

Metode Penurunan Kadar Besi, Mangan, Nitrit dan Amonia dalam Penyediaan Air Bersih

Methods For Reducing Iron, Manganese, Nitrite and Ammonia Levels in Clean Water Supply

Sugianto¹⁾, Herman Santjoko²⁾, Yamtana^{3)*}, Narto⁴⁾, Sri Muryani⁵⁾

^{1, 2, 3, 4, 5)} Jurusan Kesehatan Lingkungan, Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia

Abstrak

Sumber mata air masih banyak dimanfaatkan untuk keperluan sehari-hari oleh masyarakat. Namun masyarakat menghadapi beberapa masalah, seperti mengandung Fe (Besi), Mn (Mangan), NO₂ (Nitrit) dan NH₃ (Amonia), sehingga kondisi airnya keruh berwarna coklat kekuningan, berbau dan meninggalkan noda jika untuk mencuci. Tujuan penelitian ini adalah menerapkan model aerasi yang praktis dan teknologi tepat guna untuk masyarakat. Jenis penelitian ini adalah quasi experiment, dengan mendesain pengolahan air model sistem aerasi skala laboratorium. Obyek penelitian adalah air dari sumber mata air di Dusun Jamblangan, Purwobinangun, Pakem, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Perlakuan dalam penelitian dengan 4 (empat) model variasi aerator. Hasil proses oksidasi terhadap empat parameter air tersebut, dilakukan filtrasi menggunakan media pasir sungai, pengulangan (replikasi) sebanyak 6 kali. Air contoh uji diperiksa di Balai Besar Laboratorium Kesehatan Masyarakat Yogyakarta. Hasil filtrasi oksidasi dari keempat model aerator mempunyai potensi yang berbeda dalam menurunkan parameter air yang diteliti. Aerator Model 1 penurunan yang dominan terhadap parameter Mn sebesar 63,9%. Aerator Model 2 penurunan yang dominan terjadi pada parameter Fe sebesar 59,0% dan Amonia sebesar 43,8%. Aerator Model 3 penurunan terjadi pada parameter Fe sebesar 36,5% dan Mn sebesar 30,7%. Aerator Model 4 terjadi penurunan cukup tinggi parameter Fe sebesar 57,4% dan Mn sebesar 64,5%. Hasil penelitian Aerator Model 1, Model 2, Model 3 dan Model 4 mampu menurunkan parameter Fe, Mn, Nitrit dan Ammonia dalam air dengan potensi penurunan yang bervariasi. Aerator yang efektif dan efisien mampu menurunkan kadar Fe dan Mn yang paling banyak adalah Aerator Model 4 (*Waterfall / Multiple Tray Aerator*).

Kata kunci: Aerator; Fe; Mn; Nitrit; Amonia

Abstract

*The spring water source is still widely used for daily needs by the community. However, people often face several problems, such as water containing Fe (Iron), Mn (Manganese), NO₂ (Nitrite) and NH₃ (Ammonia). The aim of this research is to find a practical aeration model and apply appropriate technology for the community. This type of research is a quasi-experiment, by designing water treatment facilities using a laboratory scale aeration system model. The research object is water from springs in Jamblangan Hamlet, Purwobinangun, Pakem, Sleman, Special Region of Yogyakarta. The treatments in this research were Cascade Aerator (Model 1), Spray Aerator (Model 2), Bubble aerator (Model 3), and Waterfall aerator (Model 4). The oxidation process for the four water parameters was carried out by filtration using river sand media, repeated 6 times. The test water samples were examined at the Yogyakarta Public Health Laboratory Center. Aerator Model 1 has a dominant decrease in the Mn parameter of 63.9%. In Aerator Model 2, the dominant decrease occurred in the Fe parameters by 59.0% and Ammonia by 43.8%. Aerator Model 3 decreased in Fe parameters by 36.5% and Mn by 30.7%. Aerator Model 4 experienced a significant decrease in Fe parameters by 57.4% and Mn by 64.5%. The most effective and efficient aerator capable of reducing Fe and Mn levels is the Model 4 Aerator (*Waterfall / Multiple Tray Aerator*).*

Keywords: Aerator; Fe; Mn; Nitrite; Ammonia

Corresponding Author* : Yamtana
Email : yamtana33@gmail.com

1. Pendahuluan

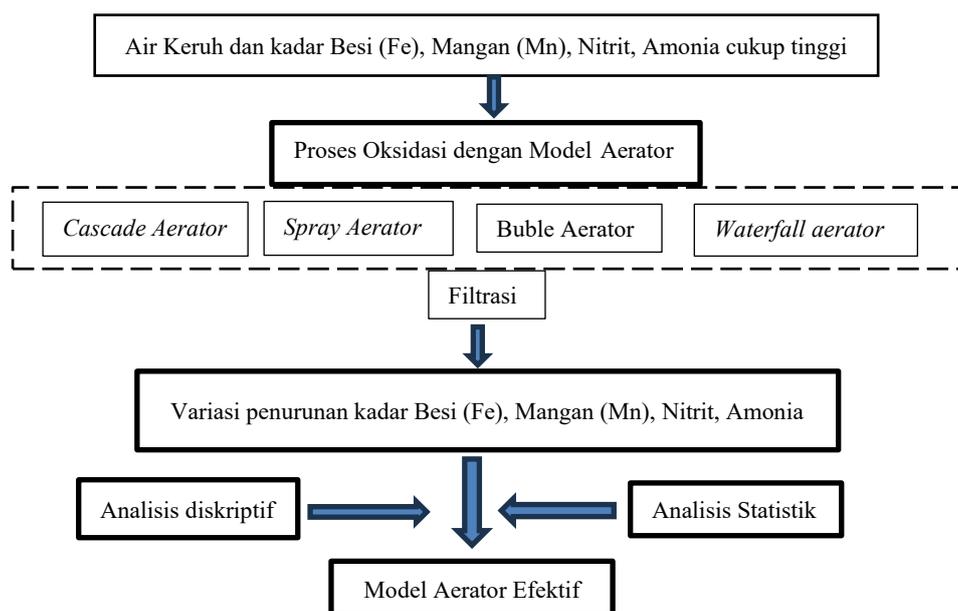
Air bersih merupakan salah satu kebutuhan pokok bagi kehidupan manusia, sehingga perlu ketersediaannya memenuhi persyaratan baik kualitas maupun kuantitasnya¹. Upaya untuk memenuhi persyaratan kualitas air bersih, banyak dilakukan model pengolahan tergantung parameter air yang dianggap berlebihan atau belum memenuhi persyaratan kesehatan².

Sumber mata air masih banyak dimanfaatkan untuk keperluan sehari-hari oleh masyarakat. Namun dalam pemanfaatan air tersebut masyarakat sering menghadapi beberapa masalah seperti air yang mengandung Fe (Besi), Mn (Mangan), NO₂ (Nitrit) dan NH₃ (Amonia), dimana ciri dari air ini dalam keadaan keruh berwarna coklat kekuningan, berbau dan meninggalkan noda ketika digunakan untuk mencuci³. Keberadaan unsur dalam air tersebut merupakan hasil degradasi bahan organik yang ada di dalam tanah dan kondisi tersebut dialami mayoritas penduduk area lereng gunung Merapi. Konsumsi air yang mengandung bahan/unsur tersebut di atas dalam dosis tinggi bisa menyebabkan toksisitas dan dapat mempengaruhi tumbuh kembang pada anak-anak⁴, dengan demikian perlu dilakukan pengolahan terhadap air untuk menurunkan kandungan parameter-parameter tersebut sehingga aman untuk dimanfaatkan oleh Masyarakat.

Hasil uji pendahuluan pada obyek penelitian menunjukkan beberapa parameter kimia dapat dikatakan telah melebihi ambang batas, seperti kandungan Besi (Fe), Mangan (Mn), Nitrit dan Amonia, sehingga air terasa bau yang kurang diminati oleh penduduk setempat. Sebagai upaya penyediaan air yang memadai untuk daerah permukiman penduduk area lereng gunung Merapi tersebut, perlu disediakan sarana pengolahan air secara sederhana, diantaranya adalah sistem Oksidasi dengan model Aerasi⁵. Model aerasi untuk proses oksidasi banyak sekali diteliti dan digunakan sebagai sub sistem dalam Water Treatment Plan (WTP) dalam mengatasi masalah air berkaitan dengan parameter tersebut⁶. Tujuan penelitian ini adalah mencari model aerasi yang praktis dan berorientasi terapan teknologi tepat guna yang dapat diaplikasikan oleh masyarakat, mengingat bahan yang digunakan banyak tersedia di semua wilayah

2. Metode

Jenis penelitian ini adalah quasi experiment dengan membuat rancang bangun suatu sarana pengolahan air model sistem aerasi dengan skala laboratorium. Obyek penelitian ini adalah air dari sumber mata air di Dusun Jamblangan, Purwobinangun, Pakem, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, yang terdapat kandungan Fe, Mn, Nitrat dan Amonium yang tinggi dan secara fisik berwarna jernih, tidak berbau dan tidak berasa. Variabel bebas adalah Variasi Model Aerator meliputi *Waterfall aerator* (Aerator air terjun), *Bubble aerator* (Aerator Gelembung Udara), *Spray Aerator* (Aerator air mancur), *Cascade Aerator* (Aerator sistem tangga). Variabel terikatnya adalah kandungan Fe, Mn, NO₂ dan NH₃ dalam air. Air contoh uji diperiksa di Balai Besar Laboratorium Kesehatan Masyarakat Yogyakarta. Data hasil penelitian dianalisa secara diskriptif dan uji statistik. Data selanjutnya dibandingkan antar perlakuan (variasi model aerator) untuk menentukan jenis/model aerator yang efektif. Adapun skema/ diagram tahapan perlakuan dalam penelitian digambarkan sebagai berikut.



Gambar 1. Bagan Alur Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan tujuan penelitian, menetapkan model aerasi dalam upaya perbaikan kualitas air untuk parameter Fe, Mn, Nitrit dan Amonia. Adapun model aerator yang digunakan sebagai perlakuan adalah Aerator sistem tangga (*Cascade Aerator*) sebagai Model 1, Aerator air mancur (*Spray Aerator*) sebagai Model 2, Aerator Gelembung Udara (*Bubble aerator*) sebagai Model 3 dan Aerator air terjun (*Waterfall aerator*) sebagai Model 4. Bentuk/model aerator dalam penelitian dapat dilihat pada gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Model Aerator Penelitian

Hasil proses oksidasi masing-masing model aerator untuk beberapa parameter tersebut di atas dilakukan filtrasi menggunakan media pasir sungai dan penelitian ini dilakukan pengulangan (replikasi) sebanyak 6 kali⁷. Adapun hasil penelitian berdasarkan perlakuan masing-masing model aerator dapat dilihat pada tabel 1.

Table 1. Potensi Model Aerator Menurunkan Kadar Besi (Fe), Mangan, Nitrit dan Amonia dalam Air

Model Aerator	Fe (mg/L)				Mn (mg/L)				Nitrit (mg/L)				Amonia (mg/L)			
	Pre	Post	Beda	%	Pre	Post	Beda	%	Pre	Post	Beda	%	Pre	Post	Beda	%
Model1	2,80	1,90	0,90	32,7	0,5	0,1	0,4	63,9	0,05	0,04	0,01	10	0,107	0,0986	0,0092	8,4
Model2	2,42	1,02	1,40	59,0	0,23	0,16	0,08	26,3	0,04	0,03	0,01	25,0	0,1273	0,0712	0,0561	43,8
Model3	3,15	2,0	1,15	36,5	0,45	0,26	0,19	30,7	0,04	0,03	0,001	3,33	0,122	0,0791	0,0429	25,8
Model4	2,86	1,29	1,57	57,4	0,5	0,1	0,4	64,5	0,03	0,026	0,004	13,3	0,148	0,142	0,006	4,05

Sumber: Data Primer (2024)

Hasil proses oksidasi dari 4 (empat) Model Aerator yang digunakan sebagai perlakuan dalam penelitian ini menunjukkan setiap model aerator mempunyai potensi yang berbeda dalam menurunkan parameter air yang diteliti. Adapun perbedaan potensi penurunan setiap model aerator terhadap parameter air yang diteliti secara singkat, persentase penurunannya dapat dilihat pada tabel 2. di bawah ini.

Tabel 2. Persentase Penurunan Kadar Besi (Fe), Mangan, Nitrit dan Amonia Setelah Perlakuan Proses Aerasi antar Model Aerator

Model Aerator	Persentase Penurunan (%)			
	Fe	Mn	Nitrit	Amonia
Model 1	32,7	63,9	20	8,4
Model 2	59,0	26,3	25,0	43,8
Model 3	36,5	30,7	3,33	25,8
Model 4	57,4	64,5	13,3	4,05

Sumber: Data Primer (2024)

Tabel 2. menunjukkan adanya variasi persentase penurunan antar model aerator. Aerator Model 1 (*Cascade Aerator*) penurunan yang dominan adalah pada parameter Mn sebesar 63,9%, pada Aerator Model 2 (*Sprey Aerator*) terjadi pada 2 parameter yang dominan yaitu penurunan Fe sebanyak 59,0% dan Amonia sebesar 43,8%. Pada aerator Model 3 (*Bubble aerator*) terdapat 2 parameter yang menonjol yaitu Fe sebesar 36,5% dan Mn sebesar 30,7%. Namun penurunannya tidak setinggi penurunan pada aerator Model 1 dan Model 2, sedangkan pada aerator Model 4 (*Waterfall / Multiple Tray Aerator*) terjadi penurunan yang cukup tinggi untuk Fe sebesar 57,4% dan Mn sebesar 64,5%, walaupun untuk Nitrit dan Amonia relatif kecil penurunannya.

Berdasarkan hasil perlakuan dari masing-masing model aerator dalam menurunkan parameter air yang diteliti, setelah dilakukan analisis statistik Anova untuk mengetahui perbedaan antar variasi perlakuan menunjukkan adanya perbedaan antara perlakuan ($\alpha < 0,05$). Sebagai upaya untuk menetapkan model yang efektif dalam penurunan parameter Fe, Mn, Nitrit dan Amonia, perlu dilakukan analisis statistik (LSD) dan atau analisis diskriptif dengan metode pemberian bobot tertinggi pada parameter utama yang menjadi pokok permasalahan, dan atau pemberian bobot yang tinggi pada parameter air yang berdampak negatif dan serius terhadap kesehatan masyarakat, terutama masyarakat di area obyek penelitian.

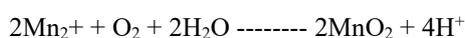
Kajian terhadap empat model aerator di atas tidak ada satupun jenis model aerator yang mampu menurunkan secara maksimal untuk keempat parameter yang diteliti, sehingga sebagai pilihan ketika untuk menggunakan alat/model aerator tersebut berdasarkan prioritas atau permasalahan yang ada pada sumber air yang akan dilakukan pengolahan. Ketika permasalahan yang utamanya adalah Fe dan Mn tentunya pilihan aerator Model 4, akan tetapi ketika permasalahan utama sumber air di masyarakat tersebut Nitrit dan Amonia maka pilihan kita pada model aerator Model 2.

Secara umum karakteristik sumber mata air sebagai obyek penelitian secara fisik nampak keruh, berbau serta berwarna kekuningan, dimana kondisi tersebut diprediksi terdapat beberapa bahan/zat organik maupun anorganik dalam air yang berlebihan⁸. Berlebihannya bahan organik maupun anorganik tersebut disebabkan karena beberapa hal, seperti terjadi proses pelarutan batuan wilayah setempat atau karena adanya proses degradasi bahan organik bahkan dimungkinkan adanya cemaran akibat pemupukan tanaman⁹. Upaya perbaikan terhadap bahan yang berlebihan di dalam air tersebut dalam penelitian ini dilakukan melalui proses oksidasi.

Kadar besi pada air di obyek penelitian bersifat besi tersuspensi sebagai butiran koloid atau lebih besar seperti Fe₂, O₂, FeO, FeOOH, Fe(OH)₃¹⁰. Proses oksidasi pada senyawa besi yang terkandung karbonat, sulfida, silikat peka terhadap dekomposisi misalnya oksidasi pirit (rembesan organik) menjadi besi-hidroksida dan asam sulfat terjadi reaksi kimia¹¹ :

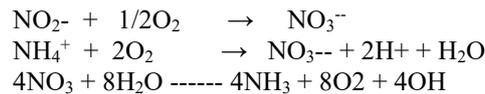


Demikian juga pada parameter Mangan (Mn), setelah kontak dengan udara akan terjadi proses oksidasi.



Kadar besi dalam air yang telah teroksidasi akan terbentuk senyawa Fe(OH)₃ sedangkan Mangan dalam air setelah teroksidasi membentuk MnO₂¹² untuk dilakukan pengolahan lebih lanjut melalui filtrasi menggunakan media pasir¹³.

Atas dasar karakter air, demikian halnya dengan parameter nitrit (NO₂) yang terdapat pada mata air yang merupakan hasil reduksi senyawa nitrat (NO₃) atau oksidasi ammonia (NH₃) oleh mikroorganisme. Selain itu, senyawa nitrit juga berasal dari hasil ekskresi fitoplankton, terutama pada saat timbulnya ledakan populasi fitoplankton. Meningkatnya kadar nitrit di sumber mata air berkaitan erat dengan masuknya bahan organik yang mudah terurai (baik yang mengaridung unsur nitrogen maupun tidak) yang bersumber dari penggunaan pupuk pada kegiatan pertanian, kotoran hewan dan fiksasi biologis lainnya¹⁴. Senyawa nitrit merupakan senyawa peralihan dalam siklus biologi¹¹. Senyawa ini dihasilkan dari proses oksidasi NH₄-N, tetapi sifatnya tidak stabil karena pada kondisi aerobik selama nitrit terbentuk, dengan cepat nitrit dioksidasi menjadi nitrat oleh bakteri nitrobacter, oleh karena itu senyawa nitrit ditemukan dalam jumlah yang kecil. Peningkatan konsentrasi NO₃-N dapat disebabkan adanya oksigen yang dialiri secara terus menerus ke dalam reaktor, sehingga dapat menyebabkan pembentukan nitrat, seperti reaksi di bawah ini :



Sedangkan untuk parameter Ammonia (NH₃) yang merupakan hasil hidrolisa senyawa organik nitrogen, dimana keberadaannya dalam air ada hubungannya dengan DO, terdapat hubungan negatif atau berbanding terbalik antar variabel. Artinya bila DO tinggi maka konsentrasi nitrit rendah, demikian pula bila DO rendah maka konsentrasi nitrit tinggi.

Mengingat permasalahan utama pada air di lokasi penelitian adalah air agak keruh dan berbau agak amis (besi berkarat), hal ini berarti air pada sumber mata air tersebut terdoninasi oleh bahan organik, dengan demikian sifat pada besi yang ada di air tersebut bersifat besi organik¹⁵, demikian juga pada parameter Nitrit dan Ammonia, akan terbentuk hasil proses nitrifikasi dan denitrifikasi endapan organik¹⁶ pada bak penampungan mata air di lokasi penelitian, sehingga dalam penetapan model aerator yang efektif dan efisien dari ke 4 (empat) model aerator sebagai variasi adalah Model IV atau *Waterfall / Multiple Tray Aerator*. Model aerator efektif terpilih akan lebih maksimal dalam mengoksidasi mineral dalam air apabila dilakukan pre-treatment lebih dahulu, yaitu mengurangi bahan organik (kekeruhan) sebelum dilakukan oksidasi, pre-treatment dapat dilakukan penyaringan (media pasir) atau dilakukan koagulasi¹⁷.

4. Simpulan dan Saran

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa Aerator Model 1 (*Cascade Aerator*), Model 2 (*Sprey Aerator*), Model 3 (*Bubble aerator*) dan Model 4 (*Waterfall / Multiple Tray Aerator*) mampu menurunkan parameter Besi (Fe), Mangan (Mn), Nitrit dan Ammonia dalam air dengan potensi penurunan yang bervariasi. Aerator yang efektif dan efisien mampu menurunkan kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) yang paling banyak adalah Aerator Model 4 atau *Waterfall / Multiple Tray Aerator*.

Upaya untuk memaksimalkan proses oksidasi dalam mengolah air menggunakan aerator, utamanya aerator Model IV atau *Waterfall / Multiple Tray Aerator*, hendaknya dilakukan pre-treatment lebih dahulu, yaitu mengurangi bahan organik (kekeruhan) sebelum dilakukan aerasi. Pre-treatment dapat dilakukan dengan cara penyaringan (media pasir) atau pemberian bahan koagulant.

5. Daftar Pustaka

1. Kemenkes R. Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan Higenie Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua, dan Permandian Umum. 2017.
2. Ronny M. Penyehatan Air. Makassar: Politeknik Jurusan Kesehatan Lingkungan; 2019.
3. Ulfa S, Hamzani S, Irfa'i M. Pengaruh Jarak Tray Aerasi Terhadap Penurunan Kadar Besi (Fe) Air Sumur Bor. *J Kesehat Lingkung J dan Apl Tek Kesehat Lingkung*. 2019 Nov 24;16(2):791–6.
4. Rosdiana D, Hastiaty IA, Hartomy E, Kango I, Simbolon PT, Pradapaningrum PG, et al. Kontaminasi kimia dan biologi pada air dan udara dengan ARKM: analisis risiko kesehatan masyarakat. *Public Heal Risk Assesment J*. 2023;1(1):1–20.
5. Said NI. Metoda Penghilangan Zat Besi Dan Mangan di Dalam Penyediaan Air Minum Domestik. *J Air Indones*. 2018 Feb 1;1(3).
6. Rusdianasari, Bow Y, Dewi T. Peat Water Treatment by Electrocoagulation using Aluminium Electrodes. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Institute of Physics Publishing; 2019.

7. Al Kholif M, Sugito S, Pungut P, Sutrisno J. Kombinasi Tray Aerator Dan Filtrasi Untuk Menurunkan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) pada Air Sumur. *ECOTROPHIC J Ilmu Lingkung (Journal Environ Sci)*. 2020 Jun 30;14(1):28.
8. Febrina L, Ayuna A. Studi Penurunan Kadar Besi (FE) dan Mangan (MN) Dalam Air Tanah Menggunakan Saringan Keramik. *J Teknol*. 2015;7(1):36–44.
9. Joko Tri. *Unit Air Baku Dalam Sistem Penyediaan Air Minum*. Yogyakarta: Graha Ilmu; 2010.
10. Pusfitasari MD, Yogaswara RR, Jiwantara DM, Daud D, Anggara IR. Penurunan Kadungan Besi (Fe) Dalam Air Tanah Dengan Metode Elektrokoagulasi. *J Tek Kim*. 2018 Jul 3;12(2).
11. Hanafiah KA. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada; 2007.
12. Ashari A, Budianta D, Setiabudidaya D. Efektivitas Elektroda pada Proses Elektrokoagulasi untuk Pengolahan Air Asam Tambang [Internet]. Vol. 17, *Jurnal Penelitian Sains*. 2015 [cited 2024 Jan 10]. Available from: <https://ejurnal.mipa.unsri.ac.id/index.php/jps/article/view/47>
13. Kurniawati SD, Santjoko H, Husein A. Pasir Vulkanik sebagai Media Filtrasi dalam Pengolahan Air Bersih Sederhana untuk Menurunkan Kandungan Besi (Fe), Mangan (Mn) dan Kekeruhan Air Sumur Gali. *J Kesehat Lingkung* [Internet]. 2017;9(1):20–5. Available from: <http://journalsanitasi.keslingjogja.net/index.php/sanitasi>
14. Kurniadi A, Rosana MF, Yuningsih ET, Pambud L. Karakteristik Batuan Asal Pembentukan Endapan Nikel Laterit Di Daerah Madang Dan Serakaman Tengah. *Padjadjaran Geosci J*. 2017;01(02):149–63.
15. Aulian Barry DSP. Analisis Besi (Fe) Terlarut dalam Air Tanah pada Lahan Gambut dengan Sekat Kanal. *J Sains Pertan Equator*. 2023 Oct 2;12(4):813.
16. Krupińska I. Removal Of Iron And Organic Substances From Groundwater In An Alkaline Medium. *J Environ Eng Landsc Manag*. 2019 Mar 15;27(1):12–21.
17. Fitriah GD, Kasim KP, Purnomo BC. Penurunan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) Pada Air Bersih Dengan Metode Elektrokoagulasi. *Sulolipu Media Komun Sivitas Akad dan Masy*. 2022 Dec 7;22(2):253.