

Pengaruh susunan media filter dalam kolom filtrasi terhadap penurunan kadar besi (Fe), mangan (Mn), dan kekeruhan air sumur di Kabupaten Manokwari

The effect of the arrangement of filter media in the filtration column on reducing the levels of iron (Fe), manganese (Mn), and turbidity of well water in Manokwari Regency

Bertha Mangallo^{1*}, Samuel Ambrauw¹, Agnes Dyah Novitasari Lestari¹, David Mangallo², Bimo Budi Santoso¹

^{1*)}Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Papua, Jl. Gunung Salju, Amban, Manokwari-Papua Barat

²⁾Jurusan Teknik Mesin, Universitas Cendrawasih, Jayapura 99351, Indonesia

*Email : b.mangallo@unipa.ac.id

Disubmit: 13 Februari 2024, direvisi: 09 April 2025, diterima: 19 April 2025

Doi : 10.30862/cassowary.cs.v8.2.289

ABSTRACT: *The quality of groundwater is significantly influenced by the mineral composition of the surrounding rocks and soil in the aquifer. High concentrations of minerals, particularly iron (Fe) and manganese (Mn), can cause discoloration typically a yellow-brown hue and an unpleasant taste in the water. This study aims to evaluate the effect of different filter media arrangements in a filtration column on the reduction of Fe, Mn, and turbidity levels in well water. The natural filter media used include sand, gravel, palm fiber, and activated carbon, arranged within a filtration column model. Water samples were taken from dug wells in Sowi 2 Village and a drilled well in Susweni, Manokwari Regency. Initial characterization of the water samples included assessments of odor, color, turbidity, and Fe and Mn concentrations. Results indicate that during the rainy season, well water from Sowi 2 meets clean water quality standards based on pH, turbidity, and Fe and Mn content. However, the drilled well in Susweni exceeds acceptable limits in terms of color and pH. Filtration using the designed column and selected natural media effectively reduced Fe, Mn, and turbidity. Turbidity reduction reached 100% in both column A and B. Fe concentration was reduced by 78.53% in column A and 73.55% in column B. Mn concentration was reduced by 76% in column A and 65.45% in column B.*

Keywords: *Filtration, groundwater, Iron, Manganese, turbidity*

PENDAHULUAN

Data dari Badan Pusat Statika Kabupaten Manokwari tahun 2014, menunjukkan bahwa persentase banyak rumah tangga yang menggunakan air sumur baik yang terlindungi maupun tak terlindungi untuk memenuhi kebutuhan hidup sehari-hari seperti air minum, mandi dan mencuci masih cukup tinggi.

Tercatat sebesar 37,09% dan 20% Masyarakat di Kabupaten Manokwari menggunakan air sumur untuk keperluan air minum mandi dan mencuci dari seluruh kebutuhan rumah tangga.

Logam Fe dan Mn mempunyai perilaku geokimia yang mirip di lingkungan perairan dan terdapat dalam bentuk ion terlarut sebagai Fe^{2+} dan Mn^{2+} dan dalam bentuk tersuspensi

sebagai Fe^{3+} dan Mn^{4+} (Efendi, 2003; Madhav *et al.*, 2019; Zhang, 2020). Air sumur umumnya mengandung beberapa kation terlarut besi (Fe^{2+}), kation Mangan (Mn^{2+}), dan beberapa senyawa anorganik lainnya (Akbar *et al.*, 2015; Liu *et al.*, 2022). Adanya kandungan Fe dan Mn dalam air menyebabkan warna air tersebut berubah menjadi kuning kecoklatan setelah beberapa saat kontak dengan udara (Mangallo & Oktaviani, 2023; Rusydi *et al.*, 2021). Air yang mengandung mangan (Mn) berlebih menimbulkan rasa, warna (coklat/ungu/hitam), dan kekeruhan.

Masalah utama yang ditimbulkan akibat adanya kandungan logam yang tinggi pada air dapat merusak kulit dari air tersebut. Kandungan besi dan mangan yang diizinkan dalam air yang digunakan untuk keperluan domestik yaitu dibawah 0,3 mg/L untuk Fe dan dibawah 0,1 mg/L untuk Mn. Kandungan besi dalam air akan memberikan warna karat pada air, menimbulkan noda berwarna coklat kemerahan pada pipa ledeng, porselin, piring maupun pakaian serta memberkan rasa tidak enak untuk di minum.

Kampung Sowi 2 merupakan salah satu kampung distrik Manokwari Selatan, Kabupaten Manokwari, Provinsi Papua Barat yang menggunakan air sumur gali sebagai sumber air bersih. Berdasarkan laporan warga di daerah tersebut sebagian besar kondisi air tanahnya (sumur) berwarna kuning, keruh, dan kecoklatan. Kualitas air sumur gali di Kampung Sowi 2, Kabupaten Manokwari pada umumnya keruh dan berwarna kecoklatan. Keadaan fisik air tersebut diduga tidak memenuhi, atau dibawah standar baku mutu untuk kebutuhan air bersih terkait kadar kekeruhan, logam besi (Fe), dan logam Mangan (Mn). Hal serupa juga terlihat secara visual pada air sumur bor Susweni yang berwarna hitam pekat. Oleh sebab itu, untuk dapat dimanfaatkan sebagai air bersih maka perlu pengolahan sebelum dimanfaatkan sebagai air bersih. Salah satu metode pengolahan air yang sederhana namun efektif adalah dengan metode sand filter. Susunan media filter dapat berpengaruh terhadap kualitas air hasil pengolahan, sehingga perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh susunan media sand filter

terhadap efektivitas pengolahan air bersih khususnya terhadap parameter pH, Fe, Mn dan kekeruhan.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh susunan media filter terhadap penurunan kadar Fe, Mn dan tingkat kekeruhan serta nilai pH air sumur.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

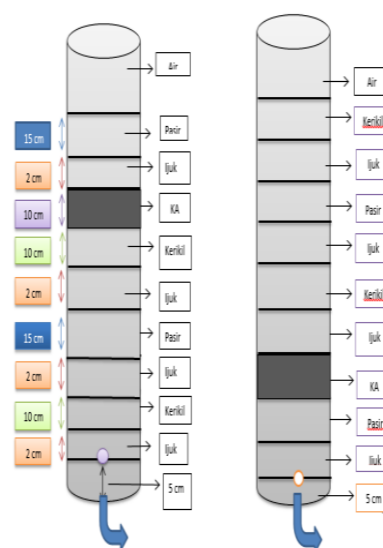
Pengolahan air dan analisis kualitas air sumur dilakukan di Laboratorium Kimia Universitas Papua. Sampel air sumur berasal dari sumur gali warga Kampung Sowi 2 dan sumur bor warga kampung Susweni Kecamatan Manokwari Barat, Kabupaten Manokwari, Provinsi Papua Barat, Indonesia.

Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan peralatan dan bahan utama untuk pengolahan air yaitu kolom filtrasi, media filter berupa pasir dan kerikil pantai, ijuk dan tempurung kelapa. Peralatan analisis yaitu pH meter, termometer, turbidimeter, spektrofotometer, botol sampel, ember, dan alat-alat gelas laboratorium.

Proses Filtrasi

Pembuatan kolom filtrasi menggunakan pipa PVC dengan diameter 11,7 dan ketinggian mencapai 1 meter. Susunan media filter di dalam kolom terdiri atas 2 variasi seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Kolom filtrasi

Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini menggunakan metode analisis deskriptif kuantitatif melalui uji laboratorium. Pengujian di Laboratorium dilakukan dengan metode sebagai tercantum pada Tabel 1. Selanjutnya, data yang diperoleh dibandingkan dengan baku mutu kualitas air kelas satu mengacu pada Lampiran VI, PP No.22 tahun 2021.

Tabel 1. Metode analisis air

Parameter	Metode analisis
Suhu	SNI 06-2413-1991
Kekeruhan	MP-F-A-Kekeruhan
Besi (Fe)	SNI 06-6989.4-2004
Mangan Mn)	SM 3500-Mn.D**
pH	SNI 06-6989.11-2004

Efisiensi penurunan kadar parameter

$$= \frac{C_0 - C_i}{C_0} \times 100\%$$

dimana:

Co: Konsentrasi parameter sebelum pengolahan

Ci: Konsentrasi parameter sesudah pengolahan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Sampel Air Sumur

Karakteristik dari sampel air sumur kampung Sowi terlihat keruh kekuningan pada musim kemarau dan cenderung bening pada musim hujan, sedangkan air sumur bor Susweni berwarna hitam pekat. Pengambilan sampel air sumur kampung Sowi air sumur bor Susweni dilakukan pada musim hujan. Karakteristik fisik sampel air sumur menunjukkan bahwa sampel air warga Sowi tidak berbau, bening agak keruh dengan tingkat kekeruhan sebesar 6,86 NTU. Tingkat kekeruhan air sumur warga Sowi belum melampaui baku mutu tingkat kekeruhan air bersih mengacu pada Lampiran I, Permenkes RI No. 37 tahun 2017 yaitu sebesar 25 NTU, namun batas maksimum air sumur terlihat jernih adalah 5 NTU. Sedangkan untuk sampel air sumur bor Susweni, secara visual berwarna hitam pekat se-

hingga tidak memenuhi kriteria sebagai sumber air bersih. Berdasarkan karakteristik parameter kimia, nilai pH pada sampel air di Susweni tergolong tinggi yaitu pH 9,60 dan telah melampaui baku mutu parameter pH untuk air kelas I pada lampiran VI PP No. 22 Tahun 2021.

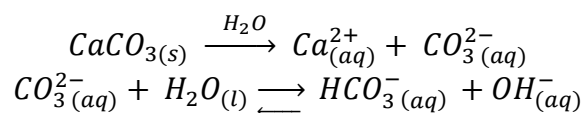
Kualitas Air Setelah Proses Filtrasi

Filtrasi merupakan metode sederhana dalam pengolahan air. Pengolahan air dalam penelitian ini menggunakan kolom filtrasi dengan dua variasi susunan media filter. Setelah kolom diisi dengan media filter dengan variasi susunan media filter menurut kolom A dan kolom B, selanjutnya kolom di elusi untuk menetralkan dan menstabilkan susunan media filter dalam kolom sebelum digunakan. Hasil analisis kualitas air sebelum dan sesudah pengolahan disajikan dalam table 2.

Pengaruh variasi susunan media filter terhadap nilai pH, tingkat kekeruhan dan kadar Fe dan Mn, adalah sebagai berikut:

pH (*potential of Hydrogen*)

Nilai pH mencirikan keseimbangan antara asam dan basa dalam air dan merupakan pengukuran konsentrasi ion hidrogen dalam larutan. Dalam penelitian ini, pH sampel air sumur diukur menggunakan alat *pH meter*. Media filter berupa pasir dan kerikil yang diperoleh dari pantai Bakaro Manokwari, kemungkinan mengandung kalsium karbonat (CaCO_3) yang tinggi disamping kandungan silika dan mineral lainnya. Kandungan kalsium karbonat pada media pasir dan kerikil pantai menyebabkan adanya ion karbonat, hidroksida, dan bikarbonat sehingga terjadi peningkatan nilai pH air (Ojo *et al.*, 2012) pada hasil olahan air sumur Sowi, yaitu dari pH 7,11 menjadi pH 8,7 pada kolom A dan menjadi pH 8,68 pada kolom B. Sedangkan pada air sumur bor Susweni, terjadi penurunan nilai pH dari pH 9,60 menjadi pH 8,50 pada kolom A dan menjadi pH 8,52 pada kolom B. Adanya asam mineral bebas dan asam bikarbonat menurunkan nilai pH air olahan. Mekanisme penguraian CaCO_3 adalah sebagai berikut:



Tabel 2. Kualitas air sumur setelah pengolahan

Parameter	Satuan	Konsentrasi						Baku Mutu*
		Sumur Sowi			Sumur Susweni			
		S ₀	S _A	S _B	SB ₀	SB _A	SB _B	
pH	-	7,11	8,67	8,68	9,60	8,50	8,52	6 - 9
Kekeruhan	NTU	6,86	0,06	0,31	1,07	NA	NA	-
Fe	mg/L	0.0378	0.0133	0.0200	0.1346	0.0289	0.0356	0,3
Mn	mg/L	0,0047	0,0028	0,0024	0,0275	0,0066	0,0095	0,1

*Baku mutu: Air Kelas 1, lampiran VI PP No. 22 Tahun 2021

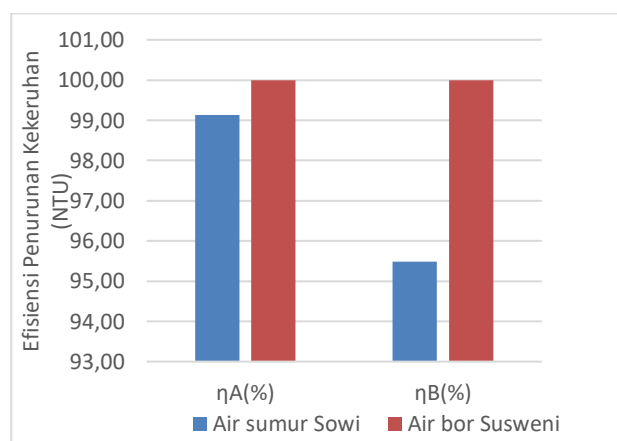
Kekeruhan

Dalam penelitian ini, tingkat kekeruhan sampel air sumur diukur menggunakan alat *turbidimeter*. Kualitas air dengan parameter kekeruhan dinyatakan dalam satuan NTU (*Nephelometric Turbidity Units*). Semakin banyak padatan tersuspensi dalam air, akan mengakibatkan air terlihat semakin keruh dan semakin tinggi pula nilai NTU. Penurunan parameter kekeruhan dalam penelitian ini memiliki nilai yang bervariasi. Penurunan tingkat kekeruhan sampel air sumur Sowi yaitu dari 6,86 NTU menjadi 0,06 NTU pada kolom A dan menjadi 0,31 NTU pada kolom B. Sedangkan pada air sumur bor Susweni, terjadi penurunan tingkat kekeruhan dari 1,07 NTU menjadi tidak terdeteksi (*No Available*) baik pada kolom maupun pada kolom B.

Kolom filter yang berisi media filter berupa pasir dan kerikil pantai, karbon aktif dan ijuk merupakan material berpori yang dapat mengikat kotoran dan partikel koloid dalam air sehingga dapat digunakan sebagai penjernih air. Efisiensi penurunan tingkat kekeruhan disajikan pada Gambar 2.

Efisiensi penurunan tingkat kekeruhan air sumur Sowi pada kolom A sebesar 99,13% lebih besar daripada kolom B dengan efisiensi sebesar 95,48%. Efisiensi penurunan tingkat kekeruhan pada air sumur bor Susweni pada kolom A dan kolom B mencapai sebesar 100%. Hal ini dapat disebabkan karena rendahnya tingkat kekeruhan air sumur Susweni sebelum

pengolahan, sehingga media filter dapat secara optimal menyerap partikel koloid penyebab kekeruhan dalam air. Kinerja kolom filtrasi juga dipengaruhi oleh laju alir, semakin lambat laju alir kolom filtrasi maka semakin lama waktu kontak antara air dengan media filter sehingga zat kekeruhan dapat terjerap atau mengendap pada permukaan media filter (Mangallo *et al.*, 2023).



Gambar 2. Efisiensi penurunan tingkat kekeruhan air sumur

Logam Fe dan Mn

Dalam penelitian ini, kadar logam Fe dan Mn dalam sampel air sumur diukur menggunakan alat AAS. Kadar logam Fe dan Mn pada sampel air sumur Sowi dan Susweni sebelum pengolahan, masing-masing adalah sebesar 0,0378 mg/L dan 0,1346 mg/L. Pada

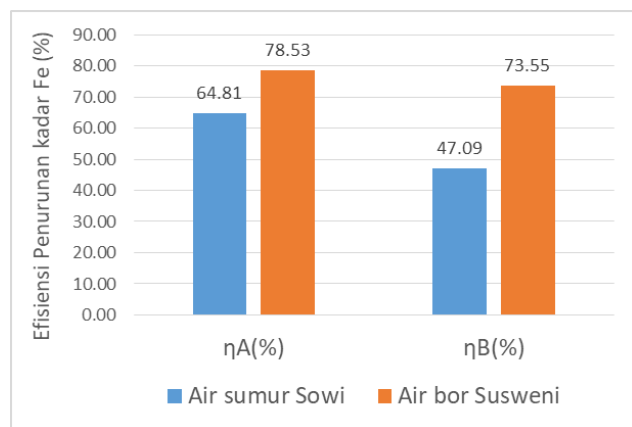
umumnya, konsentrasi Fe^{2+} lebih tinggi daripada Mn^{2+} dalam air sumur (Giblin, 2009)

Kadar logam Fe dalam kedua sampel air uji masih di bawah baku mutu kadar Fe air kelas I mengacu pada lampiran VI PP No. 22 Tahun 2021 yakni 0,3 mg/L. Meskipun kadar logam Fe pada kedua sampel tersebut masih di bawah baku mutu, proses pengolahan perlu dilakukan untuk memperoleh kualitas air yang lebih baik dan memenuhi baku mutu untuk parameter lainnya pada kualitas air sehingga aman untuk digunakan sebagai sumber air bersih. (Rusydi *et al.*, 2021)

Media filter bahan alam merupakan salah satu media filter sederhana yang dapat ditemukan di daerah sekitar dan mudah dijangkau sehingga untuk mengetahui efektivitasnya maka diperlukan variasi pada susunan media filter bahan alam sebagai penjerap logam terlarut dalam air.

Hasil pengolahan air sumur dengan metode filtrasi menunjukkan adanya penurunan kadar Fe sampel air sumur Sowi yaitu dari 0.0378 mg/L menjadi 0.0133 mg/L pada kolom A dan menjadi 0,0200 mg/L pada kolom B. Sedangkan pada air sumur bor Susweni, terjadi penurunan konsentrasi Fe dari 0.1346 mg/L menjadi 0,0289 mg/L pada kolom A dan menjadi 0,0356 mg/L pada kolom B.

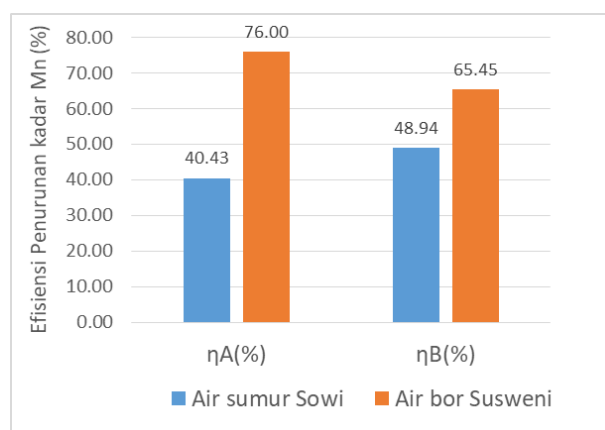
Pengaruh susunan media filter terhadap penurunan konsentrasi Fe menunjukkan bahwa efisiensi penurunan konsentrasi Fe dengan susunan media filter menurut kolom A lebih tinggi dibandingkan kolom B (Gambar 3).



Gambar 3. Pengaruh Susunan Media Filter terhadap Penurunan Kadar Fe

Kadar mangan (Mn) pada sampel air sumur Sowi dan air sumur bor Susweni sebelum dilakukan pengolahan dengan metode filtrasi adalah masing-masing sebesar 0,0047 mg/L dan 0,0275 mg/L. Nilai kadar mangan ini berada di bawah baku mutu air kelas 1 mengacu pada lampiran VI PP No. 22 Tahun 2021 yaitu 0,1 mg/L. Setelah dilakukan pengolahan dengan metode filtrasi, terjadi penurunan konsentrasi Mn sampel air sumur Sowi yaitu dari 0.0047 mg/L menjadi 0.0028 mg/L pada kolom A dan menjadi 0,0024 mg/L pada kolom B. Sedangkan pada air sumur bor Susweni, terjadi penurunan konsentrasi Mn dari 0.0275 mg/L menjadi 0,0066 mg/L pada kolom A dan menjadi 0,0095 mg/L pada kolom B.

Pengaruh susunan media filter terhadap penurunan konsentrasi Mn pada sampel air uji menunjukkan nilai efisiensi yang bervariasi. Pada sampel air sumur Sowi, efisiensi penurunan konsentrasi Mn dengan susunan media filter menurut kolom B yaitu sebesar 48.94% atau lebih tinggi dibandingkan kolom A dengan efisiensi sebesar 40.43%. Namun pada sampel air sumur bor Susweni, efisiensi penurunan konsentrasi Mn dengan susunan media filter menurut kolom A sebesar 76% lebih tinggi dibandingkan kolom B dengan efisiensi sebesar 65.45% (Gambar 4).



Gambar 4. Pengaruh Susunan Media Filter terhadap Penurunan Konsentrasi Mn

Perbedaan efisiensi penurunan konsentrasi Fe dan Mn dipengaruhi oleh perbedaan jari-jari ion Fe adalah lebih kecil dari ion Mn. Hal ini mempengaruhi kapasitas adsorpsi karbon aktif terhadap Fe lebih besar dari pada Mn (Man-

gallo *et. al.*, 2020), baik pada kolom A maupun pada kolom B.

KESIMPULAN

Hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan kualitas air sumur gali Sowi pada musim hujan berdasarkan parameter pH, kekeruhan, dan kadar logam Fe dan Mn masih memenuhi baku mutu kualitas air sebagai sumber air bersih. Namun, Kualitas air sumur bor Susweni pada musim hujan berdasarkan parameter warna dan pH telah melampaui baku mutu kualitas air sebagai sumber air bersih. Metode pengolahan air dengan metode kolom filtrasi dengan media filter berupa pasir pantai, kerikil pantai, ijuk dan karbon aktif, dapat menurunkan kadar Fe, Mn dan Kekeruhan dalam sampel air sumur. Efisiensi penurunan tingkat kekeruhan pada kolom A dan kolom B dapat mencapai 100%, efisiensi penurunan konsentrasi Fe pada kolom A mencapai 78,53% dan efisiensi kolom B mencapai 73,55%. Sedangkan untuk parameter Mn, efisiensi penurunan konsentrasi Mn pada kolom A mencapai 76% dan efisiensi kolom B mencapai 65,45%.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, N., Abdul, A., Adlan, M., (2015). Iron and Manganese Removal from Groundwater Using High Quality Limestone. *Appl. Mech. Mater.* 802, 460–465. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.802.460>
- Asfiana., & Anna. (2015). Penurunan Kadar Kontamina Mangan (Mn) Dalam Air Secara Bubble Aerator Dan Cascade Aerator. *Skrpsi. Universitas Hasanuddin: Makassar.*
- Badan Pusat Statistik. (2014). Data Penggunaan Sumber Air Minum Di Kabupaten Manokwari. Badan Pusat Statistik Kabupaten Manokwari.
- Darmono. (1995). *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Efendi, H., (2003). Studi kualitas air untuk pengelolaan sumber daya dan lingkungan perairan. Kanisius, Yogyakarta, Indonesia.
- Febrina, L., & Ayuna, A., (2015). *Studi Penurunan Kadar Besi (Fe) Dan Mangan (Mn) Dalam Air Tanah Menggunakan Saringan Keramik*. *Jurnal Teknologi Muhammadiyah Jakarta*. 7(1): 35-44.
- Giblin A. E (2009). Iron and manganese. Chief. Elsevier Press, *Encyclopedia of Inland Waters*, pp 35–44
- Liu, L., Zhang, T., Yu, X., Mkandawire, V., Ma, J., & Li, X. (2022). Removal of Fe^{2+} and Mn^{2+} from Polluted Groundwater by Insoluble Humic Acid/Tourmaline Composite Particles. *Materials*, 15(9), 3130. <https://doi.org/10.3390/ma15093130>
- Madhav, S., Ahamad, A., Singh, A., Sharma, S., & Singh, P. (2019). *Water Pollutants: Sources and Impact on the Environment and Human Health*. https://doi.org/10.1007/978-981-15-0671-0_4
- Mangallo, B., Alfontus, R., & Lestari, A. D. N. (2023). Efektivitas Metode Sand Filter Dalam Menurunkan Tingkat Kekeruhan Dan Kadar E. Coli Pada Air Sumur. *Jurnal Natural*, 19(1), 89 -93. <https://doi.org/10.30862/jn.v19i1.210>
- Mangallo, B., & Oktaviani, D., (2023). A Study on the Quality of Mako-mako River Water as Clean and Raw Water Source in Yembekiri Village. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(10), 8204–8209. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i10.4536>
- Mangallo, B., Mallongi, A., Musaad, I., Taberima, S., (2020). Slow Released Fertilizer of Fe^{2+} and Mn^{2+} from Composite Micronutrient Chitosan-Silica. *Sys Rev Pharm*;11(9):494-498.
- Ojo, O., Otieno, F., & Ochieng, G. (2012). Groundwater: Characteristics, qualities, pollutions and treatments: An overview. *International Journal of Water Resources and Environmental Engineering*, 4. <https://doi.org/10.5897/IJWREE12.038>
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2021 Tentang Tata Cara Penerbitan Persetujuan Teknis Dan Surat Ke-

layakan Operasional Bidang Pengendalian Pencemaran Lingkungan

- Putra, I. M., & Purnamo, A., (2012). Studi Pengguna Ferrolite Sebagai Campuran Media Filter Untuk Penurunan Besi (Fe) Dan Mangan (Mn) Pada Air Sumur. Jurusan Teknik Lingkungan, Kampus Its Sukolilo, Surabaya.
- Rusydi, A. F., Onodera, S.-I., Saito, M., Ioka, S., Maria, R., Ridwansyah, I., & Delinom, R. M. (2021). Vulnerability of groundwater to iron and manganese contamination in the coastal alluvial plain of a developing Indonesian city. *SN Applied Sciences*, 3(4), 399. <https://doi.org/10.1007/s42452-021-04385-y>
- Ulfikar Z, W, K, B. Effect of Filter Media (Zeolite, Ferrolite, And Manganese Greensand) And Combination of Media On The Levels of Iron And Manganese In Borehole Water. Department of Environmental Health, Health Polytechnic of The Ministry of Health, Aceh Besar, Indonesia. Mardiasuti, A., 1999. *Breeding Biology of the Edible-Nest Swiftlets in Java*. Media Konservasi Vol. VI, No. 2:37-43.
- Zhang Z, Xiao C, Adeyeye O, Yang W, Liang X (2020) Source and Mobilization Mechanism of Iron, Manganese and Arsenic in Groundwater of Shuangliao City. Northeast China Water 12(2):534. <https://doi.org/10.3390/w12020534>.