

Pengaruh Perbedaan Diameter Lubang pada Tray Aerator Terhadap Penurunan Fe dan Mn pada Air Sumur dengan Media Karbon Aktif

Namira, Euis Nurul Hidayah

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Surabaya
Koresponden email: 20034010026@student.upnjatim.ac.id, euisnh.tl@upnjatim.ac.id

Diterima: 19 November 2024

Disetujui: 27 Desember 2024

Abstract

Polluted groundwater can be treated using tray aerator technology, particularly to reduce the concentration of iron (Fe) and manganese (Mn) in well water, especially in the Jombang area. This technology uses oxidation by introducing air through a tray aerator, which has variations in hole diameter and distance between trays. The study focused on the effect of variations in tray hole diameter (0.4 cm, 0.5 cm, 0.6 cm) and contact time on improving water quality. Activated carbon was also added as a medium to help adsorb pollutants. The results showed that tray aerators with the right diameter and spacing can significantly reduce Fe and Mn levels to meet drinking water quality standards according to government regulations. Parameters such as dissolved oxygen (DO), pH, temperature and Fe and Mn concentrations were measured periodically to evaluate the effectiveness of the aerator. This study is an important contribution to the development of more efficient and environmentally friendly water treatment technology.

Keywords: *tray aerator, fe, mn, oxidation, activated carbon, water quality, well water treatment*

Abstrak

Air tanah yang tercemar dapat di atasi dengan penggunaan teknologi tray aerator terkhususnya untuk menurunkan konsentrasi besi (Fe) dan mangan (Mn) dalam air sumur, terutama pada daerah Jombang. Teknologi ini memanfaatkan oksidasi dengan cara memperkenalkan udara melalui tray aerator yang memiliki variasi diameter lubang dan jarak antar tray. Penelitian berfokus pada pengaruh variasi diameter lubang tray (0,4 cm, 0,5 cm, 0,6 cm) dan waktu kontak dalam meningkatkan kualitas air. Selain itu, karbon aktif ditambahkan sebagai media untuk membantu mengadsorpsi polutan. Hasilnya menunjukkan bahwa tray aerator dengan diameter dan jarak yang telah ditentukan dapat secara signifikan menurunkan kadar Fe dan Mn hingga memenuhi standar baku mutu air minum sesuai dengan peraturan pemerintah. Parameter seperti dissolved oxygen (DO), pH, suhu, dan konsentrasi Fe dan Mn diukur secara berkala untuk mengevaluasi efektivitas aerator. Penelitian ini dapat memberikan peran serta yang cukup penting dalam pengembangan teknologi pengolahan air yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

Kata Kunci: *tray aerator, fe, mn, oksidasi, karbon aktif, kualitas air, pengolahan air sumur*

1. Pendahuluan

Air tanah merupakan salah satu sumber utama air bersih yang digunakan oleh masyarakat Desa Sengon, Kabupaten Jombang, khususnya untuk kebutuhan sehari-hari seperti mandi, mencuci, hingga konsumsi. Namun, kualitas air tanah di wilayah ini sering kali kurang memenuhi standar air bersih akibat tingginya kandungan logam terlarut seperti besi (Fe) dan mangan (Mn)[14]. Kedua unsur ini dapat terlarut secara alami dalam air tanah akibat proses geologis di bawah permukaan tanah, di mana air bersentuhan dengan bebatuan atau mineral yang mengandung besi dan mangan. Akumulasi unsur-unsur ini dalam air tanah tidak hanya berdampak negatif terhadap kualitas fisik dan kimiawi air, seperti perubahan warna menjadi kekuningan atau kecoklatan dan timbulnya rasa serta bau yang tidak sedap, tetapi juga dapat menyebabkan endapan pada pipa, keran, dan peralatan rumah tangga lainnya.

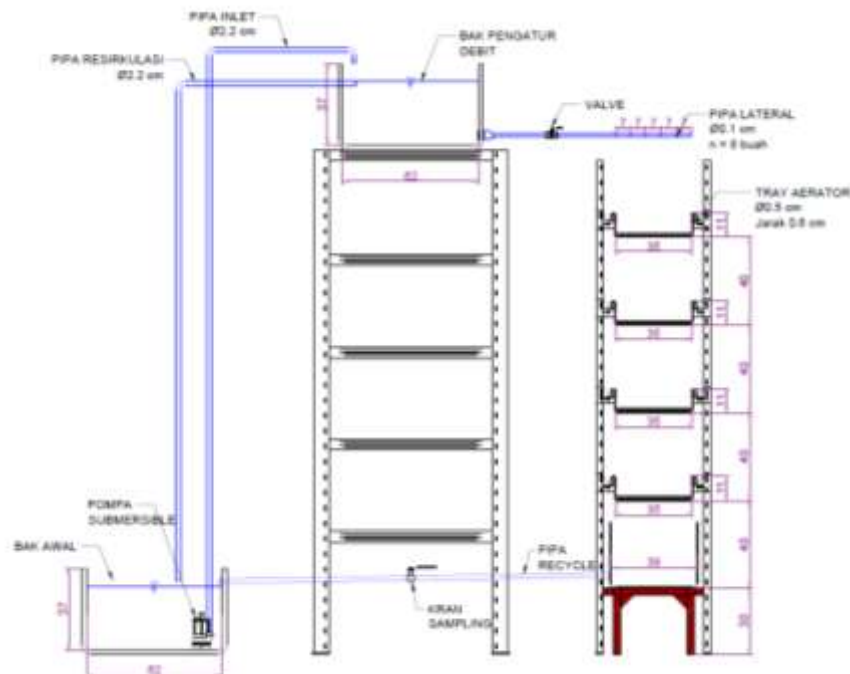
Lebih jauh lagi, konsumsi air yang mengandung besi dan mangan dalam jangka waktu lama berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan, antara lain gangguan pencernaan, kerusakan hati, dan pada kondisi tertentu bahkan berisiko mempengaruhi sistem saraf [3]. Oleh karena itu, upaya pengolahan air yang dapat secara efektif menurunkan kadar besi dan mangan menjadi sangat penting agar masyarakat dapat memperoleh air bersih yang aman dan sesuai standar kualitas.

Pengolahan air tanah untuk menurunkan kandungan besi dan mangan dapat dilakukan melalui berbagai metode, salah satunya adalah teknik aerasi menggunakan *tray aerator*. Teknologi *tray aerator*

merupakan salah satu metode yang sering digunakan karena prosesnya relatif sederhana, tidak memerlukan bahan kimia tambahan, dan dapat diterapkan dengan biaya yang lebih terjangkau. Prinsip kerja *tray aerator* adalah memanfaatkan oksidasi, yaitu proses di mana ion-ion besi dan mangan yang ada dalam air terlarut akan teroksidasi saat bersentuhan dengan oksigen di udara [7]. Dalam rancangan ini, air tanah yang diolah akan dipaksa mengalir melalui beberapa tingkatan (*tray*) sehingga memperbesar luas permukaan kontak antara air dan oksigen. Melalui proses ini, besi dan mangan terlarut mengalami oksidasi menjadi bentuk padatan (oksida) yang kemudian dapat diendapkan dan disaring, sehingga menghasilkan air yang lebih bersih [1]. Dengan begitu, *tray aerator* menawarkan solusi efektif untuk menghilangkan kandungan besi dan mangan dengan memanfaatkan oksigen alami yang terdapat di udara.

2. Metode Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan penelitian eksperimental yang diharapkan bisa mengurangi persenan jumlah parameter yang mencemari dan berada di dalam air sumur. Pengambilan sampel dilakukan di Desa Sengon, Kabupaten Jombang, Jawa Timur. Pengolahan air dilakukan dengan menggunakan proses aerasi dengan bantuan reaktor yaitu tray aerator dengan penambahan media adsorben yaitu karbon aktif [13]. Penelitian ini dilakukan dengan menambahkan variasi terhadap diameter lubang pada tray-nya yaitu 0,4cm ;0,5 cm; dan 0,6 cm. Jarak antar tray yang digunakan telah ditetapkan yaitu dengan jarak 40 cm.



Gambar 1. Reaktor Tray Aerator
 Sumber : Data Penelitian, 2024

Reaktor yang digunakan tersusun dari beberapa bagian yang pertama yaitu Bak penampung awal yang berfungsi untuk menampung air baku yang akan diteliti, pada bak penampung awal ini air baku akan dialirkan ke bak kedua yaitu bak pengatur debit dengan menggunakan pompa, setelah itu air baku yang akan diolah disebarkan melalui pipa lateral menuju tray aerator yang telah berisi media dengan pengaturan debit yang dilakukan dengan valve. Air baku pun diproses hingga turun pada bak pengumpul akhir. Proses pengolahan air dilakukan secara batch dengan pengaliran air secara recycle. Pengambilan Sampling dilakukan pada 0 menit, 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit dan 150 menit untuk melihat penurunan kadar Fe dan Mn pada air baku. Selain itu pengukuran oksigen terlarut (DO) juga dilakukan saat proses aerasi berlangsung [2]. Data yang dihasilkan kemudian dianalisa untuk mendapatkan variasi diameter lubang paling efektif terhadap penurunan Fe dan Mn pada air sumur

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisis Data Oksigen Terlarut (DO)

Hasil dari penelitian data Oksigen Terlarut pada air sumur dapat dilihat pada **Tabel 2** berikut ini.

Tabel 1. Hasil Oksigen Terlarut

Waktu Sampling (Menit)	Variasi Diameter Lubang Tray		
	0,4 cm	0,5 cm	0,6 cm
0	7,3	7,1	7,4
30	11,4	8,4	11,3
60	12	9,1	11,5
90	12,8	9,7	11,7
120	12,1	10,9	11,8
150	11,6	12,7	11,8

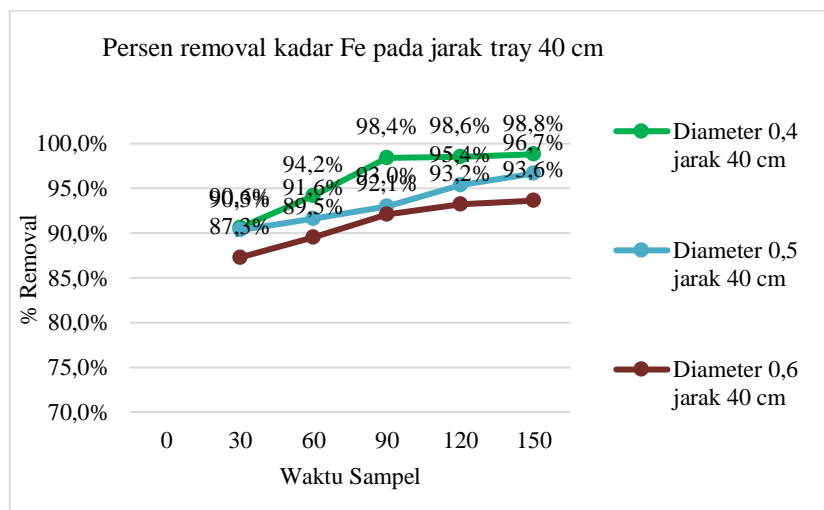
Tabel 1 menunjukkan bahwa diameter lubang tray aerator memengaruhi efisiensi peningkatan oksigen terlarut (DO)[15]. Pada diameter 0,4 cm, DO meningkat cepat hingga puncaknya pada menit ke-90 (12,8 mg/L) namun menurun setelahnya, kemungkinan karena konsumsi oksigen oleh reaksi oksidasi Fe dan Mn. Diameter 0,5 cm menunjukkan peningkatan DO yang lebih lambat tetapi stabil, mencapai puncak tertinggi (12,7 mg/L) pada menit ke-150, mencerminkan suplai oksigen yang konsisten. Sementara itu, diameter 0,6 cm menghasilkan kenaikan DO yang cepat awalnya, tetapi puncaknya lebih rendah (11,8 mg/L) pada menit ke-120 dan stabil setelahnya, menunjukkan efisiensi aerasi yang lebih rendah akibat turbulensi yang kurang efektif. Diameter 0,4 cm unggul untuk peningkatan cepat, tetapi diameter 0,5 cm memberikan stabilitas terbaik di akhir proses.

3.2 Analisis Data Penurunan Kadar Fe

Hasil dari penelitian penurunan kadar Fe terlarut pada air sumur dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini.

Table 2. Penurunan Kadar Fe

Waktu Sampling (Menit)	Variasi Diameter Lubang Tray		
	0,4 cm	0,5 cm	0,6 cm
0	1,69	0,703	0,689
30	0,381	0,0679	0,0876
60	0,333	0,0591	0,0721
90	0,216	0,0495	0,0543
120	0,215	0,0327	0,0466
150	0,241	0,0234	0,0439



Gambar 2. Pengaruh diameter lubang tray terhadap penurunan Fe
Sumber : Data Penelitian

Pada diameter 0,4 cm, pengukuran menunjukkan bahwa persentase removal zat yang diobservasi meningkat secara signifikan dari awal yang sudah tinggi, yaitu sekitar 90%, hingga hampir mencapai angka 100% pada waktu 90 menit. Peningkatan yang cepat ini mengindikasikan efisiensi yang sangat baik dalam proses penghilangan zat, mungkin disebabkan oleh kombinasi antara luas permukaan yang lebih besar dan mekanisme difusi yang lebih efektif pada diameter yang lebih kecil, hal ini dikarenakan pada diameter kecil Membuat air yang melewati tray terbagi menjadi aliran yang lebih kecil. Aliran yang lebih kecil ini

meningkatkan luas permukaan air yang bersentuhan dengan udara, sehingga oksigenasi meningkat [4]. Dengan kata lain, partikel dengan diameter 0,4 cm memberikan area kontak yang lebih luas bagi zat terlarut, sehingga memungkinkan reaksi penghilangan berlangsung dengan lebih cepat dan efisien. Setelah mencapai hampir 100% pada 90 menit, persentase removal tetap stabil hingga waktu 150 menit, yang menunjukkan bahwa sistem telah mencapai keseimbangan optimal. Stabilitas ini penting karena menandakan bahwa laju removal tidak hanya cepat, tetapi juga konsisten, memberikan kepercayaan bahwa proses ini dapat diandalkan untuk aplikasi praktis dalam pengolahan air atau penghilangan polutan. maksimum dalam waktu yang lebih singkat karena pada diameter kecil.

Di sisi lain, sampel dengan diameter 0,5 cm menunjukkan pola yang berbeda. Meskipun dimulai dengan persentase removal yang sama sekitar 90%, peningkatan yang terjadi berlangsung lebih bertahap dan berkelanjutan, mencapai sekitar 96% pada akhir waktu pengamatan. Peningkatan yang lebih lambat ini mungkin disebabkan oleh faktor-faktor seperti jarak difusi yang lebih jauh dan karakteristik permukaan yang berbeda dibandingkan dengan diameter yang lebih kecil[8]. Namun, hasil yang dicapai tetap menunjukkan efisiensi yang baik, meskipun tidak secepat diameter 0,4 cm. Pendekatan ini memberikan pandangan bahwa diameter yang lebih besar mungkin lebih stabil dalam proses removal, meskipun dengan waktu yang lebih lama untuk mencapai nilai maksimum.

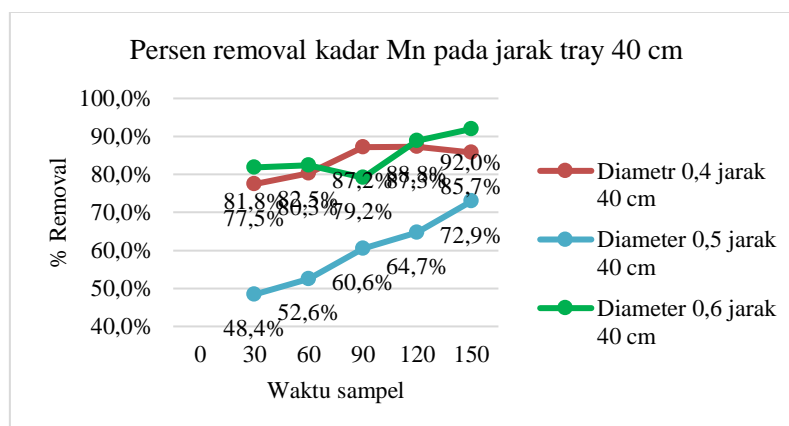
Sementara itu, pada diameter 0,6 cm, persentase removal di awal pengamatan tercatat lebih rendah, yaitu sekitar 85%. Meskipun meningkat secara perlahan hingga mencapai sekitar 94% pada akhir pengambilan sampel, laju peningkatannya tidak secepat yang terlihat pada diameter yang lebih kecil. Peningkatan ini menunjukkan bahwa diameter yang lebih besar dapat mengakibatkan interaksi yang lebih kompleks antar partikel, yang mungkin memperlambat proses difusi dan reaksi penghilangan. Dengan kata lain, meskipun ada potensi untuk penghilangan zat yang lebih tinggi, efisiensi pada diameter 0,6 cm mengalami tantangan dalam mencapai hasil yang optimal dalam waktu yang lebih singkat. Secara keseluruhan, analisis ini menyoroti bahwa diameter yang lebih kecil, seperti 0,4 cm, memiliki persentase removal tertinggi dan mampu mencapai efisiensi maksimum dalam waktu yang lebih cepat. Sebaliknya, diameter 0,6 cm meskipun memiliki persentase removal terendah di awal, menunjukkan kemampuan untuk meningkat secara stabil seiring waktu.

3.3 Analisis Data penurunan Kadar Mn

Hasil dari penelitian penurunan kadar Mn terlarut pada air sumur dapat dilihat pada **Tabel 3** berikut ini.

Tabel 3. Penurunan Kadar Mn

Waktu Sampling (Menit)	Variasi Diameter Lubang Tray		
	0,4 cm	0,5 cm	0,6 cm
0	1,69	1,57	1,78
30	0,381	0,81	0,0324
60	0,333	0,745	0,0312
90	0,216	0,619	0,0371
120	0,215	0,555	0,0199
150	0,241	0,425	0,0143



Gambar 3. Pengaruh diameter lubang tray terhadap penurunan Fe
Sumber : Data Penelitian

Diameter 0,4 cm menunjukkan peningkatan persentase pengurangan kadar mangan (Mn) yang cukup signifikan pada awal proses aerasi, menunjukkan bahwa ukuran partikel yang lebih kecil ini memberikan respons yang cepat dan efisien terhadap kontaminan yang terlarut. Hal ini dapat dijelaskan oleh fakta bahwa diameter yang lebih kecil memiliki luas permukaan yang relatif lebih besar per unit volume, yang meningkatkan kemungkinan interaksi antara ion Mn yang terlarut dalam air dan permukaan media aerasi [12]. Selama fase awal aerasi, ketika konsentrasi Mn masih tinggi, partikel dengan diameter 0,4 cm dapat dengan cepat menarik dan mengikat ion Mn, menghasilkan pengurangan kadar yang cukup dramatis. Namun, setelah fase awal ini, laju pengurangan kadar Mn mulai stabil, menunjukkan bahwa sistem telah mencapai titik di mana jumlah ion Mn yang tersedia untuk diikat berkurang, dan proses difusi ke permukaan media semakin lambat [11].

Sebaliknya, diameter 0,5 cm menunjukkan peningkatan kadar pengurangan yang lebih lambat dibandingkan dengan diameter 0,4 cm. Meskipun diameter ini masih cukup efektif, kecepatan pengurangan yang lebih rendah dapat dikaitkan dengan luas permukaan yang lebih kecil, yang menyebabkan interaksi yang kurang intensif antara media dan ion Mn [10]. Oleh karena itu, meskipun diameter 0,5 cm mampu mengurangi kadar Mn, butuh waktu lebih lama untuk mencapai tingkat pengurangan yang sebanding dengan ukuran yang lebih kecil.

Sementara itu, diameter 0,6 cm menunjukkan peningkatan yang paling lambat di antara ketiga diameter tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa ukuran partikel yang lebih besar tidak hanya memiliki luas permukaan yang lebih kecil tetapi juga mungkin mengurangi efisiensi proses difusi gas ke dalam media. Dengan demikian, proses aerasi menjadi kurang optimal, sehingga mengakibatkan waktu yang lebih lama untuk mencapai pengurangan kadar Mn yang signifikan. Akibatnya, diameter 0,6 cm mungkin tidak cukup efektif dalam menanggulangi kontaminasi Mn dibandingkan dengan ukuran partikel yang lebih kecil. Meskipun ukuran diameter yang lebih kecil biasanya diharapkan memberikan interaksi yang lebih baik dengan ion terlarut, dalam hal ini bisa jadi terdapat faktor-faktor lain yang menghambat efisiensinya, seperti geometri atau aliran air yang mungkin tidak optimal. Partikel yang lebih kecil cenderung lebih terdispersi dan mungkin memiliki kesulitan dalam mengikat ion Mn yang terlarut dengan efektif, sehingga mengakibatkan pengurangan yang lebih lambat. Dengan demikian, penelitian ini menunjukkan bahwa meskipun diameter yang lebih besar mungkin tampak kurang efisien pada pandangan pertama, faktor-faktor lain seperti distribusi aliran, ketersediaan ion, dan kondisi lingkungan juga memainkan peranan penting dalam efektivitas pengurangan kadar Mn [5]. Ukuran diameter tidak bisa dilihat secara terpisah, tetapi harus dipertimbangkan dalam konteks keseluruhan sistem dan kondisi penelitian untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik tentang dinamika penyerapan dan pengurangan kontaminan dalam air.

Secara keseluruhan, penelitian ini menjelaskan mengenai ukuran partikel dalam proses pengurangan kadar mangan. Diameter yang lebih kecil, seperti 0,4 cm, tidak hanya memberikan peningkatan pengurangan yang cepat tetapi juga mendemonstrasikan efektivitas dalam menangani kontaminasi awal. Sementara itu, diameter yang lebih besar seperti 0,6 cm menunjukkan bahwa terdapat batasan dalam efektivitas pengurangan yang dapat dicapai, menekankan perlunya pemilihan media yang tepat untuk meningkatkan efisiensi dalam pengolahan air yang mengandung mangan [1].

4. Kesimpulan

Pengaruh variasi pada diameter lubang tray adalah diameter lubang yang lebih besar dapat meningkatkan laju aliran air, yang memungkinkan air untuk bergerak lebih cepat melalui tray. Namun, jika lubang terlalu besar, waktu kontak antara air dan udara berkurang, mengurangi efektivitas aerasi. Lubang yang lebih kecil juga bisa menghasilkan gelembung udara yang sama lebih kecil, sehingga dapat meningkatkan luas permukaan kontak antara udara dan air. Ini dapat meningkatkan oksidasi Fe dan Mn, yang merupakan langkah penting dalam mengendapkan kadar Fe dan Mn. Pada penurunan Fe diameter yang paling efektif untuk menurunkan kadarnya terletak pada diameter 0,4 cm berbeda dengan Mn yang dimana diameter yang paling efektif untuk menurunkan kadarnya terletak pada 0,6.

5. Daftar Pustaka

- [1] H. Karuniawan, M. Ali, "Variasi Tray Aerator dengan Penambahan Media Kaolin dan Karbon Aktif Untuk Menurunkan (Fe) Dan (Mn) Terlarut di Air Sumur," *Jurnal Envirous* Vol 1 No 2, 2021
- [2] M. Amiliza, "Penurunan Kadar Besi (Fe) Dengan Sistem Aerasi Dan Filtrasi Pada Air Sumur Gali," *Jurnal Envirous* 2(10), 4161–4170, 2023
- [3] D. Ayu, M. Mirwan, "Penurunan Fe Dan Mn Pada Air Sumur Menggunakan Multiple Tray Aerator Piramida," *Jurnal Envirous* Vol 1 No 1, 2020

- [4] Said, Nusa Idaman. "Metoda penghilangan zat besi dan mangan di dalam penyediaan air minum domestik." *Jurnal Air Indonesia* 1.3 (2005): 247401.
- [5] Khairul, R.Purnaini, M.Danial, "Perancangan Multiple Tray Aerator Sebagai Pretreatment Proses Reverse Osmosis untuk Pengolahan Air Baku Sungai Itik Kabupaten Kubu Raya," *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, Vol. 11, No. 2, 2023: 348 – 357, 2023
- [6] A. Ayuna, L. Febrina, "Studi Penurunan Kadar Besi (Fe) Dan Mangan (Mn) Dalam Air Tanah Menggunakan Saringan Keramik," ISSN : 2085 – 1669. Volume 7 no 1, 2015
- [7] T. Joko, S. Rachmawati, "Variasi Penambahan Media Adsorpsi Kontak Aerasi Sistem Nampan Bersusun (Tray Aerator) Terhadap Kadar Besi (Fe) Air Tanah Dangkal di Kabupaten Rembang," *JKLI* 15 (1), 2016, 1 – 5, 2016
- [8] D. Ayu, M. Mirwan, "Penurunan Fe Dan Mn Pada Air Sumur Menggunakan Multiple Tray Aerator Piramida," *Jurnal Envirous* Vol 1 No 1, 2020
- [9] Yuniarti, D. P., Komala, R., & Aziz, S, "Pengaruh Proses Aerasi Terhadap 34 Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Di Ptpn Vii Secara Aerobik," *Teknik Lingkungan*, 4(2), 7–16, 2019
- [10] Novita, E., Wahyuningsih, S., Kamil, N. S., & Pradana, H. A, "Model Adsorpsi Isoterm Arang Aktif Kulit Kopi Pada Penurunan Warna Air Limbah Pengolahan Kopi," *Agrin*, 25(1), 22, 2021
- [11] I. S. Asisdiq, S. Side, "kemampuan Tray Aerator Filter Zeolit Dalam Menurunkan Kadar Besi (Fe) Dan Mangan (Mn) Pada Air Bersih," *Pendidikan Kimia PPs UNM*, 1(1), 91–99, 2021
- [12] I. Asmawati, D. D. Nuryani, N. Aryastuti, D. Yunita, "Efektivitas Metode Aerasi Dalam Menurunkan Kadar Besi Pada Air Tanah di Desa Sidorejo Kecamatan Sidomulya Tahun 2021," *Indonesian Journal Of Health and Medical* , 2(2), 223–233, 2022
- [13] M. Maryudi, A. Aktawan, S. Amelia, "Pengolahan Limbah Pewarna Metilen Biru Menggunakan Arang Aktif dan Zeolit Aktif dengan Katalis Fe 33 dan Oksidator Hidrogen Peroksida," *Jurnal Riset Kimia*, 12(2), 2021
- [14] I. Supardi, 2013, "Lingkungan Hidup dan Kelestariannya," Bandung : Penerbit Buku PT. Alumni, 2013
- [15] M. Al Kholif, S. Sugito, P. Pungut, J. Sutrisno, "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, 2020