

PENURUNAN KADAR BESI (Fe) AIR TANAH MENGGUNAKAN AERASI DENGAN BUBBLE AERATOR dan
FILTRASI BATU ZEOLIT

Karisma Diah Septiani¹, Sunaryo², Tuhu Pinardi³

E-Mail

diahkarisma12345@gmail.com

ABSTRAK

Besi adalah salah satu elemen kimiawi yang dapat ditemui pada hampir setiap tempat-tempat di bumi, pada semua lapisan geologis dan semua badan air. Kadar besi (Fe) pada air yang berlebih akan menyebabkan korosi pada besi, berbau amis, membuat noda-noda kuning pada peralatan yang berwarna putih. Dengan adanya kandungan besi pada air perlu dilakukan penurunan kandungan besi (Fe) pada air.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan bubble aerator dan filtrasi batu zeolit dalam menurunkan besi (Fe) dalam air hingga memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan oleh Menteri Kesehatan. Jenis penelitian ini yaitu eksperimen pada desain alat bubble aerasi dengan waktu aerasi 40, 50, 60 dan 70 menit dan filtrasi batu zeolite, dengan menggunakan 6 kali replikasi. Dengan menggunakan uji Friedman test.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa menggunakan desain bubble aerasi dengan waktu aerasi 50 menit dan filtrasi batu zeolite memiliki tingkat efektifitas paling tinggi. Hasil analisis dengan uji statistik menggunakan friedman test dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan kandungan besi sebelum perlakuan dan sesudah perlakuan. Untuk penelitian lebih lanjut perlu dilakukan pemeriksaan kandungan besi (Fe) setelah dilakukan proses aerasi.

Kepustakaan :

Kata Kunci : Air tanah, Bubble aerator, Filtrasi, Besi (Fe)

PENDAHULUAN

Besi yaitu zat sintetis yang bisa ditemukan di belahan bumi, khususnya di lapisan tanah dan di seluruh badan air. Secara umum besi yang terkandung dalam air memiliki sifat mudah larut dan dapat disebut Fe^{2+} (fero) atau Fe^{3+} (feri) kemudian besi didalam air akan tersuspensi dengan butiran koloid seperti Fe_2O_3 , FeO , $Fe(OH)_2$,

$Fe(OH)_3$. Air permukaan jarang sekali ditemukan zat besi (Fe) jarang ditemukan, yaitu lebih dari 1 mg/l, namun di air tanah, besi (Fe) ditemukan melebihi dari 1 mg/l. besi (Febrina dan Astrid, 2014).

Dalam tubuh manusia dibutuhkan Zat Besi (Fe) dengan jumlah yang sangat terbatas, pemanfaatan zat besi (Fe) dalam tubuh manusia adalah sebagai salah satu jenis trombosit merah, dalam tubuh manusia

membutuhkan zat besi (Fe) sekitar 7-35 mg dalam sehari tidak lengkap didapat dari air. Padahal, zat besi (Fe) yang melebihi porsi akan mengacaukan kesehatan pada tubuh manusia yang tidak mengeluarkan zat besi (Fe), maka individu yang melakukan tranfusi darah, kulitnya akan berubahgelap dikarenakan penimbunan zat besi (Tan, 2017) .

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 zat besi dalam air bersih yang diperbolehkan adalah 1 mg/l dan untuk air minum adalah 0,3 mg/l. Logam besi (Fe) merupakan logam berat yang dibutuhkan oleh makhluk hidup dalam jumlah terbatas, namun dalam jumlah besar cenderung bersifat racun. Kelebihan zat besi (Fe) akan menyebabkan kesehatan manusia memburuk yang diakibatkan seperti keracunan, usus

yang rusak, lansia yang mendadak kematian, radang sendi, cacat kelahiran, gusi kering, kanker, sirosis ginjal, penyumbatan, diabetes, kendurnya usus, mual, mudah lelah, hepatitis, hipertensi, kurang tidur (Gali, 2020).

Gangguan pada mata dan kulit diakibatkan kelebihan Kadar besi (Fe) dalam air yang melebihi 1 mg/l, dan kelebihan kadar besi dalam air akan membuat air berbau seperti telur busuk. Residu besi (Fe) juga bisa menumpuk di alveoli dan mengakibatkan penurunan kerja paru (Febrina dan Astrid, 2014)

Ada 3 strategi penurunan besi (Fe) yaitu teknik sirkulasi udara, sedimentasi dan filtrasi. Strategi penurunan kadar zat besi adalah memanfaatkan teknik sirkulasi udara, yaitu siklus dimana air bercampur dengan udara sehingga kandungan oksigen dalam air meningkat. Dalam sirkulasi udara ada 2 cara yang berbeda untuk menambahkan oksigen, khususnya dengan menambahkan udara ke air dan mendorong air untuk terhubung dengan oksigen.

Jumlah sumur gali timba yang dimiliki oleh warga di Desa Gunung sebanyak 4 sumur, sumur gali dengan sistem pompa listrik (DAP) sebanyak 115, sedangkan yang menggunakan sumur bor sebanyak 519.

Desa Gunung, Kelurahan Kartoharjo, Kabupaten Magetan memiliki luas wilayah 74.025 ha, di desa tersebut mayoritas masyarakat masih menggunakan air tanah guna untuk keperluan sehari-hari. Setelah dilakukan pengambilan sampel di desa tersebut tepatnya di RT 10 di peroleh hasil laboratorium kadar besi (Fe) air tanah sebesar 5,0208 mg/l, RT 14 sebanyak 4,8125 mg/l dan di RT 16 sebanyak 4,2500 mg/l. sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor.32 Tahun 2007 zat besi (Fe) yang diperbolehkan dalam air minum yaitu 0,3 mg/l dan untuk air bersih yaitu 1 mg/l di

desa tersebut air tanah yang digunakan masyarakat mengandung zat besi (Fe) yang melebihi Nilai Ambang Batas.

METODE PENELITIAN

Peneliti menggunakan jenis eksperimen semu (Quasi Eksperimen). Penelitian dilakukan secara eksperimen dengan sebenarnya dan tidak dimungkinkan untuk mengendalikan atau memalsukan seluruh variabel yang relevan, penelitian ini dilaksanakan secara terencana artinya dalam penelitian ini untuk memperoleh hasil yang fakta dan memperoleh kesimpulan sehingga mampu untuk memecahkan masalah (Ayuning Tyas, 2011).

Desain yang digunakan yaitu "Friedman test". Dilakukan untuk meneliti tentang kadar besi (Fe) air tanah sebelum dan sesudah perlakuan dengan satu sampel dan dilakukan replikasi dengan jumlah yang sama. Hasil dari perlakuan akan dibandingkan dengan baku mutu.

HASIL

- a. Data Data hasil zat besi (Fe) pada air tanah sebelum dan setelah perlakuan dengan aerasi selama 40 menit dan filtrasi Pemeriksaan zat besi (Fe) dilaboraturium pada sampel air tanah sebelum dan setelah perlakuan aerasi selama 40 menit dan dilakukan filtrasi memperoleh hasil sebagai berikut :

Kode Sampel	Kandungan Zat Besi (Fe)		Jumlah Penurunan	Prosentase Penurunan
	Sebelum	Sesudah		
1	1,3165	1,249	0,076	5,7728 %
2	1,3165	1,249	0,076	5,7728 %
3	1,3165	0,9605	0,356	27,0413 %
4	1,3165	0,9605	0,356	27,0413 %
5	1,3165	0,9605	0,356	27,0413 %
6	1,3165	0,9605	0,356	27,0413 %
Rata-rata	1,3165	1,0546	0,262	19,9518 %

Sumber: Hasil pemeriksaan laboratorium SMKN 3 KIMA MAGELAN

Dari hasil pemeriksaan zat besi setelah perlakuan di peroleh hasil rata-rata zat besi pada air tanah setelah perlakuan dengan aerasi selama 40 menit dan filtrasi yaitu sebesar 1,3165 mg/l. Hasil rata-rata zat besi setelah

perlakuan sebesar 1,0546 mg/l. Hasil rata-rata penurunan zat besi diperoleh sebesar 0,262 dan untuk prosentase diperoleh hasil sebesar 19,9518 %

- b. Data Data hasil zat besi (Fe) pada air tanah sebelum dan setelah perlakuan dengan aerasi selama 50 menit da filtrasi.

Pemeriksaan zat besi (Fe) dilaboraturium pada sampel air tanah sebelum dan setelah perlakuan aerasi selama 50 menit dan dilakukan filtrasi memperoleh hasil sebagai berikut :

Kode Sampel	Kandungan Zat Besi (Fe)		Jumlah Penurunan	Prosentase Penurunan
	Sebelum	Sesudah		
1	1,3165	1,2429	0,076	5,7728 %
2	1,3165	0,9605	0,356	27,0413 %
3	1,3165	0,9605	0,356	27,0413 %
4	1,3165	0,9605	0,356	27,0413 %
5	1,3165	0,9605	0,356	27,0413 %
6	1,3165	0,9605	0,356	27,0413 %
Rata-rata	1,3165	1,007	0,309	23,4965 %

Sumber : Hasil pemeriksaan laboratorium SMK N 3 KIMIA MADJUN

Dari hasil pemeriksaan zat besi setelah perlakuan di peroleh hasil rata-rata zat besi pada air tanah setelah perlakuan dengan aerasi selama 50 menit dan filtrasi yaitu sebesar 1,3165 mg/l. Hasil rata-rata zat besi setelah perlakuan sebesar 1,007 mg/l. Hasil rata-rata penurunan zat besi diperoleh sebesar 0,309 dan untuk prosentase diperoleh hasil sebesar 23,4965 %.

- c. Data Data hasil zat besi (Fe) pada air tanah sebelum dan setelah perlakuan dengan aerasi selama 60 menit da filtrasi.

Pemeriksaan zat besi (Fe) dilaboraturium pada sampel air tanah sebelum dan setelah perlakuan aerasi selama 60 menit dan dilakukan filtrasi memperoleh hasil sebagai berikut :

Kode Sampel	Kandungan Zat Besi (Fe)		Jumlah Penurunan	Prosentase Penurunan
	Sebelum	Sesudah		
1	1,3165	1,2429	0,076	5,7728 %
2	1,3165	1,2429	0,076	5,7728 %
3	1,3165	0,9605	0,356	27,0413 %
4	1,3165	0,9605	0,356	27,0413 %
5	1,3165	0,9605	0,356	27,0413 %
6	1,3165	0,9605	0,356	27,0413 %
Rata-rata	1,3165	1,0546	0,262	19,9518 %

Sumber : Hasil pemeriksaan laboratorium SMK N 3 KIMIA MADJUN

Dari hasil pemeriksaan zat besi setelah perlakuan di peroleh hasil rata-rata zat besi pada air tanah setelah perlakuan dengan aerasi selama 50 menit dan filtrasi yaitu sebesar 1,3165 mg/l. Hasil rata-rata zat besi setelah perlakuan sebesar 1,0546 mg/l. Hasil rata-rata penurunan zat besi diperoleh sebesar 0,262 dan untuk prosentase diperoleh hasil sebesar 19,9518 %.

- d. Data hasil zat besi (Fe) pada air tanah sebelum dan setelah perlakuan dengan aerasi selama 70 menit da filtrasi.

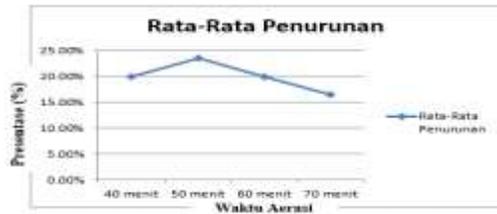
Pemeriksaan zat besi (Fe) dilaboraturium pada sampel air tanah sebelum dan setelah perlakuan aerasi selama 70 menit dan dilakukan filtrasi memperoleh hasil sebagai berikut :

Kode Sampel	Kandungan Zat Besi (Fe)		Jumlah Penurunan	Prosentase Penurunan
	Sebelum	Sesudah		
1	1,3165	1,2429	0,076	5,7728 %
2	1,3165	1,2429	0,076	5,7728 %
3	1,3165	1,2429	0,076	5,7728 %
4	1,3165	0,9605	0,356	27,0413 %
5	1,3165	0,9605	0,356	27,0413 %
6	1,3165	0,9605	0,356	27,0413 %
Rata-rata	1,3165	1,1017	0,216	16,4070 %

Sumber : Hasil pemeriksaan laboratorium SMK N 3 KIMIA MADJUN

Dari hasil pemeriksaan zat besi setelah perlakuan di peroleh hasil rata-rata zat besi pada air tanah setelah perlakuan dengan aerasi selama 50 menit dan filtrasi yaitu sebesar 1,3165 mg/l. Hasil rata-rata zat besi setelah perlakuan sebesar 1,1017 mg/l. Hasil rata-rata penurunan zat besi diperoleh sebesar 0,216 dan untuk prosentase diperoleh hasil sebesar 16,4070 %.

- e. Data Rekapitulasi Pemeriksaan Kandungan Zat Besi (Fe) Air Tanah Sebelum dan Sesudah Perlakuan:



Gambar IV.1 Grafik Penurunan Zat Besi Setelah Perlakuan

Pada grafik IV.1 zat besi (Fe) setelah perlakuan aerasi dengan bubble aerator dan filtrasi batu zeolite penurunan tertinggi terdapat pada waktu aerasi 50 menit yaitu turun 23,4965 % dan penurunan terendah pada waktu aerasi 70 menit turun sebesar 16.4070%.

- f. Hasil perhitungan statistika dengan menggunakan SPSS uji friedman test kadar besi air tanah sebelum perlakuan dan setelah perlakuan memperoleh hasil uji sebagai berikut :

HASIL UJI FRIEDMAN TEST

N	6
Chi-Square	20.889
Df	4
Asymp. Sig	0,000

Berdasarkan table diatas diperoleh N (besarnya sampel) sebanyak 6 dan nilai Chi-Square diperoleh sebesar 20.889 dan nilai df sebesar 4 dimana di peroleh dari N-2 dan nilai Asymp.Sig memperoleh 0.000. Dari table tersebut dapat dikatan bahwa nilai Asymp, Sig yaitu $0.000 < 0,05$ sehingga dapat disimpulkan bahwa H_0 ditolak, dapat diartikan bahwa ada perbedaan antara kandungan besi sebelum dan sesudah perlakuan.

Berdasarkan table 4.5, diketahui nilai Chi-Square Hitung sebesar 20.889, sedangkan nilai Chi-Square tabel dengan menggunakan p -value 0,05 atau 5% memperoleh hasil 9.488. dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai Chi-Square hiting $> T$ tabel maka H_0 ditolak dan dapat diartikan bahwa ada

perbedaan antara kandungan besi sebelum perlakuan dan sesudah perlakuan.

PEMBAHASAN

1. Kandungan zat besi (Fe) pada air tanah sebelum dilakukan perlakuan

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium pada sampel air tanah bahwa air tanah mengandung zat besi sebesar 1, 3165 mg/l. Dimana air tanah tersebut melebihi baku mutu yang ditetapkan oleh Menteri Kesehatan melalui Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2007 untuk kadar maksimum yang diperbolehkan yaitu 1 mg/l untuk air bersih dan 0,3 mg/l untuk kebutuhan air minum.

Air tanah sebelum dilakukan perlakuan berbau amis, secara fisik warna air jernih namun terdapat kotoran-kotoran yang melayang, jika air digunakan untuk mandi maupun untuk cuci tangan di tubuh terasa licin.

2. Kandungan zat besi (Fe pada air tanah setelah dilakukan perlakuan dengan aerasi dan filtrasi batu zeolite)

Dari hasil uji laboratorium diperoleh hasil penurunan zat besi (Fe) air tanah dengan menggunakan metode aerasi dengan bubble aerator dan filtrasi batu zeolite diperoleh hasil sebagai berikut :

- a. Dapat dilihat pada tabel IV.1 hasil pemeriksaan laboratorium kadar besi (Fe) air tanah sesudah perlakuan menggunakan aerasi

dengan bubble aerator dan filtrasi batu zeolite dengan variasi waktu aerasi selama 40 menit memperoleh hasil rata-rata kadar besi (Fe) air tanah sebesar 1,0546 mg/l dan mengalami penurunan sebesar 19,951 %. Aerasi dengan variasi waktu 40 menit belum dapat menurunkan kadar besi (Fe) air tanah yang sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan oleh Menteri Kesehatan, nilai baku mutu yang ditetapkan yaitu 1 mg/l.

Faktor yang dapat mempengaruhi penurunan kadar besi (Fe) air tanah yaitu dengan adanya perlakuan aerasi pada air. Prinsip dari proses aerasi sendiri yaitu penambahan oksigen ke dalam air. Tujuan dari penambahan oksigen di dalam air yang mengandung besi (Fe) yaitu merubah besi didalam air yang terlarut menjadi tidak terlarut atau dapat diartikan merubah besi yang bervalensi 2^+ menjadi besi bervalensi 3^+ .

- b. Dapat dilihat pada tabel IV.2 hasil pemeriksaan laboratorium zat besi (Fe) air tanah sesudah perlakuan menggunakan aerasi dengan bubble aerator dan filtrasi batu zeolite dengan menggunakan variasi waktu aerasi selama 50 menit memperoleh hasil kadar besi sebesar 1,007 mg/l dengan rata-rata penurunan sebesar 23,4965 %.

Berdasarkan penelitian Alfian Mubarak pada tahun 2016 dengan judul “ Keaktifan Waktu Aerasi Menggunakan Bubble

Aerator dalam Menurunkan Kadar Besi (Fe) Air Sumur Desa Kebaronganm Kemrajen Banyumas Tahun 2016. Pada penelitian ini peneliti menggunakan waktu aerasi 10, 20, 30, 40, 50 dan 60 menit. Pada menit 10, 20, 30 dan 40 menit mengalami penurunan dan pada menit ke 50 dan 60 mengalami kenaikan. Dalam penelitian tersebut juga menjelaskan bahwa kenaikan kadar besi terjadi pada menit 60 dan 70 yaitu memungkinkan adanya kejenuhan oksigen yang larut dalam air sehingga pada proses aerasi tidak bekerja secara maksimal.

- c. Dapat dilihat pada tabel IV.3 hasil pemeriksaan laboratorium zat besi (Fe) air tanah sesudah perlakuan menggunakan aerasi dengan bubble aerator dan filtrasi batu zeolite dengan menggunakan variasi waktu 60 menit memperoleh hasil kadar besi sebesar 1,0546 mg/l dengan rata-rata penurunan kadar besi 19,9518 %.

Filtrasi menurut Tri Joko di dalam buku “ Unit Produksi dalam Sistem Penyediaan Air Minum” adalah proses penyaringan sebuah partikel secara fisik, kimia dan biologi untuk menyaring partikel yang lolos pada tahap sedimentasi. Filtrasi dapat memaksimalkan penurunan kontaminasi seperti adanya bakteri, warna, rasa dan bau.

Dalam filtrasi penelitian menggunakan batu zeolite sebagai filter. Zeolite merupakan

Kristal alumina silica yang terbentuk dari tetrahedral alumina dan silika dengan rongga yang didalamnya terdapat ion-ion logam, biasanya terdapat molekul air yang mampu bergerak secara bebas. Fungsi dari zeolite yaitu sebagai adsorben dan penyaring molekul, dan penyaring molekul dan sebagai ion exchanger atau sebagai penukar ion di dalam proses pengolahan air (Kusnaidi, 2010).

- d. Berdasarkan tabel IV.4 hasil pemeriksaan laboratorium zat besi (Fe) air tanah sesudah dilakukan perlakuan menggunakan aerasi dan filtrasi batu zeolite dengan variasi waktu aerasi selama 70 menit memperoleh hasil rata-rata zat besi sebesar 1,1017 mg/l dan dapat menurunkan sebesar 16,4070 %.

Faktor yang mempengaruhi pada proses aerasi menurut Tri Joko (2010) yaitu temperature air dan temperature udara yang ada disekitarnya, karakteristik partikel yang mudah menguap, resistensi perpindahan gas, luas permukaan kontak dengan volume aerator yang digunakan dan waktu kontak yang digunakan dalam proses aerasi.

Prinsip dari penurunan zat besi adalah pada proses aerasi dan pengendapan. Proses penghilangan zat besi yaitu mengubah zat besi dalam air yang awalnya berbentuk ferro dioksida kemudian ditambahkan oksigen dan berubah menjadi besi bentuk ferihidroksida.

KESIMPULAN

1. Kadar besi sebelum dilakukan perlakuan dengan aerasi dan filtrasi batu zeolite yaitu 1,3165 mg/l
2. Hasil pemeriksaan zat besi (Fe) pada air tanah setelah dilakukan perlakuan menggunakan bubble aerasi selama 40 menit dan filtrasi batu zeolite memperoleh nilai rata-rata kandungan besi sebesar 1,0546 mg/l, aerasi 50 menit dan filtrasi sebesar 1,008 mg/l, aerasi selama 60 menit dan filtrasi sebesar 1,0546 mg/l, dan aerasi selama 70 menit dan filtrasi sebesar 1,1017 mg/l.
3. Prosentase hasil penurunan kadar besi setelah perlakuan dengan aerasi 40 menit dan filtrasi batu zeolite turun sebanyak 19,9518 %, aerasi 50 menit dan filtrasi batu zeolite turun sebanyak 23,4965 %, aerasi 60 menit dan filtrasi turun sebesar 19,9518% dan aerasi 70 menit dan filtrasi batu zeolite turun sebesar 16,4070 %.
4. Berdasarkan hasil uji statistika menggunakan SPSS dengan uji friedman test dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan kandungan besi pada air tanah sebelum perlakuan dan setelah perlakuan.

SARAN

1. Perlu dilakukan pemeriksaan kandungan besi (Fe) setelah dilakukan proses aerasi.
2. Perlu dilakukan pengecekan suhu air sebelum perlakuan maupun setelah perlakuan
3. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan penambahan bahan filtrasi

DAFTAR PUSTAKA

- Alifianna. (2018). Kemampuan Media Zeolit dalam Menurunkan Kadar Fe. *Poltekkes Kemenkes Yogyakarta*, 9–26
- Arsyad. K. (2017). Modul Geologi dan Hidrogeologi Pelatihan Perencanaan Air Tanah 2017. *Kementrian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat*, 76.
- Bima. (2005). Bab Ii Tinjauan Pustaka Aplikasi. *Hilos Tensados, 1*, 1–476.
- Damayanti, H. R. (2018). Pemetaan Wilayah Persebaran Fe pada Air Sumur Gali di Desa Kotesan, Prambanan, Klaten. *Poltekkes Kemenkes Yogyakarta*, 9–29. <http://eprints.poltekkesjogja.ac.id/850/>
- Febrina, A., & Astrid, A. (2014). STUDI PENURUNAN KADAR BESI (FE) DAN MANGAN (MN) DALAM AIR Pertumbuhan penduduk di Indonesia yang perumahan serta pemenuhan kebutuhan akan air bersih . Manusia dapat bertahan hidup meningkatkan derajat kesehatan masyarakat , karena air merupakan salah. *Jurnal Teknologi*, 7(1), 36–44. <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/jurtek/article/download/369/341>
- Gali, S. (2020). *quasi experimental*. 8(1), 97–103.
- Ii, B. A. B., & Pustaka, T. (2013). mempunyai afinitas tinggi terhadap air dan senyawa polar lainnya. Sebaliknya jika rasio Si/Al tinggi, maka zeolit bersifat. 6–20.
- Ii, B. A. B., & Teori, D. (2010). Istilah hydrothermal biasanya mengacu pada reaksi heterogen. 4–30.
- Joko Tri. 2010. Unit Produksi Dalam Sistem Penyediaan Air Minum. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Kiser, K. (2006). Field research. *Minnesota Medicine.*, 89(3), 15–17. <https://doi.org/10.2307/j.ctv6cfr16.9>
- Kementerian Kesehatan RI. (2011). Penjernihan air dengan metode aerasi & filtrasi. *Pelatihan Teknologi Tepat Guna Kesehatan Lingkungan*, 1–19. www.bapelkescikarang.or.id/Pengolahanairbersih/mi6a modulpenjernihanairdenganmetodeaerasi
- K, Agustina, H Santjoko, T. B. (2019). Pasir Kuarsa Dan Arang Aktif Sebagai Media Filtrasi Untuk Menurunkan Kandungan Besi (Fe) Pada Air Sumur Gali Di Dusun Tempursari. *Kesehatan Lingkungan*, 9–31. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Khiqmah, N. V. (2015). Pengembangan Teknik Adsorpsi dengan Menggunakan Ion Exchanger Berbasis Zeolit-Karbon Aktif untuk Produksi Air Sanitasi. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 3–14.
- Mugiyantoro, A., Husna Rekinagara, I., Dian Primaristi, C., & Soesilo, J. (2017). Penggunaan Bahan Alam Zeolit, Pasir Silika, Dan Arang Aktif Dengan Kombinasi Teknik Shower Dalam Filterisasi Fe, Mn, Dan Mg Pada Air Tanah Di Upn “Veteran” Yogyakarta. *Seminar Nasional Kebumian Ke-10*, 492, 1127–1137.
- Munthe, S. A., Manurung, J., Studi, P., Masyarakat, K., Sari, U., Indonesia, M., Studi, P., Masyarakat, K., Aerator, W., Aerator, M. P., & Sumur, A. (2018).

Analisa Penurunan Kadar Besi (Fe) dengan Metode Waterfall Aerator dan Multiple. *Jurnal Mutiara Kesehatan Masyarakat*, 3(2), 125–135.

Noor, E. (2017). *Peningkatan Kualitas Pengolahan Air Bersih Dengan*. 2(2), 91–100.

Oxtoby. (2016). *Pengertian Fitnasi*. 3–14.

Pamudji, T., & Djono, A. (n.d.). *Perencanaan teknis unit produksi*.

Said, N. I. (2008). Metoda praktis penghilangan zat besi dan mangan di dalam air minum. *Teknologi Pengelolaan Air Minum “Teori Dan Pengalaman Praktis,”* 306–336.

Sari, R. R. (2015). *Penentuan Kadar Besi (Fe) dalam Sampel Air dari Sumur Kampus Diploma Teknik Universitas Diponegoro dengan Spektrofotometer Genesys 20 Visibel*. 4–14. http://eprints.undip.ac.id/47821/4/BAB_II.pdf

Sari, W. K. (2010). *Studi penurunan besi (Fe) dan mangan (Mn) dengan menggunakan cascade aerator dan rapid sand filter pada air sumur gali*.

Tan, R. (2017). *Pre Experiment Questionnaire*. 6(2), 10–12.

Yuniarti, D. P., Komala, R., & Aziz, S. (2019). *Pengaruh Proses Aerasi Terhadap Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Di Ptpn Vii Secara Aerobik*. 4(2), 7–16.