

Pemanfaatan Pasir Putih Sebagai Adsorben Pada Proses Penjernihan Air untuk Laboratorium Kimia FKIP USK

M Nasir, Zulfadli, Ibnu Khaldun, Ratu Fazlia, Kana Puspita

Jurusan Pendidikan Kimia, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia

Email Korespondensi: nasirmara@usk.ac.id

Abstrak

Telah dilakukan pelaksanaan pengabdian di Laboratorium Kimia FKIP Universitas Syiah Kuala membuat prototipe alat penyaringan air menggunakan refill cartridge filter dengan menggunakan pasir putih sebagai adsorben dalam berbagai ukuran mesh menggantikan cartridge filter cartridge filter yang umumnya digunakan oleh pengusaha depot air minum isi ulang. Pengabdian ini bertujuan untuk menguji kemampuan pasir putih sebagai adsorben alami, untuk menyerap ion-ion besi dan mangan. Sampel pasir putih diambil di Desa Lhok Mee Krueng Raya Aceh Besar. Pasir putih mengandung ion silika dan memiliki porositas, diharapkan mampu menurunkan kadar ion-ion besi dan mangan. Persiapan pasir putih sebelum digunakan sebagai adsorben dibersihkan dari pengotor dan diayak dengan ayakan ukuran 8, 10 dan 20 mesh dan diuji variasi waktu kontak. Prototipe alat penyaringan air dilengkapi dengan tiga housing Filter yang dapat diisi dengan refill cartridge filter ditempatkan secara permanen di laboratorium kimia FKIP USK. Air bersih hasil penyaringan dengan menggunakan pasir putih sebagai adsorben alami diuji kadar ion besi dan mangan menggunakan alat spektrometri sinar tampak (UV-Vis), dan dibandingkan dengan standar baku mutu air minum berdasarkan Permenkes RI nomor:429/MENKES/PER/IV/2010. Hasil pengujian ion-ion besi dan mangan dalam air bersih memenuhi standar, dengan efisiensi adsorpsi sebesar 89,07%. Berdasarkan data percobaan dapat disimpulkan bahwa pasir putih Lhok Mee Krueng Raya Aceh Besar dapat digunakan sebagai adsorben alami untuk menyerap ion-ion besi dan mangan. Prototipe alat penjernihan yang dikembangkan menjadi salah alat penyedia air bersih untuk kebutuhan praktikum dan penelitian di Laboratorium Kimia FKIP USK.

Abstract

Service has been carried out at the Chemistry Laboratory of FKIP Syiah Kuala University to make a prototype of a water filtration device using a refill cartridge filter using white sand as an adsorbent in various mesh sizes replacing the filter cartridge filter cartridge which is generally used by entrepreneurs of refillable drinking water depots. This devotion aims to test the ability of white sand as a natural adsorbent, to absorb iron and manganese ions. White sand samples were taken in Lhok mee Village, Krueng Raya, Aceh Besar. White sand contains silica ions and has porosity, expected to reduce iron and manganese ions. The preparation of white sand before use as an adsorbent is cleaned of impurities and sifted with a sieve of sizes of 8, 10 and 20 mesh and tested for contact time variations. The prototype of the water filtration device is equipped with three filter housings that can be filled with refill cartridge filters permanently placed in the FKIP USK chemical laboratory. Clean water filtered using white sand as a natural adsorbent was tested for iron and manganese ion levels using visible light spectometry (UV-Vis), and compared with drinking water quality standards based on Permenkes RI number: 429 /

MENKES / PER / IV / 2010. The test results of iron and manganese ions in clean water met the standard, with an adsorption efficiency of 89.07%. Based on experimental data, it can be concluded that the white sand of Lhok Mee Krueng Raya Aceh Besar can be used as a natural adsorbent to absorb iron and manganese ions. The prototype of the purification tool developed is one of the clean water supply tools for practicum and research needs at the FKIP USK Chemistry Laboratory.

Keywords: white sand, natural adsorbents, ferrous ions, manganese, spectrometry.

PENDAHULUAN

Sarana laboratorium yang baik tidak hanya didukung lengkapnya peralatan namun keberadaan listrik dan air bersih mutlak diperlukan. Laboratorium kimia FKIP Universitas Syiah Kuala(USK) merupakan sarana untuk pelaksanaan praktikum bagi mahasiswa dan dimanfaatkan untuk kegiatan penelitian Mahasiswa dan Dosen. Bila ditinjau dari segi sarana dan prasarana yang ditetapkan pemerintah sesuai permendiknas nomor 24 Tahun 2007, yang menyatakan bahwa rasio minimum ruangan laboratorium untuk masing-masing mahasiswa 2,4 m²/siswa jika satu rombongan belajar terdiri dari 20 orang maka diperlukan luas minimum laboratorium 48 m². Selain ruang praktikum juga diperlukan ruang penyimpanan dan persiapan seluas 18 m². Laboratorium Kimia FKIP USK hanya memiliki dua ruangan seluas 48 m², untuk digunakan secara bersama-sama untuk kegiatan praktikum kimia fisika, analitik, biokimia dan anorganik yang seharusnya setiap bidang memiliki ruang khusus secara terpisah, akibatnya penataan alat dan bahan menjadi permasalahan yang serius selain hal tersebut air bersih sulit diperoleh, karena air PDAM sering keruh dan belum tersedia alat penyaringan dan alat distilasi untuk penyediaan aquades.

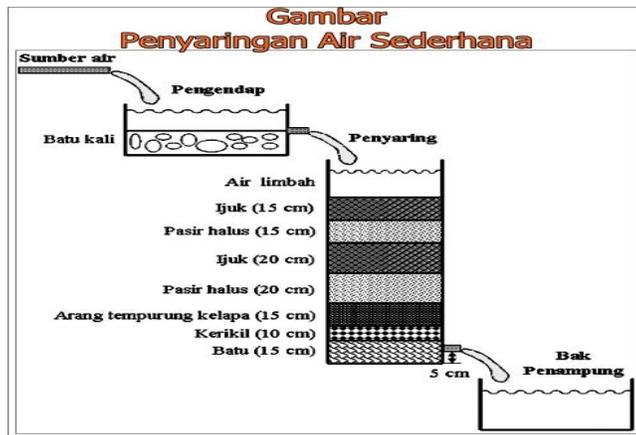
Keberadaan Laboratorium merupakan unsur penting karena menjadi tempat pelaksanaan praktikum untuk melatih aspek psikomotorik (Ketrampilan) dan kognitif (pengetahuan) serta afektif (sikap) mahasiswa (Ayana, 2017). Menurut Sudaryanto (1998:5). Laboratorium didukung dengan alat-alat dan bahan-bahan kimia serta alat pemadam kebakaran dan alat pelindung diri dari kecelakaan kerja di laboratorium. Kegiatan praktikum diawali dengan mempersiapkan peralatan dan reagensia sebelum pelaksanaan kegiatan praktikum dilakukan. Penyiapan reagensia untuk kebutuhan praktikum memerlukan air bersih yang terbebas dari ion-ion logam untuk mencuci peralatan gelas dan untuk melarutkan reagen sebaiknya menggunakan aquades atau aqua bides agar terjamin bahwa peralatan dan reagensia benar-benar bebas dari pengotor dan untuk menghindari berlebih reagensia sebaiknya dibuat seperlunya jika berlebih akan memerlukan wadah dan tempat penyimpanan dengan memberikan label yang jelas tanggal pembuatan, nama reagensia, konsentrasi agar diketahui secara pasti kapan dibuat mengingat reagensia dapat mengalami masa kadaluarsa, sisa reagen yang telah kadaluarsa, sebelum dibuang ke lingkungan sebaiknya diencerkan dengan air berlebih agar benar-benar memenuhi batas konsentrasi yang dizinkan.

Air yang mengandung ion-ion besi dan mangan dalam jumlah berlebih setelah terpapar udara akan menyebabkan warna air menjadi kuning kecoklatan dan berbau, hal ini sering terjadi jika sumber air berasal dari air tanah yang banyak digunakan oleh masyarakat untuk mandi, mencuci, dan ada juga yang digunakan untuk air minum. Air sumur yang berwarna kuning dan bau ini tidak layak untuk dikonsumsi sebelum mengalami proses penjernihan. Proses penjernihan air dapat dilakukan dengan cara filtrasi menggunakan bahan-bahan alami seperti; pasir, arang tempurung kelapa, dan bahan lainnya yang dapat digunakan sebagai adsorben. Batu kerikil, sebagai bahan penyaring dapat membantu

proses aerasi oksigen. Pasir, untuk menahan endapan lumpur. Arang, sebagai penyerap partikel yang halus, penyerap bau dan warna yang terdapat di air. Ijuk, untuk menyaring partikel yang lolos dari lapisan sebelumnya dan meratakan air yang mengalir, namun hasil penyaringan, air yang diperoleh belum menjamin bahwa air sudah terbebas dari ion-ion logam terlarut walaupun air terlihat jernih. Analisa keberadaan ion-ion logam dalam air secara kualitatif dapat dilakukan dengan menggunakan reagen spesifik untuk masing-masing logam dan Analisa secara kuantitatif ion logam mangan dalam jumlah air dapat dilakukan dengan menggunakan instrument spektrometer Ultra Violet, (SNI 06-4822-1998).

Metode yang dapat digunakan untuk menurunkan kadar ion-ion besi dan mangan dalam air dengan memanfaatkan teknik adsorpsi dengan menggunakan bahan yang memiliki porositas, sehingga memiliki kemampuan untuk mengadsorpsi ion-ion logam. Selain besi dan mangan jika sumber air berasal dekat dengan industri air dapat tercemar dari limbah industri sering terdapat Logam-logam berat yang paling berbahaya diantaranya; timbal (Pb), seng (Zn), tembaga (Cu), arsenik (As), kadmium (Cd), kromium (Cr), nikel (Ni) dan merkuri (Hg) logam-logam berat tersebut dapat beracun dan berbahaya bagi manusia dan makhluk hidup lainnya (Mehdipour et al. 2015). Berbagai jenis adsorben yang telah digunakan dalam proses adsorpsi yaitu; alumina, karbon aktif, silika gel, serta zeolit, karena adsorben tersebut memiliki kemampuan adsorpsi yang baik tetapi tidak murah (Victor et al., 2019). Salah satu alternatif dalam memperoleh adsorben alami yang baik, murah dan mudah didapat adalah dengan memanfaatkan bahan-bahan yang banyak terdapat disekitar kita salah satunya pasir putih yang terdapat di pantai Lhok Mee Aceh Besar. Air mengandung zat besi yang berlebih dapat menimbulkan noda kuning pada pakaian, porselin dan sebagainya (Wahyu & Setyo, 2013). konsentrasi zat besi melebihi dari syarat kualitas air minum yaitu 0,3 mg/L menyebabkann perubahan warna air menjadi cokelat kemerahan. Jika kadar besi dalam air minum melebihi dari 0,3 mg/L, akan berdampak buruk bagi kesehatan, seperti kerusakan sel-sel kulit, kerusakan pada hati, jantung, dan pankreas, mutasi pada gen dan penyakit yang lain (Dheny & Tresia, 2017).

Kandungan mangan di dalam air alami bervariasi tergantung derajat keasaman (pH) air. Konsentrasi mangan umumnya kurang dari 0.1 mg /L, Pada konsentrasi 0,1 mg per liter, Mangan mengakibatkan rasa yang tidak dikehendaki pada air minum. Selain itu dapat juga menimbulkan kerak pada sistem perpipaan, dan noda pada cucian baju. Jika konsentrasi melebihi 1 mg /L maka dengan cara pengolahan biasa sangat sulit untuk menurunkan konsentrasi mangan dalam air karena itu perlu cara pengolahan yang khusus seperti filtrasi (Yaqin et al., 2020). Pada umumnya masyarakat membuat alat penyaringan air secara sederhana seperti pada Gambar 1, penggunaan alat tersebut memerlukan proses regenerasi secara rutin akibat pasir dan ijuk mengalami kejenuhan dan memerlukan waktu dan tenaga untuk membersihkan, dalam pengabdian yang kami lakukan dengan membuat prototipe alat penjernihan air menggunakan peralatan yang banyak digunakan untuk proses air isi ulang menggunakan cartridge filter nano partikel yang terbuat dari berbagai bahan dan ukuran partikel adsorben. Penggunaan cartridge filter harga relative mahal dan cepat mengalami kejenuhan akibat ukuran partikel yang nano, maka perlu Upaya mencoba memodifikasi alat filter air menggunakan cartridge yang dapat diisi dengan adsorben alami yang mudah didapat dengan harga yang murah serta mudah dilakukan proses pengantian. Perbedaan kedua cartridge dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Alat penyaring air Sederhana
(sumber: <https://dpm.djatimprov.go.id/component/>)



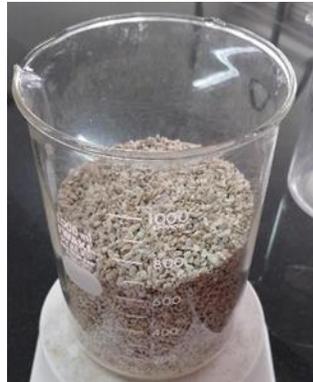
Cartridge nano partikel dan refill



Pasir putih sesudah diayak



pasir putih sebelum dan sesudah digunakan



Gambar 2. Cartridge nano partikel dan Cartridge refill pasir putih

METODE

Pelaksanaan kegiatan pengabdian dilaksanakan di laboratorium Pendidikan Kimia FKIP USK Yang beralamat di Kopelma Darussalam, Kecamatan Syiah Kuala Banda Aceh. Penyampaian teori penyaringan air menggunakan adsorben pasir putih juga dilaksanakan diruang kuliah di laboratorium kimia FKIP USK. Pelaksanaan kegiatan pengabdian telah berlangsung mulai pada bulan Januari sampai maret 2023. Adapun alat-alat penjernihan air berupa prototipe yang terdiri dari pompa pendorong, housing filter, filter refill, Stop kran dan ember wadah penampung air, UV-VIS. Bahan-bahan cangkul, sekop, dan ayakan

serta pasir putih. Pasir putih atau lebih dikenal dengan nama pasir kuarsa atau pasir silika, adalah pasir yang mengandung mineral silika yang sangat tinggi (SiO_2) sebanyak 59,20%. dan juga mengandung mineral kalsium yang tinggi dalam wujud kalsium karbonat (CaCO_3) (Martasiana et al., 2021) dan juga salah satu material alam yang melimpah di Indonesia, tercatat jumlah total sumber daya pasir silika mencapai 18 miliar ton (N. Muhammad, 2020). Provinsi Aceh Sumber daya pasir putih sangat banyak sekali ditemukan di daerah-daerah pesisir pantai, salah satu pantai di Desa Lhok Mee Aceh Besar, Hasil analisis dengan XRD pasir putih pantai Lhok Mee memiliki karakteristik butiran berwujud bola (*spherical*), yang menunjukkan nilai *roundness* dan *sphericity* memiliki nilai yang lebih tinggi. Ukuran butir rata-rata pasir putih pantai Lhok Mee sebesar 0,219 nm, sedangkan kandungan mineral pokok yang terdapat dalam pasir putih Lhok Mee aceh besar adalah SiO_2 dan terdapat sejumlah mineral lainnya seperti SO_3 , CaO , Al_2O_3 dan Fe_2O_3 (Saniyah, dkk 2014).

Pengambilan sampel pasir putih pantai Krueng Raya Desa Lhok Mee Kabupaten Aceh Besar sesuai SNI 19-0428-1998 tentang petunjuk pengambilan contoh sampel padatan. Adapun prosedur pengambilan contoh sampel padatan adalah sebagai berikut: Pengambilan pasir putih pantai diambil dari 4 titik daerah yang berbeda beda, lalu setelah sampel diambil maka tiap-tiap sampel yang berada pada 4 titik tersebut dikumpulkan dan dicampurkan sehingga membentuk timbunan atau *tanding*. Timbunan pasir putih pantai kemudian dibagi 4 dengan menggunakan kayu pembagi, lalu diambil 2 bagian dari sisi yang berlawanan, selanjutnya dicampur dan diratakan, lalu dibagi kembali menjadi 4 bagian dan diambil kembali 2 bagian dari sisi yang berlawanan, dan seterusnya hingga mendapatkan takaran contoh sampel yang diperlukan untuk diuji di labrotarium. Sampel pasir putih pantai Lhok Mee yang telah diambil selanjutnya dicuci dan diayak dengan menggunakan ayakan berukuran: 8, 10, dan 20 mesh, yang dilakukan di dalam wadah yang berisi air. Kemudian pasir putih dikeringkan dengan menjemur secara langsung dengan paparan sinar matahari. Selanjutnya dikeringkan kembali dengan menggunakan oven pada suhu 110 C selama 1 jam.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Target pengabdian Pembuatan alat penjernihan air melatih mahasiswa untuk melatih Keterampilan Mahasiswa Jurusan Pendidikan kimia mengembang alat penjernihan air dengan menggunakan adsorben alami yang murah dan mudah didapat luaran yang dicapai adalah: diperoleh air bersih yang dapat digunakan untuk mendukung kegiatan praktikum dan penelitian di laboratorium Pendidikan kimia. Hasil hasil penyaringan bersih dan bening, namun belum menjamin terbebas dari ion-ion logam terlarut, maka perlu dilakukan Analisa kimia secara spektrometri adapapun hasil analisis secara spektrometri dapat disajikan pada Table 1.

Berdasarkan data Tabel 1 data Absorbansi Ion Besi Berdasarkan Ukuran Mesh Pasir Putih dan Waktu Kontak ukuran mesh pasir putih menunjukkan ada kecendrungan semakin kecil ukuran pasir putih 8, 10, dan 20 mesh semakin baik daya serap terhadap ion besi, semakin besar ukuran mesh semakin kecil ukuran partikel karena mesh merupakan banyaknya lubang ayakan dalam 1 cm persegi . Kadar ion besi standar 10 ppm terjadi penurunan kadar menjadi 2,1 ppm dengan menggunakan pasir putih 20 mesh. Perbedaan penurunan ion logam besi(Fe) pada masing-masing ukuran mesh pasir, dipengaruhi oleh luas permukaan dari permukaan adsorben, semakin luas suatu permukaan adsorben maka akan semakin besar pula jumlah adsorbat yang dapat diserap (Fiska et al., 2020). Pasir putih ukuran 20 mesh merupakan ukuran pasir yang berdiameter sangat kecil sehingga memiliki permukaan yang sangat luas, hal ini juga sesuai dengan ungkapan penelitian yang dilakukan oleh Fiska dkk, (2020) “semakin kecil ukuran diameter suatu adsorben maka akan semakin luas permukaannya”. Hal tersebut mengakibatkan

kemampuan pasir putih 20 mesh dalam menyerap ion logam Fe lebih baik dibandingkan dengan kemampuan adsorpsi pada ukuran mesh lainnya. Waktu kontak menunjukkan bahwa terdapat kecenderungan penurunan konsentrasi adsorbat yang signifikan seiring dengan bertambahnya waktu kontak. Efisiensi adsorpsi ion logam besi terhadap adsorben pasir putih dapat diamati data pada table 1 berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan bahwa efisiensi adsorpsi akan meningkat seiring dengan bertambahnya waktu kontak. Efisiensi adsorpsi adsorben pasir putih yang optimal berada pada waktu kontak 40 menit dengan efisiensi adsorpsi sebesar 79%. Penurunan konsentrasi adsorbat seiring bertambahnya waktu kontak disebabkan karena semakin lama waktu kontak antara permukaan adsorben dan adsorbat, maka interaksi adsorbat dengan permukaan situs aktif adsorben akan semakin banyak hingga berada pada kesetimbangan sehingga jumlah adsorbat yang teradsorpsi akan semakin banyak (Sigit et al., 2017).

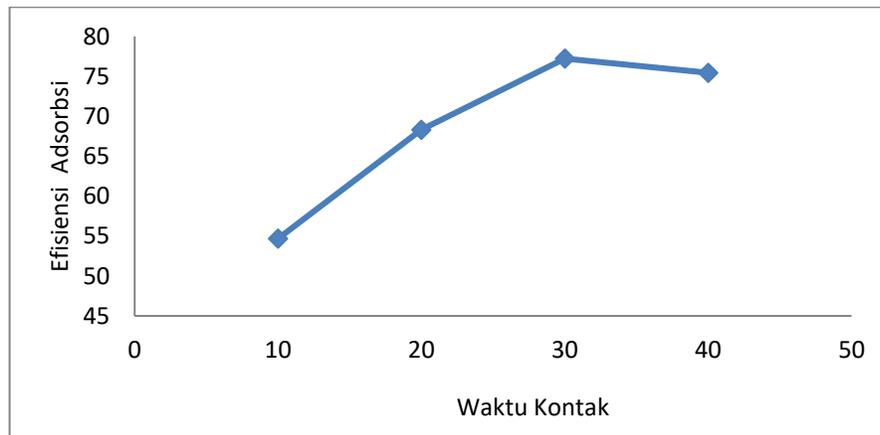
Tabel 1. Data Absorbansi Ion Besi Berdasarkan Ukuran Mesh Pasir Putih dan Waktu Kontak

Ukuran Mesh pasir putih	Waktu Kontak (menit)	Ulangan					Rata-rata	Kadar Besi (ppm)
		1	2	3	4	5		
8	0	10	10	10	10	10	10	10
	10	0,334	0,333	0,332	0,334	0,332	0,333	9,6
	20	0,289	0,290	0,289	0,290	0,290	0,290	8,2
	30	0,244	0,244	0,242	0,243	0,244	0,243	6,6
	40	0,211	0,211	0,211	0,211	0,211	0,211	5,6
10	0	10	10	10	10	10	10	10
	10	0,286	0,286	0,285	0,285	0,285	0,285	8,0
	20	0,259	0,260	0,259	0,259	0,259	0,259	7,2
	30	0,213	0,213	0,214	0,214	0,214	0,214	5,7
	40	0,140	0,141	0,141	0,141	0,141	0,141	3,3
20	0	10	10	10	10	10	10	10
	10	0,247	0,247	0,248	0,247	0,248	0,247	6,7
	20	0,180	0,182	0,181	0,181	0,181	0,181	4,6
	30	0,146	0,146	0,147	0,147	0,147	0,147	3,5
	40	0,104	0,104	0,105	0,105	0,105	0,105	2,1

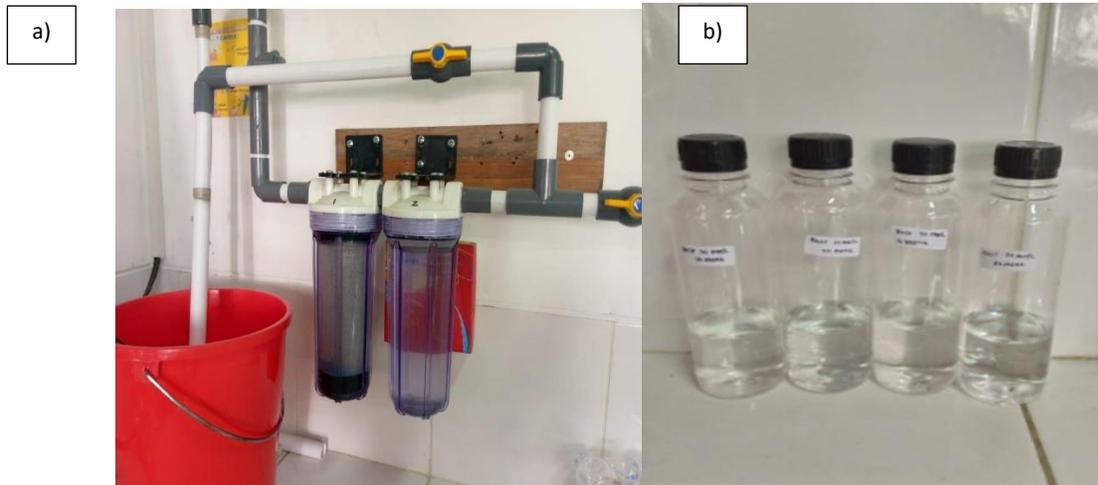
Waktu kontak optimum terjadi pada waktu 30 menit dengan persentase penyerapan yaitu 77,23% grafik tersebut menunjukkan bahwa seiring bertambahnya waktu dari 20 menit sampai 30 menit persentase penyerapan juga semakin naik. Tetapi setelah menit ke 40 terjadi penurunan jumlah adsorbat yang teradsorpsi dan konstan pada waktu interaksi selanjutnya. Penurunan jumlah adsorbat yang teradsorpsi akibat terjadinya kejenuhan pada adsorben yang digunakan sehingga tidak mampu lagi mengadsorpsi ion mangan (Mn). Hasil yang diperoleh sesuai dengan hasil penelitian Gong dkk., (2015), yang menunjukkan waktu adsorpsi hingga 30 menit termasuk pada menit awal adsorpsi sehingga efisiensi adsorpsi masih meningkat. Pada menit ke 40, efisiensi adsorpsi menurun hal ini dikarenakan pada menit ke 40 kondisi adsorpsi pasir putih Lhok Mee Krueng Raya Aceh Besar masih cukup belum stabil. Haryanto dkk. (2018). Berdasarkan data pada Tabel 2 maka dapat dibuat grafik hubungan antara waktu kontak dengan efisiensi adsorpsi ion mangan menggunakan adsorben pasir putih.

Tabel 2. Data Absorbansi Ion Mangan Berdasarkan Ukuran Mesh Pasir Putih dan Waktu Kontak

Ukuran Mesh pasir putih	Waktu Kontak (menit)	Ulangan					Rata-rata	Kadar Mangan (ppm)
		1	2	3	4	5		
8	10	0,783	0,782	0,781	0,783	0,781	0,782	7,6
	20	0,743	0,742	0,741	0,743	0,741	0,742	7,2
	30	0,643	0,642	0,641	0,643	0,641	0,642	6,2
	40	0,584	0,583	0,582	0,584	0,582	0,583	5,6
10	10	0,763	0,762	0,761	0,763	0,761	0,762	7,4
	20	0,659	0,658	0,657	0,659	0,657	0,658	6,4
	30	0,533	0,532	0,531	0,533	0,531	0,532	5,1
	40	0,323	0,322	0,321	0,323	0,321	0,322	3,1
20	10	0,466	0,465	0,464	0,466	0,464	0,465	4,5
	20	0,327	0,326	0,325	0,327	0,325	0,326	3,1
	30	0,236	0,235	0,234	0,236	0,234	0,235	2,2
	40	0,254	0,253	0,252	0,254	0,252	0,253	2,4



Gambar 3. Grafik Efisiensi Adsorpsi Ion Mangan Adsorben Pasir Putih Terhadap Waktu Kontak



Gambar 4. a) Prototipe alat penyaringan air menggunakan adsorben pasir putih b) air hasil filtrasi

PENUTUP

Berdasarkan hasil pengabdian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa Pasir putih Lhok Mee Krueng Raya Aceh Besar layak digunakan sebagai adsorben alami untuk menyerap ion logam besi dan mangan. Kadar ion logam besi dan mangan masing-masing sebagai berikut; hasil filtrasi dengan adsorben pasir putih alami dapat menurunkan konsentrasi 10 ppm menjadi 2,1 ppm pada waktu kontak 40 menit. Pasir putih berukuran 20 mesh dan waktu kontak 40 menit merupakan kondisi terbaik untuk penyerapan ion besi dan mangan lebih baik bila dibandingkan dengan kemampuan adsorpsi pada ukuran mesh dan waktu kontak lainnya. Kadar ion besi dan mangan dalam air hasil penyaringan dengan menggunakan adsorben pasir putih memenuhi standar mutu air minum berdasarkan Permenkes RI nomor: 492/MENKES/PER/IV/2010.

Pengabdian serupa diharapkan dapat dilaksanakan pengabdian lanjutan untuk melakukan penelitian lebih lanjut menguji adsorben pasir putih Lhok Mee Krueng Raya Aceh untuk menyerap ion-ion logam lainnya selain besi dan mangan. Diharapkan bagi masyarakat yang menggunakan air sumur dan belum mendapatkan pelayanan air PDAM terutama di daerah perumahan baru dapat memanfaatkan hasil penelitian ini sebagai bahan rujukan dalam mengatasi segala persoalan tentang air bersih.

REFERENSI

- Ayana-U-C-Walters. (2017). Chemical laboratory safety awareness, attitudes and practices of tertiary students. *Safety Science* 96:161-171
- Dheny, R., & Tresia, U. (2017). Uji Laboratorium Pengukuran Kandungan Zat Besi (Fe) pada Ekstrak Bayam Hijau (*Amaranthus Hybridus* L). *Maternal*, 2(2), 154– 159.
- Jakin, C. K., and D. Ram. (1997). Adsorption d'ions Métalliques Sur Les Sédiments de Fond. *Hydrological Sciences Journal* 42 (5), 713–23.
- Kemendiknas, (2007). Permendiknas standar sarana dan prasarana nomor 24 tahun 2007 untuk sekolah dasar/madrasah ibtidaiyah (SD/MI), sekolah menengah pertama/madrasah tsanawiyah (SMP/MTS), dan sekolah menengah atas/madrasah aliyah (SMA/MA).
- Martasiana, K., Herianus, M., & Bertho, A. A. (2021). Identifikasi Mineral Pasir Tiga Warna Pantai Puntaru Kabupaten Alor-NTT. *Fullerene Journal of Chemistry*, 6(1), 34–38.
- Muhammad, N. (2020). Analisis Kinerja Screening pada Pengolahan Tambang Pasir Silika PT . Mitra Prima Sulawesi. *Jurnal GEOMining*, 1(1), 1–9.
- Renu , Madhu, K.Singh. (2017). Heavy metal removal from wastewater using various adsorbents: a review. *Journal of Water Reuse and Desalination*. 7 (4), 387–419.
- Saniah, Syahrul, P., & Sofyatuddin, K. (2014). Karakteristik dan Kandungan Mineral Pasir Pantai Lhok Mee, Beureunut dan Leungah, Kabupaten Aceh Besar. *Depik*, 3(3), 263–270.
- SNI 06-4822-1998 Metode pengujian kadar mangan dalam air dengan alat spektrofotometer secara persulfate.
- Sudaryanto, dkk. (1998). Pengelolaan Laboratorium IPA dan instalasi listrik. Jakarta: Depdikbud. Sage Foundation.
- Victor, K., Sunarti, & Inka, N. Z. (2019). Karakterisasi Pasir Laut Teraktivasi H₂SO₄ dan Aplikasinya sebagai Adsorben Ion Cr (VI). *Seminar Nasional Teknik Kimia Soeardjo Brotohardjono XV*, 1–7.
- Wahyu, N., & Setyo, P. (2013). Removal Klorida, Tds dan Besi Pada Air Payau Melalui Penukar Ion Dan Filtrasi Campuran Zeolit Aktif Dengan Karbon Aktif. *WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA*, 11(1), 47–59.