

Penggunaan Zeolit Alam Teraktivasi dan Karbon Aktif dalam Menurunkan Kesadahan Air Di Kalurahan Girisuko, Kapanewon Panggang, Kabupaten Gunungkidul, DIY

Nurchayani Azizah¹⁾, Rr. Dina Asrifah²⁾, Herwin Lukito³⁾, Aditya Pandu Wicaksono⁴⁾, and Nandra Eko Nugroho⁵⁾

^{1,2,3,4,5)}Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta/Jurusan Teknik Lingkungan

^{a)}Corresponding author: dina.asrifah@upnyk.ac.id

^{b)} 114190011@student.upnyk.ac.id

ABSTRAK

Mataair Tirta Manunggal dan Mataair Mbelik yang terletak di Kalurahan Girisuko, Kapanewon Panggang, Kabupaten Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta memiliki memiliki kadar kesadahan 246,77 mg/l dan 206,97 mg/l yang tergolong air sadah (hard). Air sadah dapat menimbulkan kerak pada panci dan apabila dikonsumsi secara terus menerus tanpa adanya pengolahan dapat berdampak buruk bagi kesehatan. Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui teknik pengolahan air sadah yang tepat untuk diterapkan di daerah penelitian. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen berupa pengolahan air sadah menggunakan metode adsorpsi. Pengolahan air sadah dilakukan menggunakan kolom filtrasi yang dioperasikan secara kontinyu dengan adsorben zeolit alam teraktivasi dan karbon aktif yang berukuran 0,3 cm dan *Hydraulic Loading Rate* (HLR) sebesar 1,2 m/jam. Hasil pengolahan air sadah dengan kedua adsorben tersebut akan dibandingkan efektivitasnya dalam menurunkan kadar dari tiap-tiap parameter kualitas air. Pengolahan air sadah dengan media zeolit alam memiliki efektivitas dalam menurunkan TDS 47,92%, DHL 49,22%, kesadahan 50,81%, Mg 89,12%, dan Ca 44,87%. Karbon aktif memiliki efektivitas dalam menurunkan TDS 8,33%, DHL 10,71%, kesadahan 45,16%, Mg 93,48%, dan Ca 55,13%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa zeolit alam lebih baik dalam menurunkan kesadahan air dibandingkan karbon aktif.

Kata Kunci: Adsorpsi; Air Sadah; Karbon Aktif; Zeolit Alam

ABSTRACT

Tirta Manunggal Spring and Mbelik Spring, located in Girisuko Village, Panggang Subdistrict, Gunungkidul Regency, Special Region of Yogyakarta, have hardness levels of 246.77 mg/l and 206.97 mg/l, classified as hard water. Hard water can cause scaling in pots and, if consumed continuously without treatment, can have adverse effects on health. The purpose of this research is to determine the appropriate technique for treating hard water to be applied in the research area. The method used is an experimental method in the form of processing hard water using the adsorption method. Hard water treatment is carried out using a filtration column that is operated continuously with activated natural zeolite adsorbent and activated carbon measuring 0.3 cm and a Hydraulic Loading Rate (HLR) of 1.2 m/hour. The results of processing hard water with these two adsorbents will be compared for their effectiveness in reducing the levels of each water quality parameter. Hard water treatment with natural zeolite media is effective in reducing TDS by 47.92%, EC by 49.22%, hardness by 50.81%, Mg by 89.12%, and Ca by 44.87%. Activated carbon is effective in reducing TDS by 8.33%, EC by 10.71%, hardness by 45.16%, Mg by 93.48%, and Ca by 55.13%. These results indicate that natural zeolite is better at reducing water hardness compared to activated carbon.

Keywords: Adsorption; Activated Carbon; Hard water; Natural Zeolite

PENDAHULUAN

Mataair merupakan salah satu sumber air yang muncul ke permukaan tanah dari akuifer yang dapat disebabkan oleh keterbatasan kapasitas akuifer sehingga menimbulkan tekanan dan mendorong air muncul ke permukaan tanah (Yuliantoro dkk, 2016). Air yang berasal dari mataair dapat dimanfaatkan oleh masyarakat untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari seperti mandi, mencuci, dan memasak. Setiap wilayah memiliki kondisi yang berbeda-beda sehingga karakteristik dari mataair yang muncul juga berbeda-beda. Faktor-faktor yang mempengaruhi ketersediaan mataair diantaranya curah hujan, topografi, struktur geologi, jenis batuan penyusun, permeabilitas, serta karakteristik akuifer wilayah (Tolman, 1937 dalam Wardani dan Purnama, 2013). Faktor-faktor tersebut dapat mempengaruhi

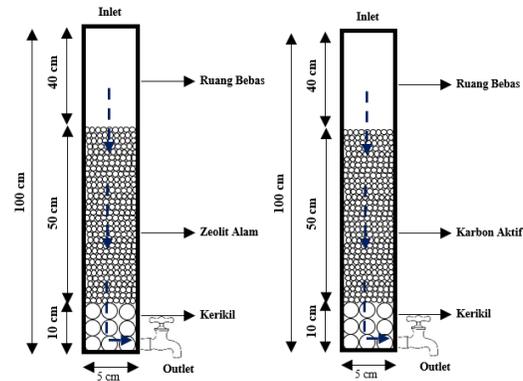
kuantitas, kualitas, serta agihan (distribusi) mataair yang juga akan berpengaruh terhadap pemanfaatan mataair tersebut.

Masyarakat di Dusun Sanglor I, Dusun Sanglor II, Dusun Pacar I, dan Dusun Pacar II, Kalurahan Girisuko, Kapanewon Panggang, Kabupaten Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta memperoleh air bersih dari Mataair Tirta Manunggal dan Mataair Mbelik. Kedua mataair tersebut terletak di daerah dengan satuan batuan batugamping terumbu yang mengandung mineral-mineral karbonat seperti kalsit (CaCO_3) dan dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$). Kandungan kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) dalam batuan menyebabkan airtanah yang berkontak langsung dengan batuan tersebut memiliki kesadahan tinggi sehingga air yang keluar dari kedua mataair tersebut menjadi sadah. Klasifikasi tingkat kesadahan air menurut *United States Geological Survey* (USGS): lunak ($< 50 \text{ mg/l}$); menengah ($50\text{-}150 \text{ mg/l}$); sadah ($150\text{-}300 \text{ mg/l}$); sangat sadah ($> 300 \text{ mg/l}$) (Said, 2008). Air sadah apabila digunakan sehari-hari dapat berdampak buruk seperti pemborosan sabun, penyumbatan pipa saluran air, merusak peralatan memasak, dan bahkan dapat menimbulkan penyakit seperti batu ginjal (*urolithiasis*) dan penyumbatan pembuluh darah jantung (*cardiovascular disease*) apabila terkonsumsi secara terus menerus (Joko, 2010).

Pada penelitian ini dilakukan pengolahan air sadah dengan cara adsorpsi menggunakan media zeolit alam dan karbon aktif sebagai adsorbennya. Gustian dan Suharto (2005) menyebutkan bahwa zeolit alam dapat berfungsi sebagai adsorben dan sebagai penukar ion dalam air, apabila semakin besar luas permukaan zeolit, maka semakin banyak ion – ion yang dapat diserap. Zeolit juga mudah melepaskan kation dan digantikan dengan kation lainnya, misalnya zeolit melepas natrium dan digantikan dengan mengikat kalsium atau magnesium. Zeolit alam mengandung banyak senyawa pengotor sehingga untuk menghilangkan senyawa tersebut perlu dilakukan aktivasi secara fisika maupun kimia. Air sadah yang kaya akan kandungan Ca dan Mg akan semakin meningkat ketika berkontak dengan zeolit alam yang memiliki zat pengotor seperti Ca^{2+} dan Mg^{2+} (Yogafanny dkk, 2018). Proses aktivasi zeolit secara fisika dapat dilakukan dengan kalsinasi dalam oven pada suhu $300 - 600 \text{ }^\circ\text{C}$, pemanasan ini cukup efektif dan tidak merusak struktur awal zeolit (Setiadi dan Pertiwi, 2007). Aktivasi secara kimia dilakukan dengan penambahan asam seperti HCL yang mengakibatkan terjadinya pertukaran kation dengan H^+ (Lestari, 2010). Penelitian yang dilakukan oleh Aidha (2013) menunjukkan bahwa pada proses aktivasi zeolit dengan gabungan metode fisika dan kimia dengan HCL dapat menurunkan kadar Ca sebesar 78,99% dan kadar Mg sebesar 49,91%. Karbon aktif memiliki sejumlah sifat kimia maupun fisika yang menarik, diantaranya mampu menyerap bahan organik maupun anorganik, dapat berlaku sebagai penukar kation, dan sebagai katalis untuk berbagai reaksi (Kusnaedi, 2004). Daya serap karbon aktif dapat ditingkatkan melalui proses aktivasi agar luas permukaannya semakin besar sehingga mampu untuk menyerap kontaminan (Sari dkk, 2019). Proses aktivasi karbon aktif dapat dilakukan melalui pemanasan dan proses ini dapat membentuk pori-pori baru karena terkikisnya atom karbon (Pujiyanto, 2010). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat efektivitas filter zeolit alam teraktivasi dan karbon aktif dalam pengolahan air sadah.

METODE

Metode penurunan kesadahan air pada penelitian ini menggunakan metode adsorpsi dengan adsorben zeolit alam dan karbon aktif yang sama-sama memiliki ukuran butir 0,3 cm. Zeolit alam yang digunakan diaktivasi terlebih dahulu secara kimia dengan penambahan larutan HCL 1N sambil diaduk selama 80 menit dan kemudian dicuci dengan aquades hingga pH-nya menjadi netral. Setelah pH netral dilakukan kalsinasi dengan suhu 300°C selama 1 jam. Karbon aktif yang akan digunakan dicuci terlebih dahulu dengan aquades kemudian dikalsinasi dengan suhu 150°C selama 1 jam. Air yang digunakan sebagai air baku dalam percobaan berasal dari Mataair Tirta Manunggal.



Gambar 1. Desain Percobaan Pengolahan Air Sadah

Proses adsorpsi dilakukan secara kontinu menggunakan 2 kolom percobaan dengan ukuran sisi-sisi 2 cm dan tinggi 100 cm (**Gambar 1**). Waktu kontak yang digunakan dalam percobaan ini yakni selama 40 menit dengan *Hydraulic Loading Rate* (HLR) sebesar 1,2 m/jam. Percobaan dilakukan selama 7 hari dengan 1 kali percobaan setiap harinya. Parameter kualitas air yang diujikan terdiri atas TDS, DHL, Kesadahan (CaCO_3), Magnesium (Mg), dan Kalsium (Ca). Hasil uji laboratorium dijadikan sebagai data untuk menghitung efektivitas dari adsorben dalam menurunkan kesadahan air. Perhitungan efektivitas pengolahan dinyatakan dalam persen (%) dengan rumus sebagai berikut (**Persamaan 1**):

$$\text{Efektivitas} = \left(\frac{\text{Konsentrasi Awal} - \text{Konsentrasi Akhir}}{\text{Konsentrasi Awal}} \right) \times 100 \% \quad (1)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kualitas Air dari Mataair di Daerah Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Kalurahan Girisuko, Kapanewon Panggang, Kabupaten Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Sampel air sebelum pengolahan yang diambil dari Mataair Tirta Manunggal dan Mataair Mbelik dilakukan uji kualitas air berdasarkan parameter TDS, DHL, Kesadahan (CaCO_3), Magnesium (Mg), dan Kalsium (Ca). Pengujian TDS dilakukan uji cepat dengan TDS meter sedangkan parameter lainnya diujikan di Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit (BBTKLPP) Yogyakarta. Berikut ini tabel hasil uji kualitas air sebelum pengolahan dari kedua mataair tersebut.

Tabel 1. Hasil Uji Kualitas Air Sebelum Pengolahan

No.	Parameter	Satuan	Mataair		Baku Mutu
			Tirta Manunggal	Mbelik	
1.	TDS	Mg/L	288	623	1000*
2.	DHL	$\mu\text{mhos/cm}$	579	306	20-1500**
3.	Kesadahan	Mg/L	246,77	206,97	500***
4.	Magnesium	Mg/L	22,25	6,77	50****
5.	Kalsium	Mg/L	62,09	71,64	75****

Sumber: Pengamatan di Lapangan dan Hasil Uji Laboratorium Kualitas Air (2023)

Keterangan:

- * : Kelas I Peraturan Gubernur DIY Nomor 20 Tahun 2008
- ** : Ruseffandi dan Gusman (2020)
- *** : Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 32 Tahun 2017
- **** : Effendi (2003)

Total Dissolve Solid (TDS) merupakan banyaknya zat organik maupun anorganik yang terlarut dalam air yang dapat berupa ion, senyawa, maupun koloid (Astuti, 2014). Zat terlarut dalam air dapat berasal dari pelapukan batuan yang ada disekitar mataair maupun dari tanah yang terbawa oleh air limpasan permukaan yang masuk ke dalam kolam mataair. Kandungan TDS dalam air tidak akan hilang hanya dengan direbus saja sehingga apabila kadar TDS dalam air tinggi maka dapat berdampak buruk bagi kesehatan karena zat-zat tersebut akan sulit keluar dari tubuh sehingga mengendap dalam tubuh. Keberadaan ion-ion maupun zat-zat terlarut dalam suatu perairan mampu menghantarkan arus listrik sehingga semakin banyak kandungan ion-ion terlarut dalam air maka semakin tinggi nilai daya hantar listrik (dhl) perairan tersebut (Effendi, 2003).

Kesadahan (*hardness*) merupakan penggambaran dari kation logam divalen (valensi 2) yang dapat bereaksi dengan sabun dan membentuk endapan maupun bereaksi dengan anion-anion dalam air yang akan membentuk endapan atau karat pada logam (Said, 2008). Nilai kesadahan air dari Mataair Tirta Manunggal sebesar 246,77 mg/l dan Mataair Mbelik sebesar 206,97 mg/l, nilai tersebut termasuk tidak melebihi baku mutu namun, nilai tersebut menurut klasifikasi *United States Geological Survey* (USGS) termasuk dalam klasifikasi air sadah (*hard*). Air sadah apabila dikonsumsi secara terus menerus dapat memicu terganggunya kesehatan manusia salah satunya dapat menyebabkan sakit ginjal. Selain itu, air sadah apabila digunakan dapat mengakibatkan penyumbatan pada pipa-pipa saluran air dan pemborosan penggunaan sabun. Magnesium (Mg) dan Kalsium (Ca) merupakan unsur logam alkali yang menjadi salah satu penyebab kesadahan pada perairan sehingga apabila kadar Mg dan Ca dalam suatu perairan tinggi maka dapat mengakibatkan perairan tersebut sadah.

Efektivitas Pengolahan Air Sadah dengan Metode Adsorpsi

Air baku untuk percobaan pengolahan menggunakan air yang berasal dari Mataair Tirta Manunggal karena memiliki kadar kesadahan air yang tinggi dibandingkan dengan Mataair Mbelik. Air tersebut akan dilewatkan selama 40 menit dalam 2 kolom yang masing-masing berisi adsorben zeolit alam teraktivasi dan karbon aktif dengan tebal 50 cm. hasil percobaan pengolahan air sadah dapat dilihat dalam tabel dan grafik di bawah ini.

Tabel 2. Hasil Pengolahan Air Sadah dengan Adsorben Zeolit Alam

No	Parameter	Satuan	Hasil Sebelum Pengolahan	Hasil Setelah Pengolahan Percobaan						
				Ke-1	Ke-2	Ke-3	Ke-4	Ke-5	Ke-6	Ke-7
1.	TDS	Mg/L	288	150	207	167	171	186	174	184
2.	DHL	µmhos/cm	579	294	399	319	328	357	340	357
3.	Kesadahan	Mg/L	246,77	121,39	169,15	155,22	147,26	169,15	163,18	149,25
4.	Magnesium	Mg/L	22,25	8,71	9,19	11,61	7,25	8,71	9,67	2,42
5.	Kalsium	Mg/L	62,09	34,23	52,54	42,98	46,96	53,33	49,35	55,72

Sumber: Olah Data (2023)

Tabel 3. Efektivitas Pengolahan Air Sadah dengan Adsorben Zeolit Alam

No.	Parameter	Satuan	Hasil Sebelum Pengolahan	Efektivitas (%) Percobaan						
				Ke-1	Ke-2	Ke-3	Ke-4	Ke-5	Ke-6	Ke-7
1.	TDS	Mg/L	288	47,92	28,13	42,01	40,63	35,42	39,58	36,11

No.	Parameter	Satuan	Hasil Sebelum Pengolahan	Efektivitas (%)						
				Percobaan						
				Ke-1	Ke-2	Ke-3	Ke-4	Ke-5	Ke-6	Ke-7
2.	DHL	$\mu\text{mhos/cm}$	579	49,22	31,09	44,91	43,35	38,34	41,28	38,34
3.	Kesadahan	Mg/L	246,77	50,81	31,45	37,10	40,32	31,45	33,87	39,52
4.	Magnesium	Mg/L	22,25	60,85	58,70	47,82	67,42	60,85	56,54	89,12
5.	Kalsium	Mg/L	62,09	44,87	15,38	30,78	24,37	14,11	20,52	10,26

Sumber: Olah Data (2023)

Tabel 4. Hasil Pengolahan Air Sadah dengan Adsorben Karbon Aktif

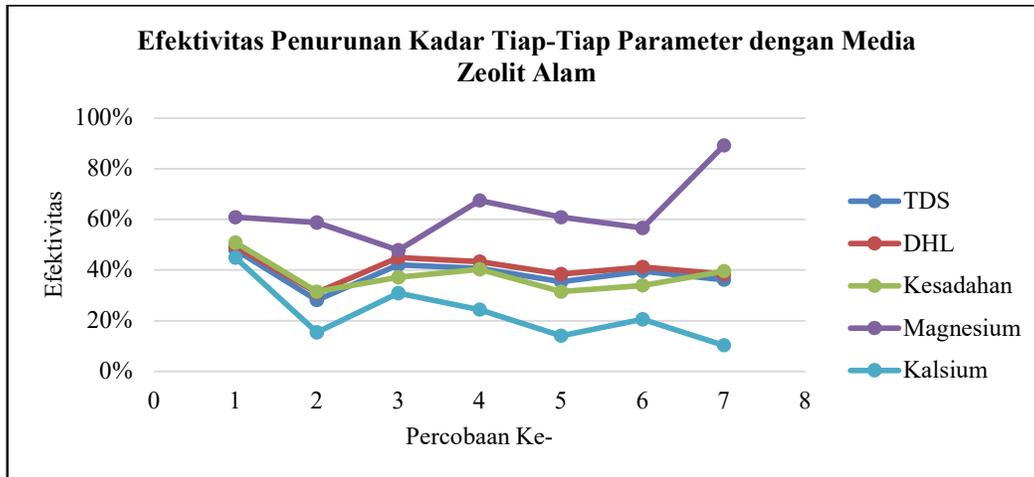
No.	Parameter	Satuan	Hasil Sebelum Pengolahan	Hasil Setelah Pengolahan						
				Percobaan						
				Ke-1	Ke-2	Ke-3	Ke-4	Ke-5	Ke-6	Ke-7
1.	TDS	Mg/L	288	320	357	308	287	274	271	264
2.	DHL	$\mu\text{mhos/cm}$	579	626	715	596	560	537	529	517
3.	Kesadahan	Mg/L	246,77	145,27	151,24	141,29	135,32	193,03	179,1	187,06
4.	Magnesium	Mg/L	22,25	11,12	19,83	13,54	11,61	1,45	10,64	14,99
5.	Kalsium	Mg/L	62,09	39,8	27,86	34,23	35,02	74,82	54,13	50,15

Sumber: Olah Data (2023)

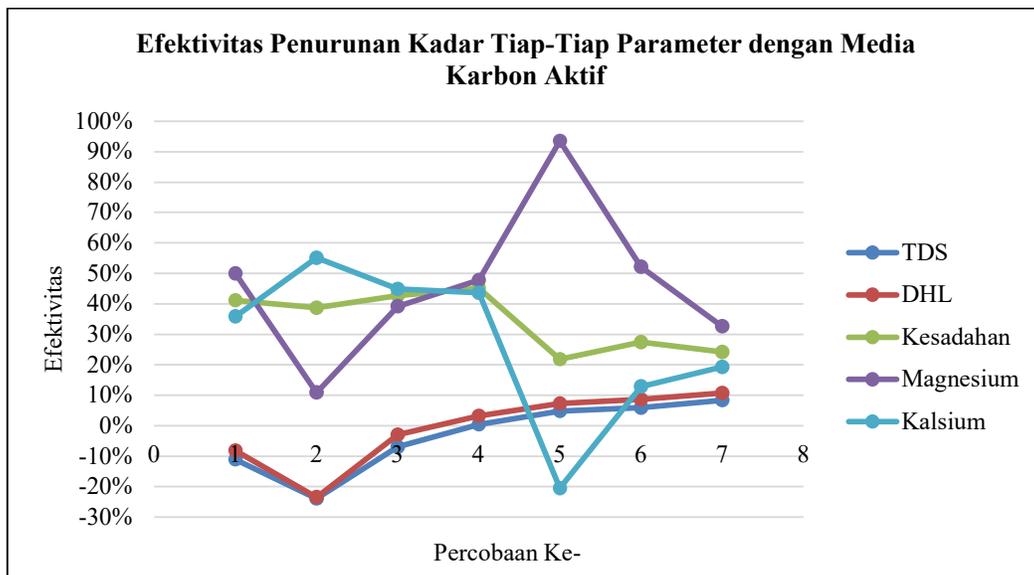
Tabel 3. Efektivitas Pengolahan Air Sadah dengan Adsorben Karbon Aktif

No.	Parameter	Satuan	Hasil Sebelum Pengolahan	Efektivitas (%)						
				Percobaan						
				Ke-1	Ke-2	Ke-3	Ke-4	Ke-5	Ke-6	Ke-7
1.	TDS	Mg/L	288	-11,11	-23,96	-6,94	0,35	4,86	5,90	8,33
2.	DHL	$\mu\text{mhos/cm}$	579	-8,12	-23,49	-2,94	3,28	7,25	8,64	10,71
3.	Kesadahan	Mg/L	246,77	41,13	38,71	42,74	45,16	21,78	27,42	24,20
4.	Magnesium	Mg/L	22,25	50,02	10,88	39,15	47,82	93,48	52,18	32,18
5.	Kalsium	Mg/L	62,09	35,90	55,13	44,87	43,60	-20,50	12,82	19,23

Sumber: Olah Data (2023)



Gambar 2. Grafik Efektivitas Penurunan Kadar Tiap-Tiap Parameter dengan Media Zeolit Alam

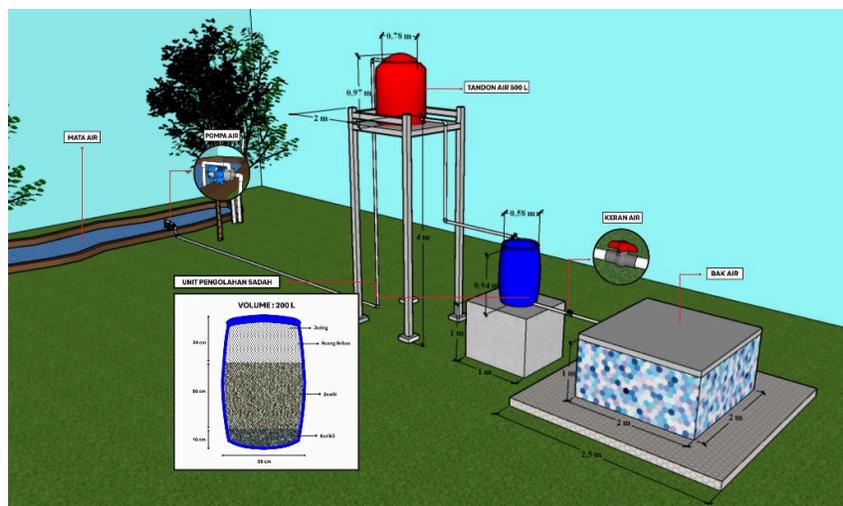


Gambar 3. Grafik Efektivitas Penurunan Kadar Tiap-Tiap Parameter dengan Media Karbon Aktif

Efektivitas penurunan kadar TDS dalam pengolahan air sadah dengan media zeolit alam memiliki nilai terbesar dibandingkan dengan karbon aktif yakni 47,92 %. Efektivitas penurunan kadar DHL dalam pengolahan air sadah dengan media zeolit alam memiliki nilai terbesar dibandingkan dengan karbon aktif yakni 49,22 %. Efektivitas penurunan kadar kesadahan (CaCO_3) dalam pengolahan air sadah dengan media zeolit alam memiliki nilai terbesar dibandingkan dengan karbon aktif yakni 50,81 %. Efektivitas penurunan kadar magnesium (Mg) dalam pengolahan air sadah dengan karbon aktif memiliki nilai terbesar dibandingkan dengan karbon aktif yakni 93,48%. Efektivitas penurunan kadar magnesium (Mg) dalam pengolahan air sadah dengan karbon aktif memiliki nilai terbesar dibandingkan dengan zeolit alam yakni 93,48%. Efektivitas penurunan kadar kalsium (Ca) dalam pengolahan air sadah dengan karbon aktif memiliki nilai terbesar dibandingkan dengan karbon aktif yakni 55,13 %. Pada **Gambar 2.** dan **Gambar 3.** dapat terlihat bahwa grafik efektivitas penurunan tiap-tiap parameter mengalami kenaikan dan penurunan secara fluktuatif. Selama 7 kali percobaan dengan zeolit alam belum menunjukkan adanya kejenuhan media, sedangkan dengan karbon aktif berdasarkan kadar TDS dan DHL pada percobaan ke-1 hingga ke-3 memiliki efektivitas penurunan negatif (-) yang artinya bahwa pada 3 kali percobaan pertama air yang keluar dari filter kadar TDS dan DHL nya lebih besar

dibandingkan air sebelum dilakukan percobaan. Hal ini disebabkan oleh partikel-partikel kecil yang menempel di media karbon aktif ikut larut dalam air sehingga menyebabkan air yang keluar dari filter berwarna keruh hitam. Pada percobaan keempat partikel tersebut mulai berkurang hingga percobaan ketujuh terus mengalami penurunan. Partikel penyebab keruhnya air pada percobaan media karbon aktif ini diindikasikan muncul karena dampak dari aktivasi karbon aktif melalui pemanasan yang terlalu lama sehingga sedikit hangus. Pada percobaan ke-5 efektivitas penurunan kadar kalsium dengan media karbon aktif juga menunjukkan angka negatif (-) yang artinya pada percobaan ke-5 karbon aktif sudah mengalami penjenahan, namun pada percobaan ke-6 efektivitas pengolahan naik kembali, hal ini diindikasikan terjadi karena rentang waktu pada percobaan kelima dan keenam lebih lama dibandingkan dengan percobaan yang lain sehingga menyebabkan karbon aktif menjadi lebih kering pada saat melakukan percobaan keenam sehingga mampu menyerap kembali kalsium.

Hasil percobaan menunjukkan bahwa adsorben zeolit alam teraktivasi mampu menyerap ion-ion penyebab kesadahan yang terlarut dalam air lebih baik dibandingkan dengan adsorben karbon aktif. Hal ini dapat dikarenakan zeolit alam selain memiliki kemampuan sebagai adsorben juga memiliki kemampuan sebagai penukar ion sehingga ion-ion penyebab kesadahan lebih banyak terjepit. Berdasarkan hal tersebut maka pengolahan air sadah yang cocok untuk diterapkan di daerah penelitian adalah *water filter treatment* berskala rumah tangga dengan menggunakan adsorben zeolit alam teraktivasi. Media pengolahan air sadah yang digunakan tersebut disesuaikan dengan percobaan skala laboratorium yang telah dilakukan sebelumnya. Tinggi kerikil yang ada di dasar kolom 10 cm dengan ukuran butir 1-2 cm dan tinggi zeolit alam 50 cm dengan berat 146 kilogram dan ukuran butir 0,3 cm. Penambahan krikil di dasar kolom filter air sadah berfungsi sebagai supporting layer guna menjadi penahan atau penyangga partikel-partikel kecil dari zeolit alam agar tidak lolos ke aliran air yang menuju kran karena dapat menyebabkan penyumbatan. Unit *water filter treatment* dalam pengolahan air sadah yang dapat diterapkan di daerah penelitian memiliki desain yang dapat dilihat pada **Gambar 4**. Unit pengolahan air sadah ini dapat diletakkan di sekitar rumah yang masih terdapat lahan kosong dengan ukuran minimal 3 meter x 5 meter.



Gambar 4. Unit Pengolahan Air Sadah dengan Media Zeolit Alam Teraktivasi

KESIMPULAN

Penggunaan zeolit alam teraktivasi memiliki efektivitas tertinggi dalam menurunkan TDS 47,92%, DHL 49,22%, kesadahan 50,81% , Mg 89,12% , dan Ca 44,87%. Penggunaan karbon aktif memiliki efektivitas tertinggi dalam menurunkan TDS 8,33%, DHL 10,71%, kesadahan 45,16% , Mg 93,48% , dan Ca 55,13%. Hasil percobaan menunjukkan bahwa adsorben zeolit alam teraktivasi mampu menyerap ion-ion penyebab kesadahan yang terlarut dalam air lebih baik dibandingkan dengan adsorben karbon aktif. Berdasarkan hal tersebut maka pengolahan air sadah yang cocok untuk diterapkan di

daerah penelitian adalah *water filter treatment* berskala rumah tangga dengan menggunakan adsorben zeolit alam teraktivasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta yang telah memberikan dukungan dan fasilitas serta Pemerintah Kalurahan Girisuko, Kapanewon Panggang, Kabupaten Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta maupun Masyarakat Padukuhan Sanglor I, Sanglor II, Pacar I, dan Pacar II yang telah memberikan izin pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aidha, N. N. (2013). Aktivasi zeolit secara fisika dan kimia untuk menurunkan kadar kesadahan (Ca dan Mg) dalam air tanah. *Jurnal kimia dan Kemasan*, 35(1), 58 -64.
- Effendi, Hefni. 2003. *Telaah Kualitas Air*. Yogyakarta: Percetakan Kanisius.
- Gustian, I., & Suharto, T. E. (2005). Studi penurunan salinitas air dengan menggunakan Zeolit alam yang berasal dari bengkulu. *Gradien*, 1(1), 38-42.
- Joko, Tri. (2010). *UnitProduksi dalam Sistem Penyediaan Air Minum*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kusnaedi. (2004). *Mengolah Air Gambut dan Air Kotor Untuk Air Minum*. Jakarta: Puspa Swara.
- Lestari, D. Y. (2010). Kajian modifikasi dan karakterisasi zeolit alam dari berbagai negara. *Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia*, 30, 1-6.
- Pujiyanto. (2010). *Pembuangan Karbon Aktif Super Dari Tempurung Kelapa dan Batubara*. Skripsi. Depok: Departemen Teknik Kimia FTUI.
- Said, Nusa Idaman. (2008). *Teknologi Pengelolaan Air Minum*. Jakarta: Pusat Teknologi Lingkungan Deputi Bidang Teknologi Pengembangan Sumberdaya Alam BPPT.
- Sari, T. R., Suharwanto, S., & Asrifah, R. D. (2019). Pengolahan Air Tanah Payau Menggunakan Karbon Aktif Granular di Desa Jambakan Kecamatan Bayat Kabupaten Klaten, Jawa Tengah. *Prosiding SATU BUMI*, 1(1).
- Setiadi & Astri Pertiwi. (2007). Preparasi dan Karakterisasi Zeolit Alam Untuk Konversi Senyawa ABE Menjadi Hidrokarbon. *Prosiding Konggres Dan Simposium Nasional Kedua MKICS*: 1-6.
- Wardani, A. E. P., & Purnama, I. L. S. (2013). Evaluasi Potensi Mataair untuk Kebutuhan Air Domestik di Kecamatan Cangkringan Kabupaten Sleman Pasca Erupsi Merapi 2010. *Jurnal Bumi Indonesia*, 1(3), 299-309.
- Yogafanny, E., Yohan, K. O., & Sungkowo, A. (2018). Treatment of Brackish Groundwater by Zeolite Filtration in Sumur Tua Wonocolo, Kedewan, Bojonegoro, East Java. *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 212(1), 1-6.
- Yuliantoro, D, Dwiatmoko, B., & Siswo. (2016). *Pohon Sahabat Air*. Surakarta: Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai.