

Penyediaan Air Bersih Masyarakat Sekitar Masjid Al-Ikhlas Desa Cukanggenteng, Ciwidey dengan Penyaringan Air Sederhana

Hans Kristianto¹, Katherine^{2,1}, Jenny N. M. Soetedjo^{1*}, Felicia Pratiwi¹, Chandra W. Handriono¹, Vandry J. Guntoro¹, Rafael J. Farand¹, Billy Y. Suhendar¹, Yana Mulyana¹

¹Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan

²Program Studi Bioteknologi, Fakultas Biosains, *Indonesia International Institute for Life Sciences* (i3L)

*email: jenny.notianti@unpar.ac.id

Submisi: 08 September 2017; Penerimaan: 11 Desember 2017

ABSTRAK

Desa Cukanggenteng, Ciwidey, Kabupaten Bandung memiliki masalah dengan ketersediaan air bersih. Air yang digunakan warga berasal dari Sungai Cisondari atau sumur galian yang airnya relatif keruh, padahal penggunaan air kotor berpotensi menyebabkan berbagai masalah kesehatan, seperti kolera, disentri, tifus, dan lain sebagainya. Warga desa sudah mengupayakan sistem penjernihan air menggunakan bak-bak sedimentasi, tetapi sistem tersebut tidak berfungsi efektif. Untuk menyelesaikan masalah tersebut, sistem penyaringan pasir dan pipa bertahap diterapkan pada kegiatan pengabdian ini. Penyaringan pasir dioperasikan secara *upflow* yang kemudian *overflow*-nya diumpungkan ke dalam penyaringan pipa bertahap. Penyaring pipa bertahap terdiri atas tiga pipa 4" yang berisi arang batok, pasir, dan spons. Sistem ini dirancang dengan bahan penyaring yang mudah ditemukan dan konstruksi sistem yang sederhana sehingga dapat dipelihara, dioperasikan, dan diduplikasi oleh warga sekitar. Hasil analisis menunjukkan bahwa sistem penyaringan dapat menurunkan tingkat turbiditas air mencapai 91,06%, yaitu dari 94,55 NTU menjadi 8,445 NTU dengan derajat keasaman (pH) relatif tetap, yakni sebesar 6,55. Dengan demikian, air hasil penyaringan dapat dikategorikan sebagai air bersih sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan Permenkes RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990. Hal tersebut menunjukkan bahwa setiap proses filtrasi pasir dan penyaring pipa bertahap bekerja secara optimal.

Kata kunci: air bersih, kekeruhan, penyaringan, penyaring pasir, penyaring pipa

ABSTRACT

Cukanggenteng Village, Ciwidey, Bandung has problem with availability of clean water. The villagers use water from Cisondari River near the village and shallow well which has high turbidity. Usage of high turbidity water could cause various health problems, such as cholera, dysentery, typhus, and so on. There is some effort done by the villager to reduce the water turbidity, by utilizing sedimentation process. However the sedimentation process does not work effectively. In this community service project, sand and pipe filters were utilized to solve the clean water scarcity problem. The sand filter was operated up flow, and its overflow was fed into the pipe filter. The pipe filter consisted of three 4" pipes with sand, coconut shell carbon, and sponge. This system was designed with easily obtained filter media, and simple construction, so that it could be taken care, operated, duplicated by the villagers. Analysis of the water showed that the filtration could remove 91.06% of water turbidity from 94.55 NTU to 8.445 NTU, with pH 6.55. The water after this simple filtration process could be categorized as clean water, based on the standards in Permenkes RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990. The results obtained showed that the filtration process has successfully implemented to reduce the water turbidity.

Keywords: clean water, filtration, sand filter, pipe filter, turbidity

1. PENDAHULUAN

Air memiliki peranan penting dalam kehidupan seluruh makhluk hidup, termasuk manusia. Selain dikonsumsi, air juga dimanfaatkan untuk menunjang kehidupan manusia, seperti kebutuhan MCK (mandi, cuci, kakus) dan irigasi. Di antara berbagai pemanfaatan tersebut, hampir 85% konsumsi air digunakan untuk MCK (Droste, 1997) {Droste, 1997 #16}. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan (Permenkes) RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990 tentang Syarat-Syarat dan Pengawasan Kualitas Air diketahui bahwa air bersih memiliki ciri-ciri awal, yakni tidak berbau, tidak berwarna, tidak berasa, dan tidak keruh. Penggunaan air yang kotor berpotensi menimbulkan berbagai masalah kesehatan. Penyakit yang timbul akibat krisis air, antara lain, kolera, hepatitis, *polymearitis*, *typhoid*, disentri, *trachoma*, *scabies*, malaria, *yellow fever*, dan penyakit cacangan (Collin, 2009). Saat ini masih banyak masyarakat di berbagai daerah di Indonesia yang belum dapat menikmati ketersediaan air bersih untuk menunjang aktivitas sehari-hari. Permasalahan tersebut juga dihadapi oleh warga di Desa Cukanggenteng, Ciwidey, Kabupaten Bandung.

Keterbatasan biaya dan belum meratanya jalur pasokan air bersih PDAM kepada warga Desa Cukanggenteng membuat warga sekitar harus memanfaatkan air sungai yang mengalir melewati desa. Selain itu, warga juga membuat sumur-sumur dangkal hampir di setiap RW. Kondisi air sungai yang keruh merupakan masalah utama yang dialami oleh warga desa. Berdasarkan informasi yang disampaikan oleh pejabat desa diketahui bahwa kondisi ini menjadi semakin parah, terutama pada musim tanam karena sumber air yang digunakan akan tercampur dengan tanah dan lumpur. Air pun akan menjadi semakin keruh. Oleh karena itu, dibutuhkan metode penjernihan air agar air menjadi layak pakai.

Salah satu metode penjernihan air yang sering digunakan adalah koagulasi menggunakan koagulan, seperti tawas ($KAl [SO_4]_2 \cdot 12H_2O$) (Putra, Rantjono, & Arifiansyah, 2009), alum ($AlCl_3$), besi (III) klorida ($FeCl_3$), dan polialuminium klorida (PAC) yang dikenal efektif dan umum digunakan (Yin, 2010). Penggunaan koagulan konvensional akan menimbulkan komponen biaya tambahan, menghasilkan limbah *sludge* dalam jumlah yang besar, menyebabkan penurunan pH air, serta air yang dikonsumsi dapat berdampak negatif pada kesehatan manusia (Yin, 2010). Pembuatan bak-bak sedimentasi berukuran besar tidak dapat direalisasikan karena keterbatasan lahan. Karena mempertimbangkan kondisi lapangan, penyaringan pasir secara *upflow* dan penyaringan pipa bertahap yang diisi media penyaring pun digunakan. Operasi secara *upflow* dapat digunakan untuk proses penyaringan dengan laju alir yang cepat, bahkan mencapai 230 liter/jam (Kagaya, 2015). Penyaringan pasir secara *upflow* juga secara efektif dapat menurunkan kandungan logam seperti besi dan mangan (Torres, 2015). Media penyaring pada penyaringan pipa menggunakan arang batok, pasir, dan spons. Sistem ini dirancang dengan mempertimbangkan kemudahan bagi warga sekitar untuk memperoleh bahan penyaring. Selain itu, konstruksi sistem penyaringan dibuat sesederhana mungkin sehingga dapat dipelihara, dioperasikan, bahkan diduplikasi oleh warga sekitar.

2. METODE

Kegiatan pengabdian masyarakat untuk penjernihan air di Masjid Al-Ikhlas dilakukan melalui tahapan-tahapan sebagai berikut.

- a. Tahap 1: peninjauan lokasi dilakukan untuk mengetahui kondisi lokasi.
- b. Tahap 2: observasi dilakukan dengan mengambil sampel air baku dari lokasi yang kemudian diuji tingkat kualitas airnya. Selanjutnya, dilakukan uji kekeruhan (turbid-

ditas) dengan turbidimeter (Eutech Instruments Turbidimeter TN-100), uji derajat keasaman dengan pH meter (Hanna Instruments 8424N), dan uji kandungan organik dengan titrasi permanganometri (BSN, 2004).

- c. Tahap 3: pembuatan penyaring pasir dan pipa bertahap sebelum pelaksanaan kegiatan sehingga memudahkan pemasangan di lapangan.
- d. Tahap 4: pemasangan alat penyaring dilakukan oleh tim bina desa Teknik Kimia UNPAR dengan melibatkan warga di sekitar Masjid Al-Ikhlas.
- e. Tahap 5: sosialisasi dilakukan oleh tim untuk memberi penjelasan mengenai prinsip kerja, pengoperasian, dan pemeliharaan alat kepada warga setempat.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Peninjauan Lokasi

Peninjauan lokasi dilakukan pada November 2015 untuk melihat kondisi nyata di lapangan serta memperkirakan posisi pemasangan penyaring dan kebutuhan alat-bahan. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan diketahui bahwa visual air tampak kotor kecokelatan. Warga secara swadaya telah membuat bak-bak sedimentasi untuk menampung dan mengendapkan kandungan pengotor dalam air (Gambar 1). Air dari bak penampungan dialirkan ke pipa-pipa sesuai jalur yang ada menuju keran-keran rumah warga dan Masjid Al-Ikhlas. Bak-bak sedimentasi yang ada di sekitar Masjid Al-Ikhlas Cukanggenteng berukuran kecil dan dangkal sehingga air sungai yang masuk ke dalam bak penampungan tidak memiliki waktu tinggal yang cukup. Oleh karena itu, meski sebagian pengotor terendapkan, air yang mengalir masih relatif keruh. Berdasarkan hasil peninjauan lokasi diputuskan untuk menggunakan air yang telah keluar dari bak sedimentasi sebagai air baku. Hal itu bertujuan untuk menurunkan beban kerja penyaring karena partikel yang berukuran besar telah terendapkan terlebih dahulu.



Gambar 1 Bak-Bak Sedimentasi yang Digunakan untuk Mengendapkan Pengotor Air dari Sungai

3.2 Uji Kualitas Air

Pada saat dilakukan kunjungan, tim mengambil sampel air untuk diukur kualitas air bakunya. Pengamatan visual menunjukkan bahwa air relatif keruh karena kandungan padatan tersuspensi (lumpur) yang relatif tinggi. Hal itu terlihat pada endapan di bagian dasar bak sedimentasi (Gambar 2).



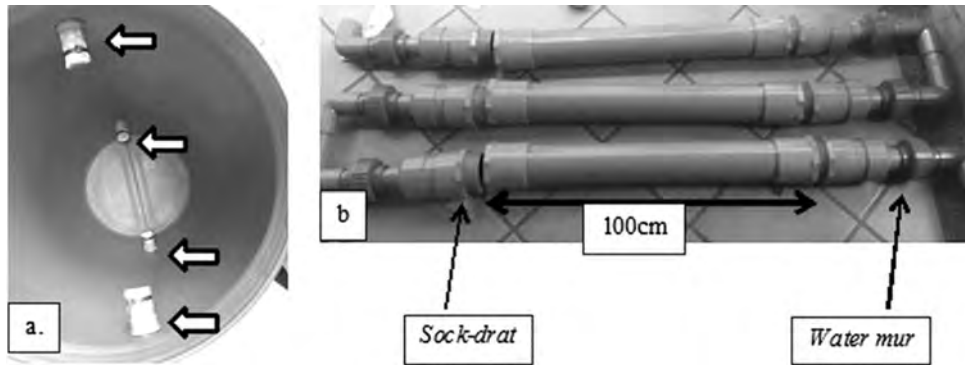
Gambar 2 Kotoran Berupa Lumpur yang Terendapkan di Dasar Bak Sedimentasi

Berdasarkan analisis kuantitatif diketahui bahwa air baku yang keluar dari bak sedimentasi memiliki nilai kekeruhan (turbiditas) 44,55 NTU, pH sebesar 6,16, dan kandungan zat organik sebesar 12,17 mgKMnO₄/L. Menurut Permenkes RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990, batas maksimal turbiditas adalah 25 NTU, pH berkisar antara 6,5—9,0, dan zat organik 10 mg KMnO₄/L. Berdasarkan analisis awal dapat dilihat bahwa parameter turbiditas merupakan parameter yang jauh melebihi baku mutu. Adapun pH dan kandungan zat organik relatif memenuhi baku mutu. Oleh karena itu, sistem penyaringan yang dibuat akan berfokus pada penurunan nilai kekeruhan air.

3.3 Pembuatan Penyaring Pasir dan Pipa Bertahap

Penyaring pasir dan pipa bertahap dibuat terlebih dahulu untuk mempermudah proses pemasangan yang akan dilakukan. Penyaring pasir dibuat dari drum air bekas 150 liter dengan tinggi 100 cm dan diameter 50 cm. Drum air kemudian dilubangi sebanyak empat buah untuk memasang pipa 1 inch yang kemudian disambungkan dengan pompa air dan jalur perpipaan lainnya. Bagian dalam drum air diberi saringan berbahan *stainless steel* 50 mesh (ditunjukkan dengan tanda panah pada gambar 3.a) untuk mencegah agar pasir tidak terbawa pada saat operasi atau pun pembersihan.

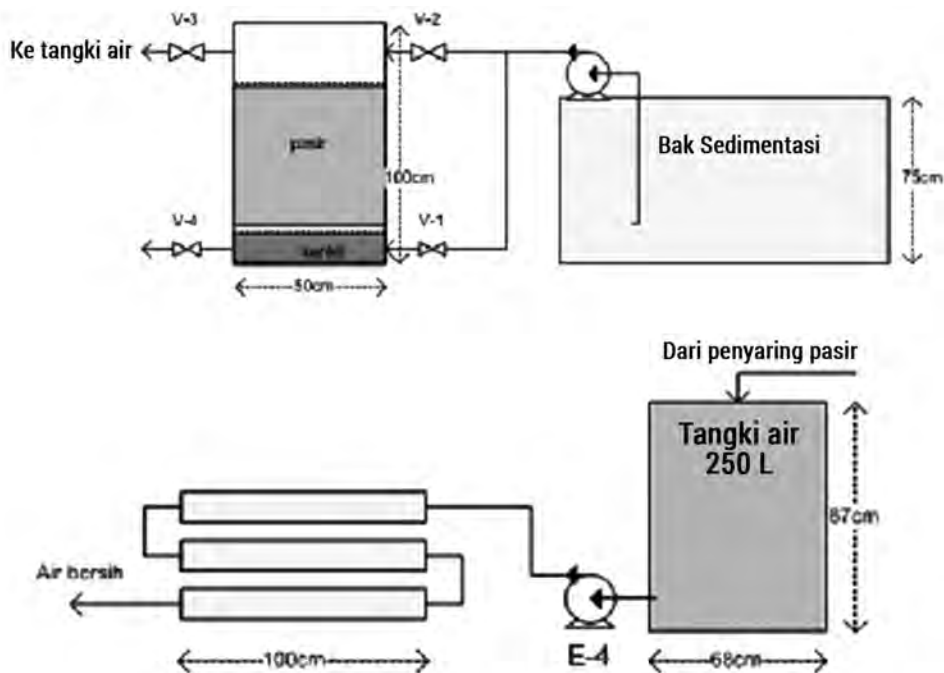
Adapun penyaring pipa bertahap (Gambar 3.b.) dibuat dari pipa PVC 4 inch sepanjang 100 cm yang disambung dengan *sock-drat* 4 inch, *reducer* 2 inch, dan *watermur* 2 inch. *Watermur* digunakan agar bagian-bagian penyaring bertahap mudah dilepaskan dari rangkaian alat. Adapun *sock-drat* digunakan agar penyaring mudah dibongkar pasang untuk dibersihkan. Rangkaian-rangkaian penyaring bertahap kemudian disambung dengan menggunakan keni (*elbow* 90°) 2 inch.



Gambar 3 Drum Air 150 liter yang Dilubangi (a) dan Penyaring Pasir Bertahap (b)

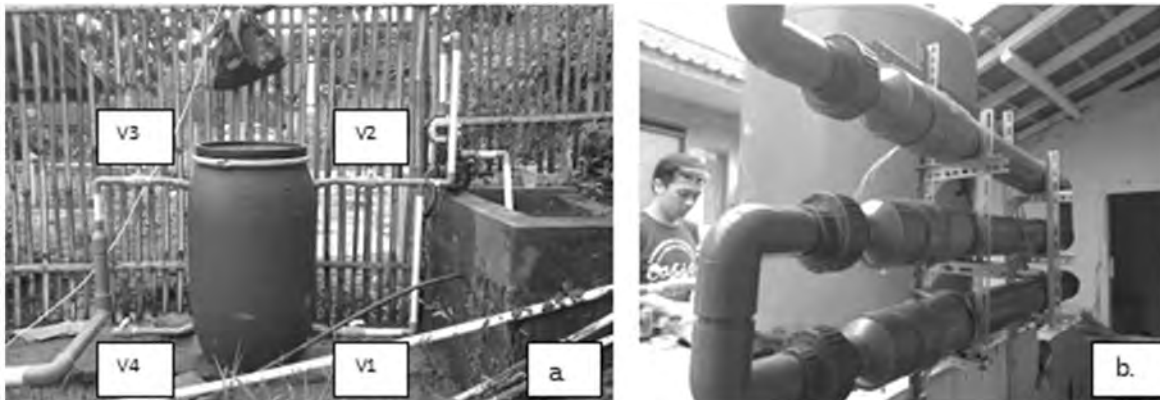
3.4 Pemasangan Alat Penyaring

Penyaring pasir dan pipa bertahap yang telah dibuat sebelumnya kemudian dipasang menjadi satu sistem. Kegiatan pemasangan dilakukan pada bulan Februari—Maret 2016. Skema alat disajikan pada gambar 4. Pada saat pemasangan, drum air yang telah dibuat diisi secara berurutan, yakni kerikil 35kg, saringan 50 mesh, pasir silika 150 kg, dan saringan 50 mesh. Saringan mesh dipasang untuk mencegah kerikil dan pasir bercampur pada saat operasi atau pun pembersihan serta meminimalkan pasir yang hilang. Air baku dipompa ke dalam drum melalui pipa 1 inch kemudian disaring melewati kerikil, saringan mesh, dan pasir aktif yang secara *upflow* sampai *overflow* menggunakan pompa (Shimidzu 128 bit). Pada drum terdapat empat *kerangan* (*valve*) 1 inch yang dipasang untuk mengatur laju alir air saat operasi (*kerangan* V-1 dan V-3 dibuka, V-2 dan V-4 ditutup) atau pun saat pembersihan (*kerangan* V-1 dan V-3 ditutup, V-2 dan V-4 dibuka).



Gambar 4 Skema Keseluruhan Sistem Penyaringan (tanpa skala)

Air *overflow* dari penyaring pasir dialirkan ke dalam tangki air 250 liter untuk dipompa (Wasser PB169EA) ke dalam penyaring pipa bertahap. Penyaring pipa bertahap menggunakan arang batok, pasir silika, dan spons sebagai media penyaring. Penggunaan arang batok di pipa tahap satu digunakan untuk menyerap kandungan bakteri, bau, dan zat warna di dalam kandungan air (Atyani, Neni, & Alwani, 2014). Selanjutnya, pada pipa tahap dua terdapat pasir aktif yang berfungsi sebagai penghilang warna kuning/cokelat pada air yang disebabkan oleh kandungan besi dan mangan, selain menyaring padatan yang tersuspensi (Widayat, 2008). Pada tahap ketiga, filtrasi pipa memanfaatkan spons sebagai penyaring padatan yang masih tersuspensi. Sistem penyaringan yang telah terpasang disajikan pada gambar 5.



Gambar 5 Sistem Penyaring Pasir (a) dan Pipa (b) yang Sudah Dipasang

Setelah pemasangan, masing-masing air keluaran dari setiap penyaringan dianalisis dan dibandingkan dengan kualitas air baku. Secara visual, perubahan kekeruhan air disajikan pada gambar 6. Adapun hasil pengujian tingkat kekeruhan (turbiditas) dan derajat keasaman ditunjukkan pada tabel 1. Berdasarkan pengamatan visual diketahui bahwa sistem penyaringan yang telah dipasang berhasil menurunkan kekeruhan pada air.



Gambar 6 Perbandingan Air Baku (kiri), Air Hasil Penyaringan Pasir (tengah), dan Air Keluaran Penyaring Pipa Bertahap (kanan)

Tabel 1 Analisis Kualitas Sampel Air

Sampel air	Turbiditas (NTU)	pH
Air baku	94,55	6,16
Air keluaran drum penyaring pasir	14	6,39
Air keluaran filter bertahap	8,445	6,55

Berdasarkan hasil pengujian kuantitatif diketahui bahwa sampel air baku tidak layak digunakan sebagai air bersih. Hal itu disebabkan tingkat turbiditas yang masih tinggi, yakni sebesar 94,55 NTU sehingga jauh dari baku mutu turbiditas sebesar 25 NTU meski derajat keasaman 6,16 masih memenuhi baku mutu (baku mutu yang ditetapkan berdasarkan Permenkes RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990). Hasil analisis juga menunjukkan bahwa sistem penyaringan dapat menjernihkan air baku hingga masuk dalam kategori air bersih karena tingkat turbiditas menurun sebesar 91,06%, yaitu dari 94,55 NTU menjadi 8,445 NTU dan derajat keasaman meningkat dari 6,16 menjadi 6,55. Penurunan turbiditas dan kenaikan derajat keasaman pada penyaring pasir dan pipa bertahap menunjukkan bahwa setiap proses filtrasi memberi kontribusi dan bekerja secara optimal.

Pengaturan laju alir oleh *kerangan (valve)* yang terpasang dalam sistem menjadi hal penting karena air baku akan dapat tersaring dengan baik (Cleasby, 1960). Menurut Cleasby (1960), jika laju alir terlalu cepat, partikel pengotor tidak dapat tersaring karena cenderung teraduk kembali oleh aliran yang turbulen. Berdasarkan hasil uji coba lapangan, bukaan *kerangan* kemudian diatur setengah penuh dengan laju alir air hasil penyaringan mencapai sekitar 12 liter/min untuk memberi hasil penyaringan yang baik.

Hasil yang diperoleh dari penyaringan pasir dan pipa bertahap lebih baik daripada hasil penelitian Syahriyani (2013) yang menggunakan sistem penyaringan pipa bertahap. Penyaring pipa bertahap menggunakan ijuk, kerikil, pasir, arang, dan spons sebagai media penyaring. Penyaringan memberi penurunan agregat kasar sebesar 6,2%, agregat halus sebesar 5,5%, dan hasil akhir penyaringan yang masih relatif berwarna kuning dan agak keruh (Syahriyani, 2013). Hasil yang diperoleh hampir sama dengan penyaringan air menggunakan *biosand* yang dilakukan oleh Collin (2009), yakni menyaring air dengan turbiditas tinggi. Penyaringan air dengan *biosand* menurunkan turbiditas sebesar 93% (Collin, 2009). Bagundol, Awa, dan Enguito (2013) dalam penelitiannya melakukan penjernihan air sumur menggunakan penyaring pasir lambat yang berhasil menurunkan turbiditas sebesar 99,66%. Hasil yang lebih baik tersebut disebabkan oleh proses penyaringan yang dilakukan secara perlahan dengan laju 0,4—0,7 liter/min (Collin, 2009) dan 0,24—0,48 liter/min (Bagundol, Awa, & Enguito, 2013), selain keberadaan lapisan *schmutzdecke* pada bagian atas penyaring pasir.

Sistem penyaringan yang digunakan di Masjid Al-Ikhlas memiliki laju penyaringan lebih besar, yakni mencapai 12 liter/min dengan hasil penurunan turbiditas yang tidak berbeda jauh dari Collin (2009) dan Bagundol, Awa, dan Enguito (2013). Oleh karena itu,

dapat disimpulkan bahwa sistem penyaringan yang digunakan untuk menurunkan turbiditas air dengan kapasitas besar sehingga dapat memenuhi kebutuhan Masjid Al-Ikhlas dan warga sekitar sudah bekerja dengan baik. Selain itu, nilai kekeruhan air hasil penyaringan sudah memenuhi baku mutu air bersih, yakni berdasarkan Permenkes RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990 dan dengan nilai kekeruhan maksimum 25 NTU. Selain itu, nilai kekeruhan air hasil penyaringan juga hampir memenuhi baku mutu air minum yang ditetapkan oleh Permenkes No. 907/MENKES/SK/VII/2002 dengan kekeruhan air maksimum 5 NTU (Anonim, 2002). Hasil yang diperoleh tersebut telah memenuhi tujuan awal kegiatan, yakni air bersih untuk kebutuhan MCK. Akan tetapi, nilai kekeruhan air yang diperoleh belum mencapai baku mutu air minum karena pada proses pengolahan tidak ditambahkan koagulan sama sekali. Selain itu, penyaringan air dilakukan dengan sistem penyaringan cepat sehingga partikel halus di dalam air tidak memiliki cukup waktu untuk menggumpal dan lebih mudah disaring.

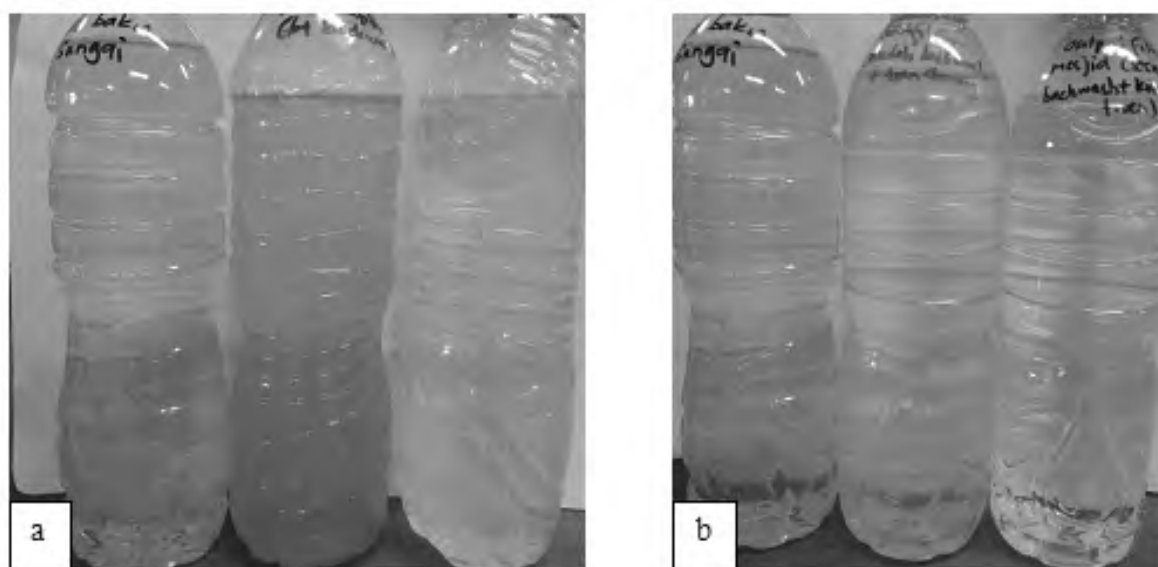
3.5 Sosialisasi Sistem Penyaring

Kegiatan pengabdian masyarakat ini juga disertai dengan sosialisasi kepada warga di sekitar Masjid Al-Ikhlas yang dilakukan melalui presentasi (disajikan pada gambar 7). Hal itu dilakukan untuk memberikan pemahaman kepada warga tentang mekanisme kerja, komponen penyusun alat penyaring, serta cara penyusunan dan perawatannya. Masyarakat diberi penjelasan bahwa alat penyaring dapat dibongkar pasang karena isi media saring membutuhkan perawatan. Pembersihan media saring perlu dilakukan secara rutin, yaitu tiga bulan sekali. Pembersihan media saring dilakukan dengan membilas media saring secara terus menerus sampai semua kotoran yang tertahan dapat dihilangkan. Untuk penyaring pasir, pembersihan dilakukan dengan *backwash* selama satu jam. Adapun penyaring pipa bertahap dibersihkan dengan membongkar penyaring dan membersihkannya secara manual.



Gambar 7 Tim Melakukan Sosialisasi kepada Warga

Pada saat pengecekan dilakukan, yakni setelah tiga bulan alat beroperasi (bulan Juni 2016), terlihat bahwa air keluaran dari penyaring pasir lebih keruh daripada air baku (Gambar 8.a.). Selain itu, pengecekan juga menunjukkan peningkatan kekeruhan air setelah keluar dari sistem penyaringan pasir dan pipa bertahap (Tabel 2). Oleh karena itu, pembersihan media penyaring perlu dilakukan sesuai prosedur yang telah dijelaskan sebelumnya. Setelah dibersihkan, media penyaring dapat dilihat dengan baik secara visual (Gambar 8.b.) dan secara kuantitatif (Tabel 2), air keluaran sistem penyaring dapat masuk ke dalam baku mutu air bersih. Sistem pembersihan yang telah dijelaskan sebelumnya berhasil membersihkan media saring yang sudah jenuh sehingga sistem penyaring dapat digunakan kembali. Pada proses pembersihan ini, warga secara aktif dan rutin memelihara alat penyaring yang telah dipasang.



Gambar 8 Perbandingan Air Baku (kiri), Air Hasil Penyaringan Pasir (tengah), dan Air Keluaran Filter Pipa Bertahap (kanan) Sebelum (a), dan Setelah (b) Pembersihan Penyaring

Tabel 2 Analisis Kualitas Sampel Air Sebelum dan Setelah Pembersihan Penyaring Pasir

Sampel air	Turbiditas (NTU)	pH
Sebelum Pembersihan		
Air baku	29,55	6,18
Air keluaran drum penyaring pasir	78,25	6,18
Air keluaran filter bertahap	23,6	6,07
Setelah Pembersihan		
Air baku	29,55	6,18
Air keluaran drum penyaring pasir	15,25	6,17
Air keluaran filter bertahap	11,4	6,05

4. SIMPULAN

Kegiatan pengabdian masyarakat di Masjid Al-Ikhlas, Desa Cukanggenteng, Ciwidey, Kabupaten Bandung telah berhasil dilaksanakan. Sistem penyaring yang tersusun atas penyaring pasir dan penyaring pipa bertahap berhasil menurunkan turbiditas air sampai 91,06% dengan turbiditas akhir sebesar 8,445 NTU. Nilai tersebut sudah memenuhi baku mutu air bersih berdasarkan Permenkes RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990 dengan nilai kekeruhan maksimum 25 NTU.

DAFTAR PUSTAKA

- Atyani, F., Neni, D., dan Alwani, H. 2014. "Pemanfaatan Arang dari Limbah Tempurung Kelapa sebagai Variasi Material dalam *Sand Filtration* untuk Penjernihan Air Sumur di Kelurahan Tegalkamulyan Cilacap". Makalah Seminar Nasional dipresentasikan pada Seminar Nasional Hasil-Hasil Penelitian dan Pengabdian LPPM UMP 2014, Purwokerto.
- Bagundol, T.B., Awa, A.L., dan Enguito, M.R.C. 2013. "Efficiency of Slow Sand Filter in Purifying Well Water" dalam *J Multidisciplinary Studies*. Volume 2(1). Hlm. 86 – 102.
- BSN. 2004. "Air dan Air Limbah-Bagian 22: Cara Uji Nilai Permanganat secara Titimetri". Volume SNI 06-6989.22-2004.
- Cleasby, J.L. 1960. *Selection of optimum filtration rates for sand filters*. Iowa State University.
- Collin, C. 2009. *Biosand filtration of high turbidity water: modified filter design and safe filtrate storage*. University of Sydney.
- Droste, R.L. 1997. *Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment*. USA: John Wiley & Sons.
- Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 416/MEN.KES/PER/IX/1990 tentang Syarat-Syarat dan Pengawasan Kualitas Air. 1990. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 907/MENKES/SK/VII/2002 tentang Syarat-Syarat dan Pengawasan Kualitas Air Minum. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Putra, S., Rantjono, S., & Arifiansyah, T. (2009). *Optimasi Tawas dan Kapur Untuk Koagulasi Air Keruh dengan Penanda I-131*. Makalah Seminar Nasional dipresentasikan pada Seminar Nasional V SDM Teknologi Nuklir, Yogyakarta.
- Syahriyani. 2013. "Analisa Alat Penyaringan Air dengan Sistem Pipa Bersusun untuk Penyaringan Air Sumur Galian Desa Sungai Alam". Hasil Penelitian. Politeknik Negeri Bengkulu.
- Widayat, W. 2008. "Teknologi Pengolahan Air Minum dari Air Baku yang Mengandung Kesadahan Tinggi" dalam *Jurnal Air Indonesia*. Volume 4(1). Hlm. 13 – 21.
- Yin, C.-Y. 2010. "Emerging Usage of Plant-based Coagulants for Water and Wastewater Treatment" dalam *Process Biochemistry*, 45. Hlm. 1437 – 1444.

DAFTAR LAMAN

- Kagaya, S. 2015. "Emergency Treatment of Drinking Water at Point-of-use". *WHO Technical Note for Emergencies No. 5*, Retrieved 12 November, 2015. Diakses melalui http://www.who.int/water_sanitation_health/hygiene/envsan/tn05/en/.
- Torres, L.D.S. 2015. "Upflow Gravel Filtration for Multiple Uses". Retrieved 12 November, 2015. Diakses melalui <http://www.citg.tudelft.nl/en/about-faculty/departments/watermanagement/sections/sanitary-engineering/staff/luis-dario-sanchez-torres/upflow-gravel-filtration-for-multiple-uses/>.