

Literature Review on the Effectiveness of Various Filtration Media in Reducing Manganese Content (Mn) of Well Water

Emy Nofa Santi¹ , Dwi Astuti²

¹ Department of Health Science Faculty, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Indonesia

² Department of Health Science Faculty, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Indonesia

 nofa111998@gmail.com

Abstract

The presence of manganese (Mn) in water can cause chronic poisoning in humans and cause further poisoning such as slow speech. In addition to causing poisoning, it can also make the skin dull and make blemishes on white objects. One way that can be done to reduce the manganese (Mn) content of well water is by filtration. Filtration is the process of separating solids from liquids. This type of research is a literature review on the problem of the effectiveness of various filtration media in reducing manganese (Mn) levels in well water. The results of the study show that the filter media that can be used to reduce the Mn level of well water is activated carbon using a combination method of tray aerator and filtration with a decrease percentage of 98.25%. Filtration with Maromo beach sand with a thickness of 45 cm, a decrease in Mn of 98.82%. The filtration variation of resin-zeolite-activated carbon decreased Mn by 98.90%. The conclusion of this study, the effectiveness of reducing levels of manganese (Mn) the highest is the use of parallel media resin - zeolite - activated carbon with a reduction effectiveness of 98.90%.

Keywords: Filtration media; Well water treatment; Manganese (Mn)

Kajian Literatur Tentang Keefektifan Berbagai Media Filtrasi Dalam Menurunkan Kadar Mangan (Mn) Air Sumur

Abstrak

Keberadaan kandungan mangan (Mn) dalam air dapat menimbulkan keracunan kronis pada manusia dan menyebabkan keracunan lanjutan seperti lambat dalam berbicara. Selain menimbulkan keracunan juga dapat membuat kulit menjadi kusam dan membuat noda pada benda yang berwarna putih. Salah satu cara yang dapat dilakukan dalam untuk menurunkan kadar mangan (Mn) air sumur adalah dengan filtrasi. Filtrasi merupakan proses pemisahan padatan dengan cairan. Jenis penelitian ini adalah kajian literatur tentang masalah keefektifan berbagai media filtrasi dalam menurunkan kadar mangan (Mn) air sumur. Hasil kajian menunjukkan bahwa media filter yang dapat digunakan untuk menurunkan kadar Mn air sumur adalah karbon aktif dengan metode kombinasi tray aerator dan filtrasi dengan persentase penurunan 98,25 %. Filtrasi dengan pasir pantai Maromo dengan ketebalan 45 cm penurunan Mn sebesar 98,82 %. Filtrasi variasi resin-zeolit-karbon aktif penurunan Mn sebesar 98,90 %. Simpulan dari kajian ini, efektivitas penurunan kadar mangan (Mn) yang paling tinggi adalah penggunaan media paralel resin – zeolit – karbon aktif dengan efektivitas penurunan sebesar 98,90 %.

Kata kunci: Media filtrasi, Pengolahan air sumur, Mangan (Mn)

1. Pendahuluan

Air merupakan sumber daya alam yang sangat dibutuhkan oleh semua makhluk hidup. Air sangat penting untuk kelangsungan hidup manusia, hewan, dan tumbuhan. Manusia membutuhkan air bersih untuk kelangsungan hidupnya, berbeda dengan binatang dan tumbuhan (Putro et al., 2018). Air untuk keperluan higiene sanitasi adalah air dengan kualitas tertentu yang digunakan untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya berbeda dengan air minum (Permenkes RI No. 32 Tahun 2017).

Air juga merupakan unsur vital bagi manusia, karena itu air merupakan penopang hidup bagi manusia. Ketersediaan air di dunia ini sangat melimpah, namun air yang dapat dimanfaatkan sebagai air bersih semakin berkurang setiap harinya. Semakin bertambahnya populasi maka semakin besar pula kebutuhan akan air bersih. Sehingga ketersediaan air bersih semakin berkurang. Kekurangan air berdampak negatif terhadap semua sektor, termasuk kesehatan. Tanpa akses air yang higienis mengakibatkan 3.800 anak di Dunia meninggal tiap hari oleh penyakit (Sunarsih et al., 2018). Di Indonesia terutama di pedesaan, pengadaan air bersih secara nasional masih belum mencukupi sekitar 60,72%. Untuk daerah yang belum mendapatkan pelayanan air bersih umumnya mereka menggunakan air permukaan, air tanah (sumur), air sungai, air hujan (Margarana & Djoko, 2020). Jika peningkatan pemanfaatan yang sewenang-wenang atau berlebihan terhadap sumber air bersih yang berasal dari air tanah tidak diatur dengan baik, maka akan menimbulkan penurunan kualitas dan kuantitas air bersih (Yustika & Astuti, 2018).

Air untuk keperluan higiene sanitasi dapat diperoleh dari berbagai sumber air, salah satunya adalah air tanah dengan syarat kualitas air bersih sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 32 Tahun 2017 dengan salah satu syarat parameter kimia yaitu mangan (Mn) sesuai dengan standar baku mutu (kadar maksimum) dalam air yaitu 0,5 mg/l.

Keberadaan kandungan mangan (Mn) dalam air dapat menimbulkan keracunan kronis pada manusia dan menyebabkan keracunan lanjutan seperti lambat dalam berbicara. Selain menimbulkan keracunan juga dapat membuat kulit menjadi kusam dan membuat noda pada benda yang berwarna putih (Nainggolan et al, 2011). Mangan juga merupakan salah satu unsur esensial bagi manusia dan hewan, tetapi dapat membahayakan kesehatan dengan menyerang sistem saraf apabila terjadi paparan kronis pada dosis yang tinggi (Setiadi & Yudo, 2019). Penghilangan kandungan Mn dalam air dapat dilakukan berbagai cara pengolahan, salah satunya dengan cara filtrasi menggunakan media filtrasi (Vries et al., 2017). Filtrasi merupakan salah satu teknik pengolahan air bersih yang sangat cocok untuk memenuhi kebutuhan air bersih pada komunitas skala kecil atau skala rumah tangga (Widyastuti & Sari, 2011).

Filtrasi digunakan untuk menurunkan kadar pencemar dalam air agar bisa dimanfaatkan kembali dengan bantuan berbagai media filtrasi seperti pasir silika, zeolit, dan karbon aktif. Jenis media filtrasi sendiri dibedakan menjadi 3 yaitu jenis single media, jenis dual media, dan jenis multi media (Poernomo et al., 2020).

Berdasarkan latar belakang di atas penulis tertarik untuk melakukan kajian literatur tentang keefektifan berbagai media filtrasi dalam menurunkan kadar mangan (Mn) air tanah. Tujuan dari kajian literatur ini yaitu untuk mengetahui keefektifan berbagai media filter dalam menurunkan kadar Mn air sumur dan untuk menentukan media filter yang paling efektif dalam menurunkan kadar mangan air sumur dari jurnal penelitian (artikel) terdahulu yang sudah sesuai dengan kriteria inklusi. Kajian literatur ini diharapkan dapat bermanfaat bagi masyarakat yaitu dapat memberikan pemahaman kepada masyarakat tentang keefektifan berbagai media filtrasi dalam menurunkan kadar mangan air sumur. Dan juga diharapkan dapat bermanfaat bagi akademisi yaitu dapat memberikan pemahaman lebih jauh dan sebagai referensi penelitian kepada mahasiswa tentang kajian literatur keefektifan berbagai media filtrasi dalam menurunkan kadar mangan air sumur.

2. Metode

2.1. Jenis dan Rancangan Penelitian

Jenis penelitian ini adalah kajian literatur, yaitu metode penelitian dengan cara mengulas khusus atau merangkum pustaka empiris atau teoritis untuk memberikan pemahaman yang lebih komprehensif tentang masalah keefektifan berbagai media filtrasi dalam menurunkan kadar mangan (Mn) air sumur. Tahap kajian ini meliputi identifikasi masalah, pencarian literatur, pengolahan dan penyajian.

2.2. Sumber Data

Penelusuran artikel terkomputerisasi menggunakan database Google Scholar, Science Direct, SINTA 1 sampai 6. Penelusuran literatur dimulai pada tahun terbit 2011 sampai tahun 2021 untuk dilakukan kajian.

2.3. Kata Kunci

Kata kunci yang digunakan dalam penelusuran artikel yaitu media filtrasi, pengolahan air sumur, mangan (Mn).

2.4. Kriteria Inklusi dan Eksklusi

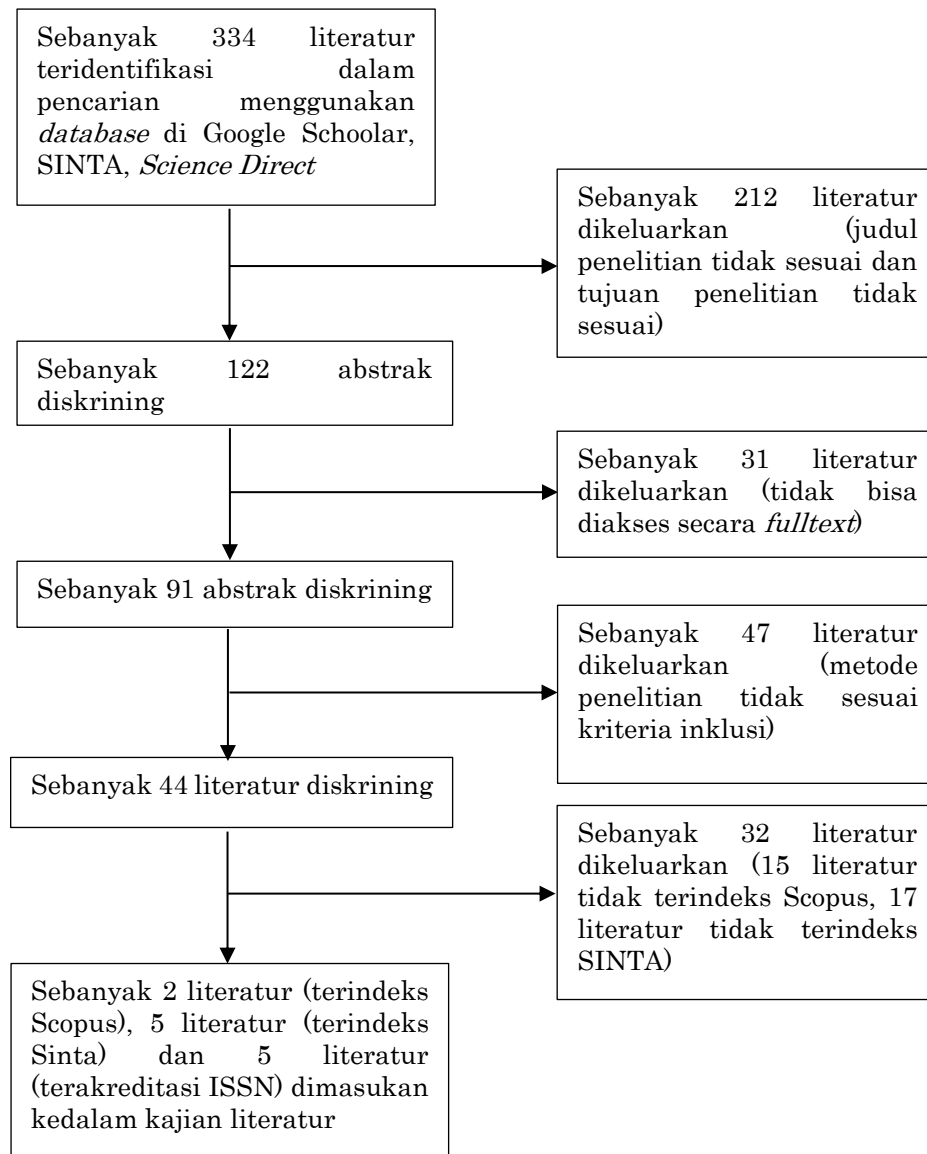
2.4.1. Kriteria Inklusi

- 2.4.1.1. Memiliki variabel penelitian sesuai dengan yang akan dikaji (terdapat variabel menurunkan kadar mangan air sumur, berbagai media filtrasi).
- 2.4.1.2. Metode yang digunakan dalam jurnal yang dikaji adalah eksperimen.
- 2.4.1.3. Jurnal berbahasa Indonesia atau berbahasa Inggris.
- 2.4.1.4. Jurnal nasional ber-ISSN (*International Standart Serial Number*) atau terindeks SINTA 1-6 atau terindeks Scopus.
- 2.4.1.5. Diterbitkan dalam 10 tahun terakhir (2011-2021) dengan format *full text* PDF dan tidak berbayar.

2.4.2. Kriteria Eksklusi

- 2.4.2.1. Artikel telah dipublikasikan lebih dari 10 tahun.
- 2.4.2.2. Artikel penelitian tidak dapat diakses secara lengkap.

2.5. Alur Riview Jurnal



Gambar 1. Alur riview jurnal

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil

Berikut ini merupakan hasil skrining jurnal yang dianalisis menggunakan metode kajian literatur sebanyak 7 jurnal nasional dan 5 jurnal internasional dan disajikan pada tabel berikut ini:

Tabel 1. Rekap hasil pencarian jurnal

No	Peneliti, tahun	Judul	Jurnal, volume	Terindeks	Rancangan Penelitian
1	Aba <i>et al.</i> , 2019	<i>Reduction of iron and manganese concentration in dug well water by using Moramo beach sand as filter media</i> https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1153/1/012078/pdf	In <i>Journal of Physics: Conference Series</i> (Vol. 1153, No. 1, p. 012078). IOP Publishing.	ISSN: 17426588 17426596	<i>Experiment</i>
2	Al Kholif <i>et al.</i> , 2020	Kombinasi Tray Aerator dan Filtrasi untuk Menurunkan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) pada Air Sumur https://ocs.unud.ac.id/index.php/ECOTROPHIC/article/download/59542/35354	<i>ECOTROPHIC: Jurnal Ilmu Lingkungan (Journal of Environmental Science)</i> , 14(1), 28	p-ISSN: 1907-5626 e-ISSN: 2503-3395	Eksperimen
3	Annisa <i>et al.</i> , 2014	<i>Discharge variation effect for iron and manganese concentration reduction efficiency in dug well water by the sand filter technique at mulyorejo Utara Surabaya</i> http://irjes.com/Papers/vol3-issue8/Vesion%201/H385660.pdf	<i>International Refereed Journal of Engineering and Science</i> , 3(8), 56-60.	p-ISSN: 2319-1821 e-ISSN: 2319-183X	<i>Experiment</i>
4	Athirah <i>et al.</i> , 2019	<i>Manganese removal in groundwater treatment using marble</i> https://publisher.uthm.edu.my/ojs/index.php/ijie/article/download/4238/2150	<i>International Journal of Integrated Engineering</i> , 11(2).	Q3 ISSN: 2229838X	<i>Experiment</i>
5	Aziz <i>et al.</i> , 2020	<i>Iron and manganese removal from groundwater using limestone filter with iron-oxidized bacteria</i> https://www.researchgate.net/profile/Motasem_Alazaiza/publication/339293220_Iron_and_manganese_removal_from_groundwater_using_limestone_filter_with_iron-oxidized_bacteria/links/5e4b661492851c7f7f43de35/Iron-and-manganese-removal-from-groundwater-using-	<i>International Journal of Environmental Science and Technology</i> , 1-14.	Q2 ISSN: 17351472	<i>Experiment</i>

		limestone-filter-with-iron-oxidized-bacteria.pdf				
6	Kurniawati <i>et al.</i> , 2017	Pasir Vulkanik sebagai Media Filtrasi dalam Pengolahan Air Bersih Sederhana untuk Menurunkan Kandungan Besi (Fe), Mangan (Mn) dan Kekeruhan Air Sumur Gali http://www.e-journal.poltekkesjogja.ac.id/index.php/Sanitasi/article/download/746/514	<i>Sanitasi: Kesehatan Lingkungan</i> , 9(1), 20.	<i>Jurnal</i>	SINTA 4 p-ISSN: 1978-5763 e-ISSN: 2579-3896	Eksperimen
7	Maryani <i>et al.</i> , 2015	Efektivitas Variasi Ketebalan Zeolit dan Pecahan Genteng dalam Menurunkan Kadar Fe dan Mn Air Sumur Gali Dusun Waru Rangkang di Sapen, Manisrenggo, Klaten http://e-journal.poltekkesjogja.ac.id/index.php/Sanitasi/article/download/833/598	<i>Sanitasi: Kesehatan Lingkungan</i> , 6(3), 101-107	<i>Jurnal</i>	SINTA 4 p-ISSN: 1978-5763 e-ISSN: 2579-3896	Eksperimen
8	Musa <i>et al.</i> , 2016	<i>Simplified Method for Groundwater Treatment Using Dilution and Ceramic Filter</i> https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/136/1/012074/pdf	<i>In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 136, No. 1, p. 012074). IOP Publishing.</i>		ISSN : 17578981 1757899X	<i>Experiment</i>
9	Oesman & Sugito, 2017	Penurunan Logam Besi dan Mangan Menggunakan Filtrasi Media Zeolit dan <i>Manganese Greensand</i> http://jurnal.unipasby.ac.id/index.php/waktu/article/download/732/609	<i>WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA</i> , 15(2), 57-69.		p-ISSN: 1412-1867 e-ISSN: 2715-4947	Eksperimen
10	Sulianto <i>et al.</i> , 2020	Rancang Bangun Unit Filtrasi Air Tanah untuk Menurunkan Kekeruhan dan Kadar Mangan dengan Aliran Upflow https://jsal.ub.ac.id/index.php/jsal/article/download/349/327	<i>Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan</i> , 7(2), 72-80		SINTA 5 e-ISSN: 2655 9676	Eksperimen
11	Trigunarsa <i>et al.</i> , 2019	Alat Pengolah Air Tanah Menjadi Air Bersih dengan Proses Kombinasi Aerasi-Filtrasi <i>Upflow</i> (Desain Rancang Bangun) http://www.ejurnal.poltekkes-tjk.ac.id/index.php/JK/article/download/1174/899	<i>Jurnal Kesehatan</i> , 10(1), 53-60.		SINTA 3 p-ISSN: 20867751 e-ISSN: 25485695	Eksperimen
12	Yuliani <i>et al.</i> , 2019	Penyaringan dengan Variasi Media Filter untuk Menurunkan Mangan pada Air Sumur Gali http://www.e-journal.poltekkesjogja.ac.id/index.php/Sanitasi/article/download/936/678	<i>Sanitasi: Kesehatan Lingkungan</i> , 11(1), 26-33.	<i>Jurnal</i>	SINTA 4 p-ISSN: 1978-5763 e-ISSN: 2579-3896	Eksperimen

Berdasarkan **Tabel 1** dapat dilihat bahwa sebanyak 12 jurnal yang dikaji dalam kajian literatur ini dipublikasikan pada tahun 2014-2020. Jurnal - jurnal yang dikaji terindeks Scopus Q2 (International Journal of Environmental Science and Technology) dan Q3 (International Journal of Integrated Engineering), terindeks SINTA S3 (Jurnal Kesehatan), terindeks SINTA S4 sebanyak tiga jurnal berasal dari satu jurnal yang sama yaitu dari Sanitasi: Jurnal Kesehatan Lingkungan, terindeks SINTA S5 (Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan), dan lima jurnal terindeks ISSN. Semua jurnal yang dikaji menggunakan metode penelitian eksperimen.

Tabel 2. Hasil analisis metode penelitian

Peneliti, Tahun	Populasi	Sampel	Variabel Bebas	Variabel Terikat	Tujuan Penelitian	Uji Statistik
Aba <i>et al.</i> , 2019	Air sumur	Air sumur di Kendari, Sulawesi Tenggara, Indonesia	Pasir pantai Moramo sebagai media filter	Penurunan konsentrasi besi dan mangan air sumur gali	Untuk mengetahui keefektifan pasir pantai Maromo sebagai media filter dalam menurunkan konsentrasi besi dan mangan air sumur gali	Tidak dijelaskan
Al Kholif <i>et al.</i> , 2020	Air sumur	Sampel air sumur diperoleh dari salah satu warga di daerah Dukuh Menanggal Surabaya.	Kombinasi <i>tray aerator</i> dan filtrasi	Menurunkan kadar besi (Fe) dan mangan (Mn) pada air sumur	Mengkaji setiap perubahan yang terjadi pada kadar Fe dan Mn setelah dilakukan pengolahan dengan menerapkan <i>tray aerator</i> dan filtrasi	Tidak dijelaskan
Annisa <i>et al.</i> , 2014	Air sumur	Air sumur gali di Mulyyorejo Utara, Surabaya	Saringan pasir aktif	Penurunan konsentrasi besi dan mangan pada air sumur gali	Menemukan debit yang paling efektif dalam menurunkan Fe dan Mn	Tidak dijelaskan
Athirah <i>et al.</i> , 2019	Air tanah	Sampel air tanah diambil dari sumur tabung di Kampus Teknik USM, Nibong Tebal, Pulau Pinang	Marmer	Penghapusan mangan dalam air tanah	Untuk mengetahui keefektifan ukuran media filter marmer dalam menurunkan mangan air tanah	Tidak dijelaskan
Aziz <i>et al.</i> , 2020	Air tanah	Sampel air tanah diambil dari sumur di <i>School of Civil</i>	Batu kapur filter dengan bakteri teroksidasi besi	Pengapusan besi dan mangan air tanah	Untuk mengetahui keefektifan batu kapur dengan bakteri	Tidak dijelaskan

		<i>Engineering, Universiti Sains Malaysia Engineering Campus, Nibong Tebal, Penang</i>			teroksidasi besi dalam menurunkan besi dan mangan air tanah	
Kurniawati <i>et al.</i> , 2017	Air sumur	Air sumur gali milik Bapak Suradi sebanyak 120 liter untuk lima kali pengulangan	Pasir vulkanik sebagai media filtrasi dalam pengolahan air bersih sederhana	Menurunkan kandungan besi (Fe), mangan (Mn) dan kekeruhan air sumur gali	Untuk mengetahui penurunan kandungan besi (Fe), mangan (Mn) dan kekeruhan pada air sumur gali dengan pengolahan air sederhana dan memanfaatkan pasir vulkanik sebagai media filtrasi	Uji T-test terikat
Maryani <i>et al.</i> , 2015	Air sumur di Dusun Waru Rangkang di Sapen, Manisrenggo, Klaten	sampel air sumur gali yang digunakan untuk setiap satu kali pengolahan adalah 100 liter, dengan pengulangan untuk tiap variasi ketebalan media filtrasi dilakukan sebanyak enam kali.	Variasi ketebalan zeolit dan pecahan genteng	Menurunkan kadar Fe dan Mn air sumur gali	Untuk mengetahui keefektifan variasi ketebalan zeolit dan pecahan genteng dalam menurunkan kadar Fe dan Mn air sumur gali	Uji One Way Anova Uji LSD (<i>Least Significant Difference</i>)
Musa <i>et al.</i> , 2016	Air tanah	Sampel air dari sumur yang tercampur dengan air hujan	Metode sederhana pengenceran dan filter keramik	Pengolahan air tanah	Untuk mengolah air baku dengan menggunakan filter keramik dan memastikan efektivitas kombinasi tersebut proses pengenceran dan filtrasi keramik	Tidak dijelaskan

Oesman & Sugito, 2017	Air tanah di Dukuh Setro Rawasan Surabaya, yang didapatkan kandungan Besi 1.4 mg/L dan Mangan 1.2 mg/L.	air sumur di Dukuh Setro Rawasan Surabaya. Sampel yang dibutuhkan selama penelitian sebanyak 30 L.	Filtrasi media zeolit dan <i>manganese greensand</i>	Penurunan logam besi dan mangan	Untuk mengetahui efektivitas penurunan konsentrasi Fe dan Mn pada air tanah dengan menggunakan Filtrasi media Pasir Silica – Zeolit - Karbon Aktif dan Pasir Silica - Manganese Greensand – Karbon Aktif	Tidak dijelaskan
Sulianto <i>et al.</i> , 2020	Air tanah Dusun Kedung Kabupaten Mojokerto	Sampel air tanah yang berasal dari daerah peternakan Dusun Kedung Gagak Kabupaten Mojokerto	Rancang bangun unit filtrasi air tanah	Menurunkan kekeruhan dan kadar mangan	Mengetahui efektivitas penurunan kadar mangan dan kekeruhan setelah dilakukan proses filtrasi.	Tidak dijelaskan
Trigunars <i>o et al.</i> , 2019	Air tanah	Air sumur dangkal	Kombinasi aerasi-filtrasi upflow (desain rancang bangun)	Pengolahan air tanah menjadi air bersih	Untuk mengetahui keefektifan alat pengolah air tanah menjadi air bersih dengan proses kombinasi aerasi-filtrasi upflow (desain rancangan bangun)	Tidak dijelaskan
Yuliani <i>et al.</i> , 2019	Air sumur gali di Dusun Kauman, Desa Tamanan, Banguntapan, Bantul.	Sampel yang didapatkan sebanyak 30 buah dengan rincian: 6 sampel sebelum perlakuan (pre-test) dan 24 sampel setelah perlakuan (post-test).	Penyaringan dengan variasi media filter	Menurunkan mangan pada air sumur gali	Untuk mengetahui pengaruh penggunaan filter resin, zeolit, dan karbon aktif untuk menurunkan kadar Mangan pada air sumur gali di Dusun Kauman, Desa Tamanan, Kecamatan Banguntapan, Kabupaten Bantul.	Uji One Way Anova

Berdasarkan **Tabel 2**, dapat diketahui bahwa variabel bebas pada semua jurnal yaitu tentang berbagai media filtrasi air seperti pasir pantai, tray aerator kombinasi dengan filtrasi, saringan pasir aktif, marmer, variasi media filter, zeolit dan *manganese greensand*, filter keramik, variasi ketebalan zeolit dan pecahan genteng, batu kapur filter dengan bakteri teroksidasi besi, dan pasir vulkanik. Variabel terikat pada semua jurnal yaitu terdapat variabel penurunan kadar mangan pada air sumur. Tujuan dari semua jurnal yaitu untuk mengetahui keefektifan dari media filtrasi dalam menurunkan kadar mangan air sumur.

Tabel 3. Hasil analisis bivariat

Peneliti, Tahun	Metode	Jenis Air	Media yang digunakan	Hasil Penurunan Mn	Pola hubungan
Aba <i>et al.</i> , 2019	Filtrasi (Saringan pasir cepat)	Air sumur	Pasir pantai Maromo dengan ketebalan 15cm, 30cm, 45 cm	Ketebalan 15 cm = 1,051 mg/l → 0,052 mg/l (94,97 %) Ketebalan 30 cm = 1,051 mg/l → 0,021 mg/l (97,93 %) Ketebalan 45 cm = 1,051 mg/l → 0,012 mg/l (98,82 %)	Efektif
Al Kholif <i>et al.</i> , 2020	Kombinasi <i>tray aerator</i> dan filtrasi	Air sumur	Zeolit dan karbon aktif	<i>Tray aerator</i> 1,14 mg/l → 0,0296 mg/l (97,40 %) <i>Tray aerator</i> + filtrasi karbon aktif 1,14 mg/l → 0,0295 mg/l (98,25%) <i>Tray aerator</i> + filtrasi zeolit 1,14 mg/l → 0,0291 mg/l (97,44 %)	Efektif
Annisa <i>et al.</i> , 2014	Filtrasi (Saringan pasir aktif)	Air sumur	Pasir silika Kerikil (sebagai penyangga)	Penurunan efisiensi konsentrasi Mn dapat dicapai dengan pasir aktif berdasarkan variasi debit 97,29% untuk debit 15ml/menit 96,91% untuk debit 30 ml/menit 88,96% untuk debit 60 ml/menit	Efektif
Athirah <i>et al.</i> , 2019	Filtrasi	Air sumur	Marmer	Marmer ukuran kerikil (dibawah 20 mm) 0,509 mg/l → 0,213 mg/l (58,15 %) Marmer ukuran pasir (dibawah 4 mm) 0,511 mg/l → 0,014 (96,5 %)	Efektif
Aziz <i>et al.</i> , 2020	Filtrasi	Air sumur	Batu kapur (0,6 – 2,36 mm) dengan bakteri pengoksidasi besi	Kadar Mn sebelum pengolahan 0,388 mg/l Keefektifan penurunan Mn = 83,63 %	Efektif
Kurniawati <i>et al.</i> , 2017	Filtrasi <i>up flow</i>	Air sumur	Pasir vulkanik Krikil (sebagai penyangga)	Kadar Mn sebelum perlakuan dari rata-rata 0,62 mg/l menjadi	Efektif

					0,02 mg/l atau turun rata-rata sebesar 96 %	
Maryani <i>et al.</i> , 2015	Filtrasi		Air sumur	Zeolit dengan ketebalan 80 cm Pecahan genteng dengan ketebalan 40 cm	Filtrasi zeolit ketebalan 80 cm + pecahan genteng ketebalan 40 cm 2,4 mg/l → 0,4 mg/l (79,50%)	Efektif
Musa <i>et al.</i> , 2016	Pengenceran Filtrasi		Air sumur	LECA (<i>Lightweight Expanded Clay Aggregate</i>), karbon aktif, pasir silika, batu mineral 10-15 mm	Pengenceran = 0,047 mg/l → 0,038 mg/l (57%) Filtrasi = 0,47 mg/l → 0,125 mg/l (86%)	Efektif
Oesman & Sugito, 2017	Filtrasi		Air sumur	<i>Treatment 1</i> : pasir silika – zeolit – karbon aktif <i>Treatment 2</i> : pasir silika – <i>manganes</i> <i>greensand</i> – karbon aktif	<i>Treatment 1</i> = 1,3 mg/l → 0,39 mg/l (70,00 %) <i>Treatment 2</i> = 1,3 mg/l → 0,15 mg/l (88,21 %)	Efektif
Sulianto <i>et al.</i> , 2020	Filtrasi		Air sumur	Unit filtrasi 1 : kerikil – ijuk – pasir kuarsa – zeolit Unit filtrasi 2 : kerikil – ijuk – pasir kuarsa – karbon aktif Unit filtrasi 3 : kerikil – ijuk – pasir kuarsa – karbon aktif dan zeolit	Unit filtrasi 1 2,043 mg/l → 0,257 mg/l (87,40 %) Unit filtrasi 2 2,043 mg/l → 1,680 mg/l (17,70 %) Unit filtrasi 3 2,043 mg/l → 1,729 mg/l (15,37 %)	Efektif
Trigunarso <i>et al.</i> , 2019	Aerasi Filtrasi <i>up flow</i>	-	Air sumur	Koral, zeolit, karbon aktif, pasir silika	0,080 mg/l → 0,078 mg/l (95,12 %)	Efektif
Yuliani <i>et al.</i> , 2019	Filtrasi		Air sumur	Zeolit, karbon aktif, resin	Filter resin = 1,1607 mg/l → 0,0963 mg/l (92,32 %) Filter zeolit = 1,1607 mg/l → 0,4889 mg/l (57,11 %) Filter karbon aktif = 1,1607 mg/l → 0,3072 mg/l (73,49%) Filter paralel (resin – zeolit – karbon aktif) 1,1607 mg/l → 0,0122 mg/l (98,90 %)	Efektif

Berdasarkan **Tabel 3** dapat diketahui bahwa metode pengolahan air sumur guna menurunkan mangan (Mn) dalam jurnal yang dikaji menggunakan metode filtrasi saringan pasir cepat, kombinasi *tray aerator* dan filtrasi, filtrasi saringan pasir aktif, filtrasi *up flow*, pengenceran dan filtrasi, filtrasi, dan aerasi filtrasi *up flow*. Jenis air yang digunakan dalam penelitian pada semua jurnal yang dikaji yaitu air sumur. Dari semua jurnal yang dikaji terdapat pola hubungan adanya keefektifan media filtrasi dalam menurunkan mangan (Mn) air sumur.

3.2. Pembahasan

Berdasarkan hasil dua belas jurnal di atas, dapat dilihat bahwa metode yang digunakan dalam penelitian semua jurnal adalah eksperimen. Menurut Sugiyono (2011), metode eksperimen adalah metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendali. Populasi pada penelitian semua jurnal sebanyak enam jurnal menggunakan populasi air tanah dan delapan jurnal menggunakan populasi air sumur dengan sampel semua jurnal yaitu air sumur. Air sumur adalah air tanah dangkal sampai kedalaman kurang dari 30 meter, air sumur umumnya pada kedalaman 15 meter dan dinamakan juga sebagai air tanah bebas karena lapisan air tanah tersebut tidak berada di dalam tekanan (Rasman & Saleh, 2016). Pengolahan air sumur dilakukan guna memperoleh air bersih yang sesuai dengan syarat kualitas air bersih menurut Permenkes RI No. 32 tahun 2017. Pada kajian literatur ini penulis mengkaji jurnal keefektifan berbagai media filtrasi dalam menurunkan mangan (Mn) air sumur.

Pengolahan air sumur dilakukan untuk memperoleh air bersih yang sesuai dengan syarat yang telah ditetapkan, salah satunya yaitu syarat parameter kadar mangan air bersih menurut Permenkes RI No. 32 tahun 2017 yaitu maksimal 0,5 mg/l. Semua jurnal yang dikaji ini dalam pengolahan air sumur menggunakan metode filtrasi dengan berbagai media filtrasi guna menurunkan kadar mangan air sumur.

Mangan (Mn) adalah logam berwarna abu-abu keperakan yang merupakan unsur pertama logam golongan VIIB. Mangan digunakan untuk campuran baja, industri pigmen, las, pupuk pestisida, keramik, elektronik dan alloy (campuran beberapa logam dan bukan logam, terutama karbon), industri baterai, cat, dan zat tambahan makanan. Keberadaan mangan secara alami berada di lingkungan sebagai padatan dalam tanah dan partikel kecil di dalam air. Peningkatan konsentrasi mangan pada air seperti air permukaan, air tanah, dan air limbah dapat melalui manusia berupa kegiatan industri. (Normaningsih, 2018). Di dalam tubuh manusia, mangan dalam jumlah kecil tidak menimbulkan gangguan kesehatan, tetapi dalam jumlah yang besar dapat tertimbun di dalam hati dan ginjal. Umumnya dalam keadaan kronis menimbulkan gangguan sistem syaraf dan menampilkan gejala seperti penyakit parkinson (Asmadi & Kasjono, 2011). Keracunan yang diakibatkan oleh mangan sering bersifat kronis sebagai akibat dari inhalasi dari debu dan uap logam. Gejala yang timbul berupa serangan pada susunan syaraf, insomnia, serta lemah pada kaki dan otot muka sehingga ekspresi muka menjadi beku dan tampak seperti topeng atau mask (Kusnaedi, 2011).

Dalam penelitian Aba et al. (2019), pengolahan air sumur dilakukan dengan menggunakan metode filtrasi pasir cepat. Media filtrasi yang digunakan yaitu pasir Pantai Maromo. Dalam proses filtrasi, pasir Pantai yang sudah dicuci dikeringkan di bawah sinar matahari selama 1 hari untuk menghilangkan permukaan air di pasir. Selanjutnya pasir dikeringkan menggunakan oven listrik pada suhu 200 oC selama 40 menit untuk menghilangkan lebih banyak kotoran di pori-pori pasir. Pasir kering diayak menggunakan ayakan 60 mesh dan 35 mesh, sehingga ukuran akhir

pasir antara 60 mesh dan 35 mesh. Sampai proses ini pasir sampel telah siap untuk dikarakterisasi dengan menggunakan spektrometer X-Ray Fluorescence (XRF) untuk mendapatkan informasi tentang komposisi mineral pasir. Proses filtrasi dilakukan dengan fast sand filtration dengan berbagai ketebalan yaitu pada ketebalan 15 cm pasir Pantai Maromo efektif menurunkan kadar mangan (Mn) air sumur dengan persentase 94,97 %, pada ketebalan 30 cm efektif menurunkan kadar mangan dengan persentase 97,93 %, dan pada ketebalan 45 cm efektif menurunkan kadar mangan dengan persentase 98,82 %. Pengolahan air sumur dalam menurunkan kadar mangan air sumur juga dilakukan oleh Al Kholif et al. (2020), dengan menggunakan metode kombinasi tray aerator dan filtrasi dengan media filtrasi yang digunakan yaitu zeolit dan karbon aktif. Tray aerator yang digunakan dengan ketinggian 180 cm menggunakan nampan (tray) sebanyak 4. Sistem kerja dari tray aerator itu sendiri yaitu mengontakkan air dengan udara sehingga terdapat kandungan oksigen di dalam air. Hasil pengolahan tray aerator kemudian dialirkan secara down flow ke kedua alat filter dengan masing – masing media filter yaitu zeolit dan karbon aktif. Persentase keefektifan dalam penurunan mangan (Mn) air sumur menggunakan tray aerator yaitu 97, 40 %, persentase keefektifan penurunan kadar mangan pada kombinasi tray aerator dan filtrasi dengan media karbon aktif yaitu 98,25 %, dan persentase keefektifan kombinasi tray aerator dan filtrasi dengan media zeolit dalam menurunkan mangan (Mn) yaitu 97,44 %.

Pengolahan air sumur dengan metode filtrasi pasir cepat, pengukuran debit dilakukan dengan gelas ukur, tempat pengambilan air dalam gelas ukur dan catat beberapa waktu yang dibutuhkan untuk memenuhi volume yang ditentukan. Saringan pasir cepat menggunakan media filtrasi pasir silika dan kerikil sebagai penyangga dapat menurunkan kadar mangan air sumur dengan presentasi 97,29% untuk debit 15ml/menit, 96,91% untuk debit 30 ml/menit, dan 88,96% untuk debit 60 ml/menit dengan ketebalan pasir aktif 110 cm (Annisa et al., 2014).

Banyak metode pengolahan air tanah yang digunakan dalam menurunkan kadar mangan air sumur, tetapi metode yang paling sering digunakan dalam pengolahan air adalah metode yang ekonomis dan sederhana seperti filtrasi dengan salah satu media filtrasi yaitu marmer. Media filtrasi marmer ukuran kerikil dapat menurunkan mangan dengan persentase 58,15% pada laju aliran 0,007 l/dtk sedangkan marmer ukuran pasir dapat menurunkan mangan hingga 96,5% pada laju aliran 0,017 l/dtk (Athirah et al., 2019).

Selain marmer, batu kapur dengan ukuran 0,6 mm – 2,36 mm dengan bakteri pengoksidasi besi juga efektif dalam menurunkan kadar mangan air sumur dengan persentase 83,63 %. Untuk memperoleh bakteri ang teroksidasi besi adalah dengan cara bakteri diekstraksi dari sampel air tanah dan dibiakan di piring dengan larutan nutrient. Bakteri teroksidasi besi dibudidayakan sebagai mikroba yang membantu pembuatan batu kapur untuk menghilangkan Fe dan Mn dari air tanah (Aziz et al., 2020). Menurut Kurniawati et al. (2017), pasir vulkanik juga efektif sebagai media filtrasi dalam menurunkan kadar mangan (Mn) air sumur dengan persentase penurunan kadar mangan yaitu 96 %. Pasir dapat digunakan sebagai media penyaring karena bersifat porous, mempunyai ukuran atau diameter dan

tingkat keseragaman serta kandungan silika yang dapat dijadikan sebagai bahan adsorben. Pasir juga memiliki kemampuan memisahkan flok-flok yang belum sempat mengendap sehingga kadar Mn menjadi turun. Media pasir digunakan karena selain murah, juga mudah diperoleh serta biasa diaplikasikan pada masyarakat. Kualitas pasir yang digunakan harus baik karena mempengaruhi hasil penyaringan. Pasir yang baik untuk digunakan adalah yang bersih tidak bercampur dengan tanah dan kotoran, sehingga sebelum digunakan sebagai media filtrasi sebaiknya dicuci terlebih dahulu.

Pengolahan air sumur dengan metode filtrasi yang dilakukan oleh Maryani et al (2015), menggunakan media filtrasi zeolit dan pecahan genteng efektif dalam menurunkan kadar mangan air sumur dengan persentase 85,51 % pada media filtrasi zeolit dengan ketinggian 80 cm dan 79,50 % pada media filtrasi pecahan genteng dengan ketinggian 40 cm.

Variasi media filtrasi dengan susunan karbon aktif – pasir silika - LECA (Lightweight Expanded Clay Aggregate) – batu mineral 10-15 mm mampu menurunkan kadar mangan pada air sumur dari 0,047 mg/l menjadi 0,013 mg/l (Musa et al., 2016). Variasi media filtrasi selanjutnya yaitu dengan susunan pasir silika – zeolit – karbon aktif pada treatment pertama yaitu mampu menurunkan kadar mangan air sumur dengan persentase 70 % dan pada treatment kedua yaitu mampu menurunkan kadar mangan dengan persentase 88,21 % dengan susunan media filtrasi pasir silika - manganese greensand – karbon aktif (Oesman & Sugito, 2017). Menurut Sulianto et al. (2020), variasi media filtrasi dengan susunan kerikil – ijuk – pasir kuarsa – zeolit mampu menurunkan kadar mangan air sumur dengan persentase 87,40 %, susunan kerikil – ijuk – pasir kuarsa – karbon aktif hanya mampu menurunkan mangan air sumur dengan persentase 17,70 %, dan susunan kerikil - ijuk – pasir kuarsa – karbon aktif dan zeolit mampu menurunkan mangan dengan persentase 15,37 %. Sedangkan menurut Trigunarso et al. (2019), variasi media filtrasi dengan susunan koral – zeolit - karbon aktif - pasir silika efektif dapat menurunkan kadar mangan air sumur dengan persentase 95,12 %.

Menurut Yuliani et al. (2019), Filtrasi dengan filter resin dapat menurunkan mangan air sumur hingga 92,32 %, Filtrasi dengan zeolit dapat menurunkan kadar mangan air sumur dengan persentase 57,11%, filtrasi dengan media karbon aktif dapat menurunkan kadar mangan dengan persentase 73,49 % , dan filter paralel (resin, zeolit, karbon aktif) dapat menurunkan kadar mangan dengan persentase 98,90 %. Metode yang dilakukan pada penelitian tersebut yaitu air dialirkan dalam rangkaian alat dengan variasi media filter yang dikemas dalam housing filter 10 inch, ketinggian efektif cartridge 16 cm, dan volume media 615 ml. Debit aliran diatur 1 liter per menit. Ada empat variasi yang digunakan, yaitu: filter resin yaitu housing. Filter yang diisi dengan resin 615 ml, filter zeolit yaitu housing filter yang diisi dengan zeolit alam 615 ml, filter karbon aktif yaitu housing filter yang diisi dengan karbon aktif granular 615 ml, dan filter paralel yaitu tiga housing filter dengan housing filter pertama diisi resin 615 ml, housing filter kedua diisi zeolit 615 ml, housing filter ketiga diisi karbon aktif 615 ml dan dirangkai secara paralel. Perlakuan filter paralel menghasilkan filter yang paling baik. Hal tersebut

dikarenakan air yang dialirkan melalui filter paralel mengalami tiga kali filtrasi dengan media yang berbeda yang dikemas dalam housing filter yang berbeda pula. Pada perlakuan ini terjadi tiga kali pengolahan, yaitu pertukaran ion dengan resin kation pada filter pertama (media resin), dilanjutkan dengan proses adsorpsi dan pertukaran ion pada filter kedua (media zeolit), dan proses adsorpsi pada filter ketiga (media arang aktif). Mangan dalam air juga berkesempatan untuk kontak dengan media filter lebih banyak karena ketinggian media menjadi tiga kali lipat lebih tebal. Semakin tebal lapisan media filter, hasil dari proses filtrasi akan lebih baik karena luas permukaan penahan partikel semakin besar dan jarak yang ditempuh oleh air semakin panjang.

4. Kesimpulan

Media filter yang dapat digunakan untuk menurunkan kadar Mn air sumur adalah karbon aktif dengan metode kombinasi tray aerator dan filtrasi dengan persentase penurunan 98,25 %. Filtrasi dengan pasir pantai Maromo dengan ketebalan 45 cm penurunan Mn sebesar 98,82 %. Filtrasi variasi resin-zeolit-karbon aktif penurunan Mn sebesar 98,90 %. Simpulan dari kajian ini, efektivitas penurunan kadar mangan (Mn) yang paling tinggi adalah penggunaan media paralel resin – zeolit – karbon aktif dengan efektivitas penurunan sebesar 98,90 %.

5. Persantunan

Penghargaan dan terimakasih penulis berikan kepada segenap dosen pengajar Program Studi Kesehatan Masyarakat Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah memberikan banyak ilmu kepada penulis sehingga penulis dapat menyusun kajian literatur ini dengan baik. Penghargaan dan terimakasih yang setulus-tulusnya penulis berikan kepada keluarga yang telah mencurahkan segenap cinta, kasih sayang, serta dukungan. Semoga Allah SWT selalu melimpahkan Rahmat, Kesehatan serta Keberkahan di dunia dan di akhirat.

Referensi

- [1] Aba, L., Prasetyo, A., Ilmawati, W. O. S., Ahmad, L. O., & Sahidin, L. O. (2019). Reduction of iron and manganese concentration in dug well water by using Moramo beach sand as filter media. *Journal of Physics: Conference Series*, 1153(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1153/1/012078>
- [2] Al Kholif, M., Sugito, S., Pungut, P., & Sutrisno, J. (2020). Kombinasi Tray Aerator dan Filtrasi untuk Menurunkan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) pada Air Sumur. *ECOTROPHIC: Jurnal Ilmu Lingkungan (Journal of Environmental Science)*, 14(1), 28. <https://doi.org/10.24843/ejes.2020.v14.i01.p03>
- [3] Annisa, N. F., Prihanto, M. U., Junaedi, T., Agung, T., & Prasetya, E. (2014). Discharge Variation Effect for Iron and Manganese Concentration Reduction Efficiency in Dug Well Water By The Sand Filter Technique at Mulyorejo Utara Surabaya. *International Refereed Journal of Engineering and Science*, 3(8), 56–60.
- [4] Asmadi, K., & Kasjono, H. S., 2011. *Teknologi Pengolahan Air Minum*. Gosyen Publishing, Yogyakarta.

- [5] Athirah, A. A., Saad, N. A., Akhir, M. F. M., & Zakaria, N. A. (2019). Manganese removal in groundwater treatment using marble. *International Journal of Integrated Engineering*, 11(2), 053–060. <https://doi.org/10.30880/ijie.2019.11.02.006>
- [6] Aziz, H. A., Tajarudin, H. A., Wei, T. H. L., & Alazaiza, M. Y. D. (2020). Iron and manganese removal from groundwater using limestone filter with iron-oxidized bacteria. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 17(5), 2667–2680. <https://doi.org/10.1007/s13762-020-02681-5>
- [7] Nainggolan, Hamonangan dan Susilawati. 2011. *Pengolahan Limbah Cair Industry Perkebunan dan Air Gambut Menjadi Air Bersih*. Medan : Penerbit Usu-Press
- [8] Normaningsih, Y. (2018). Kandungan Mangan dalam Air Sungai Riam Kanan dan Hati Ikan Nila (*Oreochromis Niloticus* L) di Kecamatan Karang Intan Kabupaten Banjar. *Bioscientiae*, 6(2).
- [9] Kurniawati, S. D., Santjoko, H., & Husein, A. (2017). Pasir Vulkanik sebagai Media Filtrasi dalam Pengolahan Air Bersih Sederhana untuk Menurunkan Kandungan Besi (Fe), Mangan (Mn) dan Kekeruhan Air Sumur Gali. *Sanitasi: Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 9(1), 20. <https://doi.org/10.29238/sanitasi.v9i1.71>
- [10] Kusnaedi. 2011. *Mengolah Air Kotor untuk Air Minum*. Penebar Swadaya. Jakarta
- [11] Nirwisaya, P. M., & Marsono, B. D. (2021). Evaluasi Sistem Penyediaan Air Minum Berbasis Masyarakat di Kecamatan Krembung, Kabupaten Sidoarjo. *Jurnal Teknik ITS*, 9(2), C86-C92.
- [12] Maryani, F., Purwanto, & K, A. H. (2015). Efektifitas Variasi Ketebalan Zeolit dan Pecahan Genteng dalam Menurunkan Kadar Fe Dan Mn Air Sumur Gali. *Sanitasi : Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 6(3), 101 – 107.
- [13] Musa, S., Ariff, N. A., Kadir, M. N. A., & Denan, F. (2016). Simplified Method for Groundwater Treatment Using Dilution and Ceramic Filter. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 136(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/136/1/012074>
- [14] Oesman, N. M., & Sugito. (2017). Penurunan Logam Besi dan Mangan Menggunakan Filtrasi Media Zeolit dan Manganese Greensand. *WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA*, 15(2), 57–69.
- [15] Peraturan Menteri Kesehatan No. 32/MENKES/PER/2017. Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua dan Pemandian Umum.
- [16] Poernomo, M. H., Razif, M., & Mansur, A. (2020, September). Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Metode Kombinasi Filtrasi dan Fitoremediasi (Studi Kasus Di Kelurahan Margorejo Surabaya). In *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan* (Vol. 1, No. 1, pp. 177-184).
- [17] Putro, B., Furqon, M. T., & Wijoyo, S. H. (2018). Prediksi Jumlah Kebutuhan Pemakaian Air Menggunakan Metode Exponential Smoothing (Studi Kasus : PDAM Kota Malang). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer (J-PTIIK) Universitas Brawijaya*, 2(11), 4679–4686.
- [18] Rasman, & Saleh, M. (2016). Penurunan Kadar Besi (Fe) Dengan Sistem Aerasi dan Filtrasi Pada Air Sumur Gali (Eksperimen). *HIGIENE: Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 2(3), 159–167. <http://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/higiene/article/view/1826>
- [19] Setiadi, I., & Yudo, S. (2019). Implementasi Unit Pengolah Air Minum untuk Menghilangkan Kadar Mangan (Mn) Tinggi Studi Kasus : Implementasi Pengolah Air Siap Minum di Pondok Pesantren Ummul Quro, Kabupaten Trenggalek. *Jurnal Air Indonesia*, 10(2), 90–96. <https://doi.org/10.29122/jai.v10i2.3764>
- [20] Sugiyono. 2011. *Metode Penelitian Kombinasi (Mixed Methods)*. Bandung: Alfabeta.
- [21] Sulianto, A. A., Aji, A. D. S., & Alkahi, M. F. (2020). Rancang Bangun Unit Filtrasi Air Tanah untuk Menurunkan Kekeruhan dan Kadar Mangan dengan Aliran Upflow. *Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 7(2), 72–80. <https://doi.org/10.21776/ub.jsal.2020.007.02.4>
- [22] Sunarsih, E., Faisya, A. F., Windusari, Y., Trisnaini, I., Arista, D., Septiawati, D., Ardila, Y., Purba, I. G., & Garmini, R. (2018). Analisis Paparan Kadmium, Besi, dan Mangan pada Air Terhadap Gangguan Kulit pada Masyarakat Desa Ibul Besar Kecamatan Indralaya Selatan Kabupaten Ogan Ilir. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 17(2), 68. <https://doi.org/10.14710/jkli.17.2.68-73>

- [23] Trigunarso, S. I., Mulyono, R. A., & Suprawihadi, R. (2019). Alat Pengolah Air Tanah Menjadi Air Bersih dengan Proses Kombinasi Aerasi-Filtrasi Upflow (Desain Rancang Bangun). *Jurnal Kesehatan*, 10(1), 53. <https://doi.org/10.26630/jk.v10i1.1174>
- [24] Vries, D., Bertelkamp, C., Schoonenberg Kegel, F., Hofs, B., Dusseldorp, J., Bruins, J. H., de Vet, W., & van den Akker, B. (2017). Iron and manganese removal: Recent advances in modelling treatment efficiency by rapid sand filtration. *Water Research*, 109, 35–45. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.11.032>
- [25] Widyastuti, S., & Sari, A. S. (2011). Kinerja Pengolahan Air Bersih Dengan Proses Filtrasi Dalam Mereduksi Kesadahan. WAKTU: *Jurnal Teknik UNIPA*, 9(1), 43–54. <https://doi.org/10.36456/waktu.v9i1.903>
- [26] Yuliani, Y., Hendrarini, L., & Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit Yogyakarta, B. (2019). Penyaringan dengan Variasi Media Filter untuk Menurunkan Mangan pada Air Sumur Gali. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 11(1), 26–33. <http://journalsanitasi.keslingjogja.net/index.php/sanitasi>
- [27] Yustika Kusumawardani, Y. K., & Astuti, W. (2018). Evaluasi Pengelolaan Sistem Penyediaan Air Bersih di PDAM Kota Madiun. *Neo Teknika*, 4(1). <https://doi.org/10.37760/neoteknika.v4i1.1061>



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)
