



Efektivitas Oksidator Kuat Kalium Permanganat (KMnO_4) dalam Proses Oksidasi Besi Terlarut (Fe^{2+}) dalam Air Tanah

Nindya Yusniartanti

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Nahdlatul Ulama Blitar Jawa Timur

Email Korespondensi: nindyayusniar@unublitar.ac.id

Diterima: 14 Februari 2023

Disetujui: 05 April 2023

Diterbitkan: 28 April 2023

Kata Kunci:

Kalium Permanganat, Tray Aerator, Air Tanah, Besi, Batu Kerikil

ABSTRAK

Sumber air baku di PDAM Kota Blitar diambil dari air tanah dalam (sumur bor) yang memiliki konsentrasi besi (Fe) terlarut mencapai 0,536 mg/L. Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan RI Nomor 907/MENKES/VII/2002 syarat maksimal kandungan besi (Fe) harus dibawah 0,3 mg/L. Penelitian dibatasi pada pembuatan unit aerasi (*tray aerator*) skala laboratorium, untuk mengoksidasi besi terlarut sehingga dapat diendapkan. Dalam penelitian dilakukan variasi jenis media kontak, jumlah *tray*, serta ada tidaknya penambahan KMnO_4 (kalium permanganat) pada media kontak. Efisiensi removal tertinggi diperoleh dari variasi jumlah *tray* 3 tingkat dengan jenis media kontak batu kerikil yang diaktivasi dengan KMnO_4 , memiliki efisiensi removal besi (Fe) sebesar 87,31%, mangan (Mn) sebesar 48,65%, dan 32,14% untuk removal zat organik. Adanya aktivasi KMnO_4 pada media kontak *tray*, meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses removal Fe, Mn dan zat organik dalam air tanah.

Received: 14 February 2023

Accepted: 05 April 2023

Published: 28 April 2023

Keywords:

Potassium Permanganate, Tray Aerator, Groundwater, Iron, Gravel

ABSTRACT

Raw water in PDAM's Blitar City taken from deep groundwater (bore wells). The groundwater consists high concentration of dissolved iron (Fe) amount of 0.536 mg/L. Based on the Decree of the Minister of Health of the Republic of Indonesia Number 907/MENKES/VII/2002 the maximum concentration of iron (Fe) must be below 0.3 mg/L. Research is limited to laboratory-scale aeration units (*tray aerators*) to oxidize dissolved iron so it can be precipitated. In this study, various types of contact media were carried out, including the number of trays and whether there was an addition of KMnO_4 (potassium permanganate) on the contact media. The highest removal efficiencies were obtained from the variation of 3-level trays with gravel contact media type activated with KMnO_4 , which had a removal efficiency of Fe of 87.31%, Mn of 48.65%, and 32.14% for organic matter. The addition of KMnO_4 on the contact media, especially for gravel media, the efficiency and effectiveness of the process of removing Fe, Mn, and organic matter in groundwater could be increased.

1. PENDAHULUAN

Kadar besi (Fe) yang tinggi pada air bersih dapat berakibat buruk bagi kesehatan masyarakat. Konsentrasi besi berlebih pada air yang diserap oleh tubuh dapat memicu terjadinya sirosis hati dan kerusakan pankreas (Wulandari & Djuhriah, 2021). Kandungan Fe yang tinggi dalam air juga dapat menyebabkan bakteri besi yang dalam kelompok besar dapat menyebabkan permasalahan pada sistem distribusi air minum. Dampak negatif keberadaan besi dalam air terhadap peralatan dan fasilitas yang digunakan oleh masyarakat, antara lain menyebabkan noda atau bercak kuning-kecoklatan pada wastafel, keramik kamar mandi, kloset, dan alat-alat sanitair lainnya, menimbulkan noda kecoklatan pada pakaian, serta menimbulkan bau dan rasa yang tidak enak (Agung

Rachmanto & Septiari Wibisono, 2021; Asmawati et al., 2022; Damayanti et al., 2020; Diansari, 2021; Priyono et al., 2022; Rivai & Hermanto, 2019; Sari, 2022).

Karena kondisi yang merugikan akibat logam besi ini, maka *Environmental Protection Agency* (EPA) menyarankan agar konsentrasi besi dalam air minum, tidak lebih dari 0,3 mg/L dan dalam air bersih tidak boleh lebih dari 1 mg/L. Segala air yang konsentrasi besinya lebih dari yang telah disarankan, harus dipertimbangkan untuk membuang atau mengurangnya. Sedangkan untuk kandungan mangan maksimum dalam air minum menurut EPA maksimum 0,05 mg/L (Qasim et al., 2000)

Sumber air baku di PDAM Kota Blitar berasal dari air tanah dalam yang secara fluktuatif memiliki kandungan besi-mangan melebihi standar maksimum yang ditetapkan.

Berdasarkan data sekunder yang diperoleh, kadar besi dalam air baku PDAM Kota Blitar memiliki konsentrasi besi (Fe) 0,53 mg/L dan mangan (Mn) 0,03 mg/L. Dengan adanya kandungan besi (Fe) terlarut yang melebihi standar maksimum yang ditentukan (0,3 mg/L), maka perlu dilakukan upaya pengendalian kualitas air, melalui proses aerasi bertingkat, dengan prinsip biaya serendah mungkin dengan hasil yang optimum.

Aerasi adalah proses pengolahan air dengan cara mengkontakkan air dengan udara. Aerasi secara luas telah digunakan untuk pengolahan air yang mempunyai kandungan jumlah besi dan mangan terlalu tinggi (Muntu & Mahawira, 2021).

Kalium permanganat dapat secara efektif mengoksidasi ion mangan (Mn^{2+}) dalam air dan mengurangi konsentrasinya. Keberadaan besi pada saat yang sama, akan memaksa kalium permanganat untuk mengoksidasi besi terlebih dahulu dengan laju oksidasi yang sangat cepat. Konsentrasi mangan akan meningkat, bahkan terkadang melebihi konsentrasi awalnya. Kalium permanganat akan mengoksidasi besi itu sendiri dan mengalami proses reduksi menjadi ion mangan divalen (Zhang et al., 2021).

Oksidasi kimiawi besi dengan kalium permanganat ($KMnO_4$) direkomendasikan bila terdapat juga senyawa mangan (II) dalam air tanah. Proses ini meningkatkan sifat adsorpsi dan katalitik oksida mangan yang mampu diendapkan. Reaksi oksidasi menghasilkan besi (III) hidroksida dan mangan (IV) oksida, yang bertindak sebagai katalis untuk oksidasi besi (II) dan mangan (II). Oksidasi katalitik dari ion-ion ini memungkinkan penggunaan dosis kalium (VII) permanganat secara lebih efisien (Krupińska, 2017).

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui efektivitas penambahan kalium permanganat ($KMnO_4$) pada media kontak *tray aerator* terhadap proses oksidasi besi (Fe^{2+}) dalam air tanah. Penelitian dibatasi pada pembuatan unit aerasi yaitu *tray aerator* dalam skala laboratorium, dengan sampel asli yang berasal dari sumur bor yang dimiliki oleh PDAM Kota Blitar.

Perhitungan efisiensi proses berkaitan dengan efektivitas penambahan oksidator kuat *potassium permanganate* ($KMnO_4$) dalam mereduksi konsentrasi besi terlarut (Fe^{2+}), mangan terlarut (Mn^{2+}) dan kandungan bahan organik dalam air tanah.

2. METODE

Penelitian dilakukan dengan menggunakan unit aerasi (*tray aerator*) skala laboratorium. Sampel penelitian merupakan sampel asli air baku yang berasal dari sumur bor PDAM Kota Blitar. Tahap selanjutnya adalah *running* unit aerasi (*tray aerator*) secara kontinyu, dan pengambilan sampel berdasarkan variasi penelitian yang telah ditentukan, baik pada *inlet* maupun *outlet tray aerator*. Sampling diambil untuk semua variabel penelitian, antara lain; (a) jenis media kontak (arang dan batu kerikil), (b) jumlah *tray* (2 *tray* dan 3 *tray*), dan (c) ada tidaknya penambahan $KMnO_4$ pada media kontak.

Sampel yang telah diambil selanjutnya dianalisis di laboratorium hingga diperoleh data hasil pengukuran untuk seluruh parameter dari masing-masing variabel penelitian. Parameter yang diukur adalah kadar Fe total, kadar Mn total,

zat organik (PV) total, kekeruhan, pH serta temperatur. Data penelitian dianalisis secara deskriptif, dibahas dan dikaji berdasarkan literatur, sehingga diperoleh simpulan dari kajian dan pembahasan data penelitian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengukuran Tiap Parameter Sampel pada Media *Tray* Tanpa Penambahan $KMnO_4$

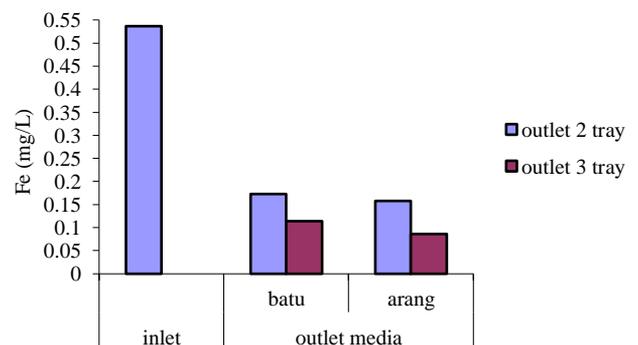
3.1.1 Removal Besi (Fe^{2+})

Dari Tabel 1 terlihat bahwa pada jumlah *tray* sebanyak 2 tingkat dengan jenis media kontak batu kerikil, dapat diketahui bahwa removal Fe^{2+} memiliki efisiensi penurunan sebesar 67,72% atau sebanding dengan 0,363 mg/L Fe, sedangkan pada media yang sama dengan jumlah *tray* yang berbeda yaitu 3 tingkat terjadi removal Fe^{2+} sebesar 78,73% atau sebanding dengan 0,422 mg/L Fe, yaitu mengalami kenaikan sebesar 22,76%.

Tabel 1. Data pengujian parameter Fe^{2+}

Jumlah <i>Tray</i>	Inlet (mg/L Fe^{2+})	Outlet media (mg/L Fe^{3+})	
		batu kerikil	arang
2 <i>tray</i>	0,536	0,173	0,158
3 <i>tray</i>		0,114	0,086

Dapat dibuktikan bahwa semakin lama air kontak dengan udara (oksigen), maka semakin maksimal proses aerasi yang terjadi, mengakibatkan tingginya tingkat removal besi (Fe^{2+}). Jarak antar *tray* pada unit *tray aerator* dan adanya media berupa batu kerikil dan arang memungkinkan air kontak dengan udara dalam kurun waktu tertentu dimana hal ini sangat berpengaruh terhadap jumlah oksigen terlarut (*dissolved oxygen/DO*) yang tertransfer ke dalam air, hal tersebut bersesuaian dengan hasil penelitian Hasim, (2018); Rivai & Hermanto, (2019); Damayanti et al. (2020); Wulandari & Djuhriah, (2021); Diansari, (2021); Asmawati et al., (2022); dan Priyono et al. (2022).



Gambar 1. Removal Fe pada media tanpa aktivasi $KMnO_4$

Berdasarkan Gambar 1 dapat diketahui bahwa dengan jenis media yang berbeda yaitu arang, akan menghasilkan removal Fe^{2+} yang berbeda pula. Pada jenis media ini removal Fe^{2+} mencapai 70,52% pada jumlah *tray* 2 tingkat atau sebanding

dengan 0,378 mg/L Fe, dan 83,96% pada jumlah tray sebanyak 3 tingkat atau sebanding dengan 0,45 mg/L Fe.

Pada jenis media kontak arang lebih memungkinkan besi (Fe^{2+}) yang terlarut mengalami proses oksidasi dan adsorpsi jika dibanding jenis media batu kerikil. Hal ini disebabkan karena media arang mampu menaikkan pH air menjadi lebih basa, yang sangat baik untuk mengendapkan besi (Fe^{2+}).

Selain itu media arang yang memiliki karakteristik menyerupai zeolit mempunyai permukaan yang terdiri dari banyak segi yang memungkinkan terjadinya peningkatan efisiensi pertukaran dan distribusi gas yang lebih besar. Bahkan memungkinkan menyerap banyak molekul dengan daya serap tinggi (Muntu & Mahawira, 2021; Agung Rachmanto & Septiari Wibisono, 2021). Arang yang mirip dengan zeolit memiliki pori penyerap yang lebih banyak. Pori-pori ini nantinya akan menyerap sejumlah logam besi melalui proses adsorpsi (Daud et al., 2022).

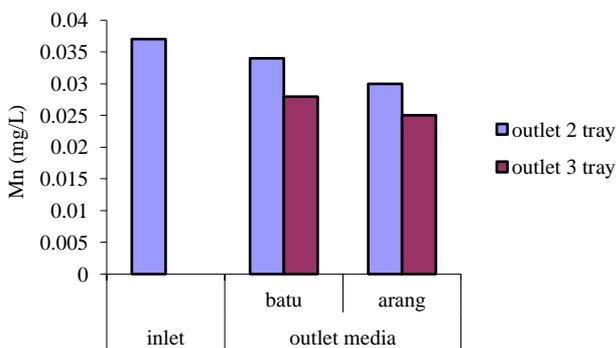
3.1.2 Removal Mangan (Mn^{2+})

Tabel 2. Data pengujian parameter Mn^{2+}

Jumlah Tray	Inlet (mg/L Mn^{2+})	Outlet media (mg/L Mn^{4+})	
		batu kerikil	arang
2 tray	0,037	0,034	0,030
3 tray		0,028	0,025

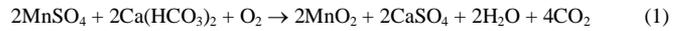
Berdasarkan Tabel 2 dan Gambar 2 dapat diketahui bahwa pada jumlah tray sebanyak 2 tingkat dengan jenis media kontak batu kerikil, dapat diketahui bahwa removal Mn^{2+} memiliki removal sebesar 8,11% atau sebanding dengan 0,003 mg/L Mn, sedangkan pada media yang sama dengan jumlah tray yang berbeda yaitu 3 tingkat terjadi removal Mn^{2+} sebesar 24,32% yang sebanding dengan 0,009 mg/L Mn, atau mengalami kenaikan sebesar 16,21%.

Sedangkan pada jenis media yang berbeda yaitu arang, menghasilkan removal Mn^{2+} sebesar 18,92% pada jumlah tray 2 tingkat atau sebanding dengan 0,007 mg/L Mn, dan 32,43% pada jumlah tray sebanyak 3 tingkat atau sebanding dengan 0,012 mg/L Mn.



Gambar 2. Removal Mn pada media tanpa penambahan $KMnO_4$

Mangan yang terlarut dalam air tanah berada dalam bentuk Mn^{2+} yang sangat tidak larut, apabila dioksidasi, maka mangan (Mn^{2+}) akan berubah menjadi Mn^{4+} yang dapat mengendap. Persamaan reaksi oksidasi mangan, sebagai berikut:



Berdasarkan reaksi di atas, terlihat adanya kesadahan air, yang ditunjukkan senyawa $Ca(HCO_3)_2$ dalam air tanah, dapat menyebabkan terjadinya pengendapan mangan (Mn^{2+}) yang lebih efektif, karena suasana air cenderung bersifat basa ($pH > 7$) yang ditimbulkan karena adanya unsur Ca^{2+} sebagai salah satu mineral pembentuk oksida basa. Selain itu selama proses aerasi terjadi peningkatan konsentrasi DO (*dissolved oxygen*), dimana nilai DO berbanding terbalik dengan kadar besi dan mangan. Semakin banyak oksigen terlarut dalam air, semakin banyak pula besi dan mangan terlarut yang teroksidasi menjadi endapan, sehingga kadar besi dan mangan terlarut menurun (Zulya et al., 2022).

3.1.3 Removal Zat Organik (PV)

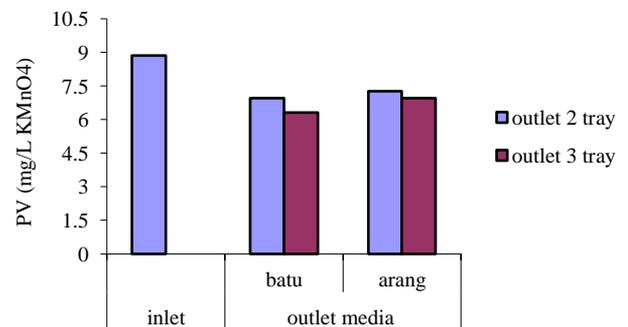
Tabel 3 memperlihatkan pada jumlah tray sebanyak 2 tingkat dengan jenis media kontak batu kerikil, diketahui removal zat organik mencapai 21,43% atau sebanding dengan 1,896 mg/L $KMnO_4$, sedangkan pada media yang sama dengan jumlah tray yang berbeda yaitu 3 tingkat terjadi removal zat organik sebesar 28,57% atau sebanding dengan 2,528 mg/L $KMnO_4$.

Tabel 3. Data pengujian parameter PV

Jumlah Tray	Inlet (mg/L $KMnO_4$)	Outlet media (mg/L $KMnO_4$)	
		batu kerikil	arang
2 tray	8,848	6,952	7,268
3 tray		6,320	6,952

Sedangkan pada jenis media kontak arang, diketahui bahwa dengan jumlah tray sebanyak 2 tingkat, menghasilkan efisiensi removal zat organik sebesar 17,86% atau sebanding dengan 1,58 mg/L $KMnO_4$ dan pada jumlah tray sebanyak 3 tingkat diperoleh efisiensi removal zat organik sebesar 21,43% atau sebanding dengan 1,896 mg/L $KMnO_4$.

Dalam air tanah biasanya Fe^{2+} berikatan dengan zat organik membentuk ikatan kompleks besi-organik yang sulit diendapkan walaupun telah melalui proses aerasi, hal inilah yang menyebabkan proses aerasi berlangsung kurang efektif (Benefield et al., 1982).



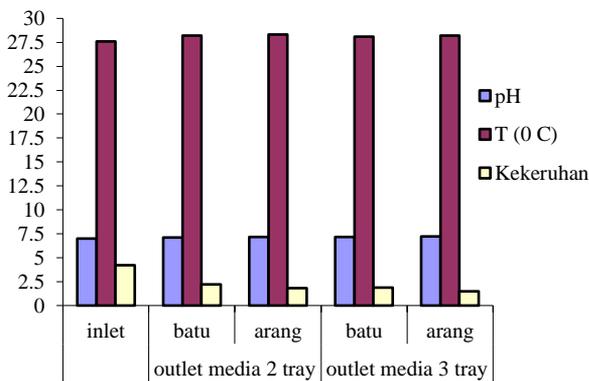
Gambar 3. Removal zat organik pada media tanpa penambahan $KMnO_4$

3.1.4 pH, Temperatur, dan Kekeruhan

Kondisi pH, temperatur dan kekeruhan disajikan dalam Tabel 5 dan Gambar 4 di bawah.

Tabel 4. Data pH, suhu, dan kekeruhan

Keterangan		pH	Suhu (°C)	Kekeruhan
inlet		6,98	27,6	4,2
outlet 2 tray	media batu kerikil	7,11	28,2	2,2
	media arang	7,19	28,3	1,8
outlet 3 tray	media batu kerikil	7,14	28,1	1,9
	media arang	7,21	28,2	1,5



Gambar 4. pH, suhu, dan kekeruhan pada media tanpa penambahan $KMnO_4$

Berdasarkan Tabel 4, diketahui bahwa media arang memiliki kecenderungan nilai pH lebih tinggi bila dibandingkan media kontak batu kerikil. Menurut Qasim et al., (2000), besi akan teroksidasi dan mengendap pada pH yang tinggi (basa). Hal inilah yang menyebabkan efisiensi proses oksidasi besi dan mangan berjalan lebih efektif pada media kontak jenis arang ($pH > 7$), dibandingkan media batu kerikil, pada media tanpa adanya penambahan $KMnO_4$.

Gambar 4 memperlihatkan bahwa mulai awal proses (inlet) hingga akhir proses (outlet) aerasi, nilai suhu/temperatur cenderung konstan (tidak mengalami peningkatan yang signifikan). Sedangkan nilai kekeruhan terus menurun diakibatkan proses adsorpsi-filtrasi yang terjadi pada media kontak tray aerator.

3.2 Pengukuran Tiap Parameter Sampel pada Media Tray Dengan Penambahan $KMnO_4$

3.2.1 Removal Besi (Fe^{2+})

Pada tahap kedua dari penelitian, ini media kontak tray (pasir dan kerikil) diaktivasi terlebih dahulu dengan larutan $KMnO_4$ 0,01 N selama 24 jam (1hari), kemudian media dikeringkan hingga benar-benar kering (di bawah sinar matahari), baru setelahnya siap untuk digunakan sebagai media kontak pada tray aerator.

Tabel 5 memperlihatkan bahwa pada jumlah tray sebanyak 2 tingkat dengan jenis media kontak batu kerikil, dapat diketahui penyisihan Fe^{2+} memiliki efisiensi removal sebesar

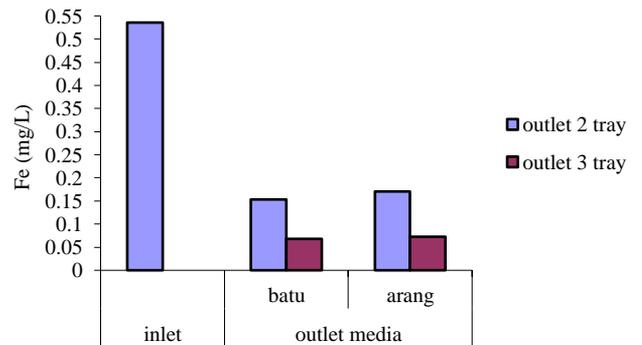
71,46% atau sebanding dengan 0,383 mg/L Fe, sedangkan pada media yang sama dengan jumlah tray yang berbeda yaitu 3 tingkat terjadi removal Fe^{2+} sebesar 87,31% atau sebanding dengan 0,468 mg/L Fe.

Tabel 5. Data pengujian parameter Fe^{2+} dengan penambahan $KMnO_4$ pada media kontak tray

Jumlah Tray	Inlet (mg/L Fe^{2+})	Outlet media (mg/L Fe^{3+})	
		batu kerikil	arang
2 tray	0,536	0,153	0,171
3 tray		0,068	0,073

Berdasarkan Gambar 5 diketahui bahwa dengan jenis media yang berbeda yaitu arang, menghasilkan removal Fe^{2+} yang berbeda pula. Pada jenis media ini, penyisihan Fe^{2+} hanya sebesar 68,10% pada jumlah tray 2 tingkat atau sebanding dengan 0,365 mg/L Fe, dan 86,38% pada jumlah tray sebanyak 3 tingkat atau sebanding dengan 0,463 mg/L Fe.

Pada media yang diaktivasi $KMnO_4$, jenis media batu kerikil memiliki efektivitas penyisihan besi (Fe^{2+}) lebih tinggi jika dibandingkan media jenis arang. Adanya penambahan $KMnO_4$ pada media kontak tray aerator (khususnya media batu kerikil), meningkatkan efisiensi proses removal Fe^{2+} terlarut dalam air tanah, sebesar 8,58%. Hal tersebut sesuai dengan sifat $KMnO_4$ yang merupakan salah satu oksidator kuat, sehingga mampu efektif mengoksidasi ion Fe^{2+} menjadi Fe^{3+} yang dapat mengendap (Krupińska, 2017; Elsheikh et al., 2018; Zhang et al., 2021).



Gambar 5. Removal Fe^{2+} pada media dengan $KMnO_4$

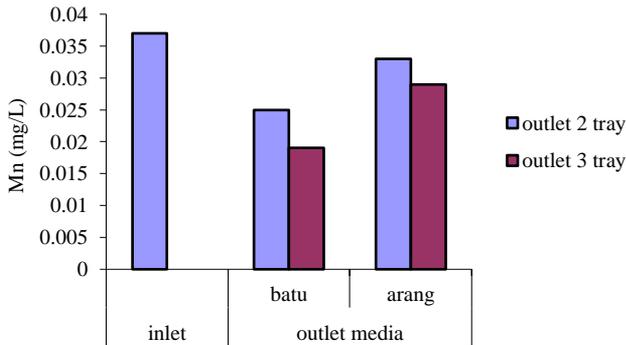
3.2.2 Removal Mangan (Mn^{2+})

Tabel 6 menunjukkan bahwa pada jumlah tray 2 tingkat dan jenis media batu kerikil, diketahui bahwa nilai removal Mn^{2+} sebesar 32,42% atau sebanding dengan 0,012 mg/L Mn, sedangkan pada media kontak yang sama dengan jumlah tray yang berbeda yaitu 3 tingkat terjadi removal Mn^{2+} sebesar 48,65% atau sebanding dengan 0,018 mg/L Mn.

Pada jenis media yang berbeda yaitu arang, dihasilkan efisiensi removal Mn^{2+} yang berbeda pula, yaitu sebesar 10,81% pada jumlah tray 2 tingkat atau sebanding dengan 0,004 mg/L Mn, dan 21,62% pada jumlah tray sebanyak 3 tingkat atau sebanding dengan 0,008 mg/L Mn, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.

Tabel 6. Data pengujian parameter Mn^{2+} dengan penambahan $KMnO_4$ pada media tray

Jumlah Tray	Inlet (mg/L Mn^{2+})	Outlet media (mg/L Mn^{4+})	
		batu kerikil	arang
2 tray	0,037	0,025	0,033
3 tray		0,019	0,029



Gambar 6. Removal Mn^{2+} pada media dengan $KMnO_4$

Secara umum proses removal Mn^{2+} memiliki nilai efisiensi lebih rendah jika dibandingkan tingkat efisiensi proses removal besi (Fe^{2+}). Penelitian Zhang et al., (2021), menjelaskan jika besi dan mangan berada pada saat bersamaan dengan $KMnO_4$, maka kalium permanganat akan cenderung mengoksidasi besi terlebih dahulu dengan laju oksidasi yang sangat cepat. Penyisihan Mn^{2+} pada media yang diaktivasi $KMnO_4$ memiliki efisiensi proses lebih rendah jika dibandingkan pada media yang tidak diaktivasi oleh $KMnO_4$. Pada media yang diaktivasi $KMnO_4$, besi akan teroksidasi oleh $KMnO_4$, membentuk ion mangan divalen (hasil reduksi), dan berakibat pada konsentrasi mangan (Mn^{2+}) yang meningkat, bahkan terkadang melebihi konsentrasi awalnya (Zhang et al., 2021).

3.2.3 Removal Zat Organik (PV)

Tabel 7 memperlihatkan bahwa pada jumlah tray sebanyak 2 tingkat dengan jenis media kontak batu kerikil, memiliki efisiensi removal zat organik sebesar 7,14% atau sebanding dengan 0,632 mg/L $KMnO_4$, sedangkan pada media kontak yang sama dengan jumlah tray yang berbeda yaitu 3 tingkat terjadi removal zat organik sebesar 32,14% atau sebanding dengan 2,844 mg/L $KMnO_4$.

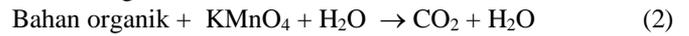
Tabel 7. Data pengujian parameter PV dengan penambahan $KMnO_4$ pada media tray

Jumlah Tray	Inlet (mg/L $KMnO_4$)	Outlet media (mg/L $KMnO_4$)	
		batu kerikil	arang
2 tray	8,848	8,216	8,216
3 tray		6,004	6,636

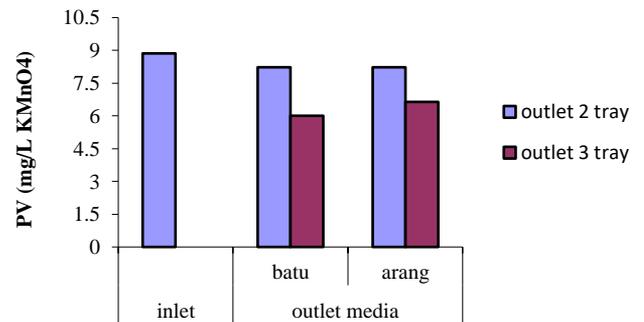
Berdasarkan Gambar 7 diketahui bahwa pada jenis media kontak arang, dengan jumlah tray sebanyak 2 tingkat memiliki efisiensi removal zat organik sebesar 7,14% atau sebanding dengan 0,632 mg/L $KMnO_4$ dan pada jumlah tray sebanyak 3

tingkat diperoleh efisiensi removal zat organik sebesar 25% atau sebanding dengan 2,212 mg/L $KMnO_4$, atau mengalami kenaikan sebesar 17,86%.

Dengan adanya penambahan $KMnO_4$ maka proses oksidasi akan berjalan lebih maksimal. $KMnO_4$ mampu mengoksidasi besi-organik kompleks, yang sulit untuk diendapkan hanya dengan melalui proses aerasi saja. Persamaan reaksi oksidasi dari zat organik oleh $KMnO_4$:



Dari reaksi di atas dapat diketahui bahwa $KMnO_4$ dapat mengoksidasi zat organik tanpa menimbulkan senyawa trihalomethan yang sangat toksik dan berbahaya bagi kesehatan manusia (Qasim et al., 2000).



Gambar 7. Removal PV pada media dengan penambahan $KMnO_4$

3.4.3 pH, Temperatur, dan Kekeruhan

Kondisi pH, temperatur dan kekeruhan disajikan dalam Tabel 8, berdasarkan tabel tersebut dapat diketahui bahwa pH pada media dengan penambahan $KMnO_4$, untuk jenis media kontak batu kerikil mempunyai kecenderungan nilai pH yang lebih rendah bila dibandingkan dengan pH pada media kontak arang.

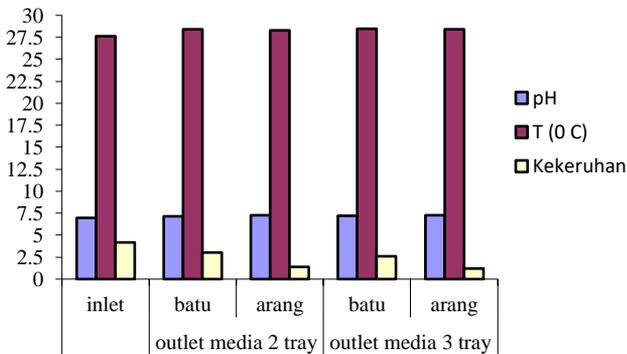
Tabel 8. Data pH, suhu dan kekeruhan pada media dengan penambahan $KMnO_4$

Keterangan	pH	Suhu ($^{\circ}C$)	Kekeruhan	
inlet	6,98	27,6	4,2	
oulet 2 tray	media batu kerikil	7,13	28,4	3,0
	media arang	7,24	28,3	1,4
oulet 3 tray	media batu kerikil	7,19	28,5	2,6
	media arang	7,28	28,4	1,2

Reaksi oksidasi besi akan berjalan efektif pada rentang pH lebih dari 7,5 atau lebih baik pada pH 8 selama kurang dari 15 menit. Tingkatan pH merupakan salah satu faktor penting dalam reaksi oksidasi besi dan mangan, dimana semakin tinggi pH, maka semakin tinggi pula efisiensi removalnya (Qasim et al., 2000).

Jika dibandingkan hasil pengukuran nilai pH pada media tray, tanpa atau dengan adanya penambahan potassium permanganat (Tabel 4 dan Tabel 8), maka secara keseluruhan diketahui bahwa dengan adanya penambahan $KMnO_4$ 0,01 N dapat membuat suasana larutan cenderung bersifat basa (menaikkan nilai pH larutan), sehingga sangat efektif dalam

menurunkan konsentrasi besi (Fe^{2+}), mangan (Mn^{2+}), dan zat organik pada air tanah.



Gambar 8. pH, suhu, dan kekeruhan pada media dengan penambahan KMnO_4

Berdasarkan Gambar 8 diketahui bahwa suhu/temperatur menggambarkan kondisi yang relatif konstan mulai awal proses (inlet) hingga akhir proses (outlet) aerasi. Dalam proses aerasi tingkatan nilai suhu sangat berpengaruh terhadap konsentrasi oksigen jenuh (*dissolved oxygen/DO*) yang terdapat dalam air, semakin tinggi tingkatan suhu, maka tingkat kelarutan oksigen akan semakin kecil (Reynolds & Richards, 1996). Nilai DO mempengaruhi kadar besi dan mangan, dimana semakin tinggi nilai DO semakin tinggi efisiensi penurunan besi dan mangan. Hal tersebut dikarenakan semakin tinggi kandungan oksigen, semakin maksimal reaksi oksidasi yang merubah kandungan besi dan mangan terlarut menjadi padatan terendapkan (Zulya et al., 2022). Menjaga konsistensi tingkatan nilai suhu merupakan bagian penting dalam menjaga efektifitas proses oksidasi besi, mangan dan zat organik dalam air tanah.

4. SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, dapat ditarik simpulan bahwa efisiensi proses tertinggi diperoleh dari variasi penelitian, yaitu jenis media kontak batu kerikil yang diaktivasi dengan KMnO_4 , pada jumlah tray 3 tingkat, memiliki removal besi (Fe^{2+}) sebesar 87,31%, removal mangan (Mn^{2+}) sebesar 48,65%, dan removal zat organik sebesar 32,14%.

Adanya aktivasi kalium permanganat (KMnO_4) pada media kontak (batu kerikil) meningkatkan efisiensi proses oksidasi dalam penyisihan konsentrasi besi (Fe^{2+}) terlarut sebesar 8,58%, kandungan mangan (Mn^{2+}) sebesar 24,33%, dan zat organik (PV) sebesar 3,57%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada semua pihak yang telah terlibat dan mendukung sepenuhnya setiap tahapan dalam penelitian, sehingga penelitian dapat terlaksana dengan baik dan lancar. Hasil penelitian diharapkan dapat bermanfaat bagi semua pihak dan berguna bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung Rachmanto, T., & Septiari Wibisono, F. (2021). Kombinasi Cascade Aerator dan Asorpsi Zeolite Dalam Menurunkan Kadar Besi (Fe) Terlarut di Air Sumur. *EnviroUS*, 2(1), 1–8. <https://doi.org/10.33005/enviroUS.v2i1.51>
- Asmawati, I., Nuryani, D. D., Aryastuti, N., & Yunita, D. (2022). Efektifitas Metode Aerasi Dalam Menurunkan Kadar Besi Pada Air Tanah di Desa Sidorejo Kecamatan Sidomulyo Tahun 2022. 2(2).
- Benefield, L. D., Judkins, J. F., & Weand, B. L. (1982). *Process Chemistry for Water and Wastewater Treatment*. Prentice-Hall. <https://books.google.co.id/books?id=HwFSAAAAMAAJ>
- Damayanti, A., Salsabila, N. D., & Sugiharto, A. (2020). Efektivitas Penurunan Kandungan Besi (Fe) Dalam Air Tanah Menggunakan Reaktor Gelembung.
- Daud, S., Fitriana, D., & Rosna, S. A. (2022). Koefisien Transfer Gas (KLa) Cascade Aerator Berzeolit Pada Penyisihan Besi (Fe) Dari Air Gambut Terhadap Waktu Kontak dan Ukuran Partikel Zeolit.
- Diansari, U. (2021). Perbandingan Efisiensi Cascade Aerator dan Bubble Aerator Dalam Menurunkan Kadar Besi Air Sumur Bor. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 10(1), 011. <https://doi.org/10.26418/jtlb.v10i1.48539>
- Elsheikh, M., Guirguis, H., & Fathy, A. (2018). Removal of iron and manganese from groundwater: A study of using potassium permanganate and sedimentation. *MATEC Web of Conferences*, 162, 05018. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201816205018>
- Hasim, A. H. (2018). Effectiveness of multiple tray-aerators in reducing Iron (Fe) water wells in Gowa Regency, Indonesia. 24(1), 22–25.
- Kawamura, S. (2000). *Integrated Design and Operation of Water Treatment Facilities*. John Wiley & Sons.
- Krupińska, I. (2017). The Impact of Potassium Manganate (VII) on the Effectiveness of Coagulation in the Removal of Iron and Manganese from Groundwater with an Increased Content of Organic Substances. *Civil and Environmental Engineering Reports*, 27(4), 29–41. <https://doi.org/10.1515/ceer-2017-0048>
- McGhee, T. J., & Steel, E. W. (2007). *Water Supply and Sewerage* (6th edition (May 1, 2007)). McGraw-Hill Publishing. <https://www.amazon.com/Supply-Sewerage-Terence-Lafayette-College/dp/0071008233>
- Muntu, R., & Mahawira, I. (2021). Kemampuan Tray Aerator Filter Zeolit Dalam Menurunkan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) Pada Air Bersih. *Sulolipu: Media Komunikasi Sivitas Akademika dan Masyarakat*, 21(1), 172. <https://doi.org/10.32382/sulolipu.v21i1.2088>
- Priyono, W., Utomo, K. P., & Kadaria, U. (2022). Efektivitas Penurunan Kadar Besi Dari Air Sumur Bor Menggunakan Packed Tower Aerator. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 10(2), 194. <https://doi.org/10.26418/jtlb.v10i2.56336>

- Qasim, S. R., Motley, E. M., & Zhu, G. (2000). *Water Works Engineering: Planning, Design, and Operation*. Prentice Hall PTR.
- Reynolds, T. D., & Richards, P. A. (1996). *Unit operations and processes in environmental engineering* (2nd ed). PWS Pub. Co.
- Rivai, A., & Hermanto, A. (2019). Efektivitas Metode Cascade Aerasi dan Kombinasi Filtrasi Dalam Menurunkan Kadar Besi (Fe) Pada Air Sumur Gali. *Sulolipu: Media Komunikasi Sivitas Akademika dan Masyarakat*, 17(1), 89. <https://doi.org/10.32382/sulolipu.v18i1.724>
- Sari, Y. (2022). Reduction of Fe Levels in Groundwater Using Aeration-Filtration Method with Tray Aerator System. *ALKIMIA : Jurnal Ilmu Kimia Dan Terapan*, 5(1), 110–115. <https://doi.org/10.19109/alkimia.v5i1.8843>
- Wulandari, S., & Djuhriah, N. (2021). Efektivitas Multiple Platform Aerator Terhadap Penurunan Kadar Besi (Fe) Pada Air Bersih di PT.X. 2(2).
- Zhang, Y., Dong, H., Yan, P., & Zheng, X. (2021). Research on removal of manganese in drinking water by potassium permanganate. *E3S Web of Conferences*, 260, 01025. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126001025>
- Zulya, F., Adnan, F., Dewi, Y. P., Nugroho, S., Manik, I. M., Tirana, Y., & Rahni, R. (2022). Perancangan Cascade Aerator Untuk Menurunkan Parameter Besi dan Mangan Dalam Pengolahan Air Sumur. 6(2).