems using sand and activated carbon for improving drinking water quality. *Applied Water Science*, 11(4), 67.
- UNICEF. (2019). *Water, Sanitation and Hygiene Report*. UNICEF.
- Utami, D. P., & Herdiana, I. N. (2021). Pengukuran kualitas sumber air media pemeliharaan ikan di Balai Riset Pemuliaan Ikan. *Buletin Teknik Litkayasa Akuakultur*, 19(1), 19–24.
- Utami, W., Suharyanto, & Prasetyo, D. (2021). Peran alkalinitas dalam stabilitas kualitas air pada sistem akuakultur. *Jurnal Sumberdaya Perairan*, 15(1), 55–64.
- Venkatesh, V., dkk. (2016). Unified theory and extension of the Technology Acceptance Model. *Information Systems Research*, 27(2), 428–453.