

PEMISAHAN ION LOGAM BESI DAN MANGAN PADA AIR SUMUR (DALAM) WONOBOYO MENGGUNAKAN METODE KOLOM ADSORPSI

SEPARATION OF IRON AND MANGANESE METAL IONS IN WONOBOYO (DEEP) WELL WATER USING ADSORPTION COLUMN METHOD

Sunarto*, Suyanta, Regina Tutik Padmaningrum, Isana Supiah YL, Karlinda

Jurusan Pendidikan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta 55281, Indonesia

*email korespondensi: sunarto@uny.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk memisahkan ion logam besi dan mangan pada air sumur (dalam) menggunakan metode adsorpsi kolom. Berdasarkan penelitian, diketahui efektivitas metode adsorpsi kolom untuk penurunan kadar logam besi dan mangan pada air sumur, efisiensi waktu penjerapan terhadap ion logam besi dan mangan, serta kondisi air sumur sebelum dan sesudah adsorpsi. Penelitian dilakukan pada air sumur (dalam) Wonoboyo, Kecamatan Jogonalan, Kabupaten Klaten. Proses adsorpsi menggunakan kolom berisi zeolit dan karbon aktif sebagai adsorben. Pada penelitian ini efektivitas pemisahan logam besi dan mangan dari air sumur (dalam) diketahui dari nilai efisiensi penjerapannya. Analisis logam besi dan mangan dilakukan dengan Spektrofotometri Serapan Atom (AAS). Selain itu juga dilakukan uji parameter air yaitu pH dan TDS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin lama proses adsorpsi, maka efektivitas adsorben zeolit dan arang aktif dalam menurunkan kadar Fe dan Mn meningkat. Efisiensi penjerapan cukup tinggi dengan rata-rata 97,50% untuk Fe dan 98,33% untuk Mn. Air yang sebelumnya keruh menjadi jernih dengan pH dan TDS yang semakin kecil, sehingga air lebih aman dikonsumsi karena semakin jauh dari nilai ambang batas yang ditetapkan dalam SNI dan permenkes RI N0.492/MENKES/PER/IV/2010.

Kata kunci: air sumur dalam, adsorpsi kolom, besi, mangan, karbon aktif, zeolit, efektivitas adsorpsi

Abstract

This study aims to separate iron and manganese metal ions in (deep) well water using column adsorption method. Based on the research the effectiveness of the column adsorption method for reducing iron and manganese levels in well water, the efficiency of adsorption time on iron and manganese metal ions, and the condition of well water before and after adsorption will be known. The research was conducted on (deep) wells water in Wonoboyo, Jogonalan Subdistrict, Klaten Regency. The adsorption process uses a column containing zeolite and activated carbon as adsorbents. In this study, the effectiveness of the separation of iron and manganese from (deep) well water is known from the value of adsorption efficiency. The analysis of iron and manganese was carried out by Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS). In addition, water parameters were tested, namely pH and TDS. The results show that the longer the adsorption process, the effectiveness of the adsorbent of zeolite and activated charcoal in reducing Fe and Mn levels is increased. The adsorption efficiency is quite high with an average of 97.50% for Fe and 98.33% for Mn. Water that was previously cloudy becomes clear with a lower pH and TDS, so the water is safer for consumption because it is further away from the stipulated threshold in SNI and the guidance from Ministry of Health of Republic of Indonesia N0.492/MENKES/PER/IV/2010.

Keywords: deep well water, column adsorption, iron, manganese, activated carbon, zeolite, adsorption effectiveness

Pendahuluan

Air penting untuk kelangsungan hidup. Air yang diperlukan oleh makhluk hidup adalah air yang memenuhi syarat fisika, kimia, dan mikrobiologis. Persyaratan air secara fisika adalah tidak berbau, tidak berwarna, dan tidak berasa. Syarat mikrobiologi air adalah tidak mengandung bakteri *Escherichia coli* dan *coliform*. Syarat kimiawi air adalah tidak terdapat zat kimia seperti arsen (As), besi (Fe), klorida (Cl) dan kesadahan berupa CaCO_3 [1,2]. Air tanah berperan penting dalam kehidupan manusia, yaitu sebagai air bersih, irigasi, dan industri.

Salah satu sumber air tanah yaitu air sumur dalam. Sumur dalam dibuat dengan cara mengebor tanah dengan kedalaman ratusan meter [3]. Di Desa Wonoboyo, Kecamatan Jogonalan, Kabupaten Klaten, masyarakat menggunakan sumur dalam sebagai sumber air untuk kehidupan sehari-hari, namun terjadi perubahan fisik dari air, seperti warna air yang kuning-kecoklatan, keruh, dan berbau tajam. Kualitas air sumur tersebut terindikasi mengandung ion logam berat seperti ion logam besi dan mangan yang melebihi kadar. Kadar besi dalam air minum maksimum yang diperbolehkan adalah 0,3 mg/L dan mangan 0,1 mg/L [4,5].

Beberapa metode konvensional untuk menghilangkan logam berat dari perairan yang telah dilakukan antara lain seperti presipitasi, ekstraksi pelarut, pengapungan, ultra-filtrasi, elektrokoagulan, *reverse osmosis*, pertukaran ion, elektrodialisis, proses membran, penguapan, dan pengolahan secara biologis. Sebagian besar metode ini memiliki kelemahan seperti biaya tinggi, menghasilkan limbah beracun, efisiensi rendah, dan membutuhkan energi dan tempat luas [6,7]. Salah satu metode yang banyak digunakan dan efektif untuk menghilangkan logam berat dari perairan yaitu metode adsorpsi [8].

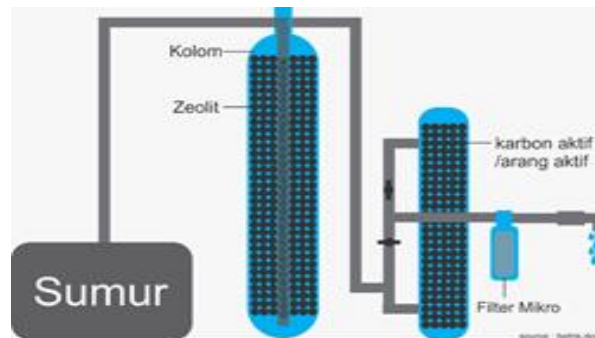
Adsorpsi merupakan metode yang ekonomis dan efektif untuk menghilangkan kandungan logam karena biaya yang relatif murah, dapat diregenerasi, dan relatif sederhana [9]. Karbon aktif dan zeolit alam berpotensi sebagai adsorben. Zeolit alam keberadaannya melimpah, memiliki kapasitas pertukaran ion yang tinggi, murah, selektifitas tinggi, serta stabil. Air tanah yang dilewatkan pada kolom gelas berisi zeolit dapat menurunkan kadar Fe sampai 55% [10]. Berdasarkan hal tersebut, dilakukan penelitian pemisahan ion logam besi dan mangan pada air sumur (dalam) Wonoboyo, Jogonalan, Klaten menggunakan metode kolom adsorpsi dengan adsorben berupa arang aktif dan zeolite.

Metode Penelitian

Subyek penelitian ini adalah sistem adsorpsi kolom yang meliputi ion logam besi dan mangan. Objeknya adalah efektivitas pemisahan logam besi dan mangan dalam air sumur (dalam) desa Wonoboyo. Alat yang digunakan yaitu set kolom adsorpsi yang terbuat dari bahan PVC setinggi 150 cm dan diameter 80 cm untuk kolom yang berisi zeolit alam dan setinggi 120 cm dan diameter 50 cm untuk kolom yang berisi arang aktif, ember, mesin pompa air, pH meter, TDS meter, Spektrofotometer Serapan atom Shimadzu AA-7000, pipet volume, neraca, dan labu ukur. Bahannya yaitu sampel air sumur (dalam) Desa Wonoboyo, Kecamatan Jogonalan, Kabupaten Klaten, zeolit alam, karbon aktif, dan akuades.

Langkah awal penelitian ini menentukan uji awal sampel air sumur, yaitu mengambil air sumur sebelum proses adsorpsi, mengukur pH dan TDS, serta menentukan kadar besi dan mangan dengan AAS. Selanjutnya, melakukan proses adsorpsi air sumur (dalam), dimulai dengan mengalirkan air sumur menggunakan pompa air. Air sumur mengalir melewati kolom pertama yang berisi zeolit alam, kemudian menuju kolom kedua yang

berisi karbon aktif menuju lampu UV dan keluar melewati kran, kemudian ditampung pada sebuah kolam (Gambar 1).



Gambar 1. Skema alat penelitian

Air yang dihasilkan dari proses adsorpsi ditampung menggunakan drigen untuk dianalisis (melakukan uji pH dan TDS, mengukur serapan besi dan mangan dengan AAS). Pengambilan sampel dilakukan sekali dalam sepekan selama satu bulan, dan melakukan pengujian serupa pada masa adsorpsi hari ke-7, 14, 21, 28, dan 35. Data hasil AAS dianalisis dan dihitung efisiensi adsorpsinya (%). Perhitungan efisiensi adsorpsi untuk penurunan besi dan mangan dalam air sumur menggunakan persamaan (1),

$$E_p = \frac{C_0 - C_1}{C_n} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan pada persamaan (1) yaitu E_p merupakan efisiensi penjerapan (%), C_0 merupakan konsentrasi logam awal (ppm), dan C_1 merupakan konsentrasi logam setelah proses adsorpsi (ppm).

Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini menggunakan satu set alat kolom adsorpsi dengan adsorben zeolit alam dan arang aktif (Gambar 2). Rangkaian kolom dibuat dalam skala lapangan dan dipasang di Desa Wonoboyo, Jogonalan, Klaten.



Gambar 2. Rangkaian kolom adsorpsi

Hasil Uji pH

Hasil pengujian pH pada air sumur (dalam) sebelum dan sesudah proses adsorpsi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data hasil uji parameter pH

Hari ke-n (Lama Pemakaian)	Hasil pH	
	Sebelum Adsorpsi	Sesudah Adsorpsi
Hari ke-1	7,1	7,4
Hari ke-7	7,1	7,4
Hari ke-14	7,1	7,5
Hari ke-21	7,1	7,5
Hari ke-28	7,1	7,5
Hari ke-35	7,1	7,6

Tabel 1 menunjukkan pH sampel air sumur mengalami kenaikan setelah air melewati kolom adsorpsi meskipun tidak signifikan. Selama penerapan proses adsorpsi, rerata pH adalah 7,48. Berdasarkan persyaratan air minum, kadar maksimum pH adalah 6,5-8,5 [3], sehingga pH air hasil adsorpsi ini memenuhi standar konsumsi.

Hasil Uji TDS

Hasil pengujian TDS pada air sumur (dalam) sebelum dan sesudah proses adsorpsi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data hasil uji parameter TDS

Hari ke-n (Lama Pemakaian)	Hasil TDS	
	Sebelum Adsorpsi	Sesudah Adsorpsi
Hari ke-1	171	162
Hari ke-7	171	157
Hari ke-14	171	152
Hari ke-21	171	152
Hari ke-28	171	148
Hari ke-35	171	146

Tabel 2 menunjukkan TDS sampel air sumur mengalami penurunan setelah air melewati kolom adsorpsi. Penurunan nilai TDS akan meningkatkan kualitas air. Semakin kecil kandungan zat padat terlarutnya, maka semakin baik air dikonsumsi. Berdasarkan baku mutu air minum untuk parameter TDS adalah 500 mg/L [3], sehingga air hasil adsorpsi telah memenuhi standar dan aman untuk dikonsumsi.

Hasil Uji Kandungan Besi dan Mangan

Proses adsorpsi air sumur (dalam) dilakukan selama 35 hari dengan pengambilan dan pengujian sampel sekali dalam seminggu secara berkala,

kemudian dianalisis konsentrasi logam besi dan mangan dengan AAS. Sampel air sumur yang diuji dilakukan penambahan HNO₃ untuk mengurangi matrik pengganggu. Hasil pengujian kadar besi dan mangan dalam air sumur sebelum dan setelah adsorpsi dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Hasil uji konsentrasi besi dalam sampel air sumur

Hari ke-n (Lama Pemakaian)	Konsentrasi Besi		Efisiensi (%)
	Sebelum Adsorpsi (mg/L)	Sesudah Adsorpsi (mg/L)	
Hari ke-1	0,0640	<0,0016	97,50
Hari ke-7	0,0640	<0,0016	97,50
Hari ke-14	0,0640	<0,0016	97,50
Hari ke-21	0,0640	<0,0016	97,50
Hari ke-28	0,0640	<0,0016	97,50
Hari ke-35	0,0640	<0,0016	97,50

Tabel 4. Hasil uji konsentrasi mangan dalam sampel air sumur

Hari ke-n (Lama Pemakaian)	Konsentrasi Mangan		Efisiensi (%)
	Sebelum Adsorpsi (mg/L)	Sesudah Adsorpsi (mg/L)	
Hari ke-1	1,5957	0,0757	95,26
Hari ke-7	1,5957	0,0577	96,38
Hari ke-14	1,5957	<0,0016	99,90
Hari ke-21	1,5957	<0,0016	99,90
Hari ke-28	1,5957	<0,0016	99,90
Hari ke-35	1,5957	0,0217	98,64

Hasil analisis kandungan besi dalam air sumur sebelum melewati kolom adsorpsi adalah 0,0640 ppm dan mangan 1,5957 ppm. Setelah sampel air sumur dilewatkan pada kolom adsorpsi pada masa penggunaan hari ke-1 sampai hari ke-35 dan dilakukan uji setiap satu minggu sekali selama satu setengah bulan secara teratur, kandungan besi menjadi kurang dari 0,0016 ppm pada penggunaan hari ke-1, ke-7, ke-14, ke-21, ke-28, dan hari ke-35. Sedangkan kandungan mangan setelah proses adsorpsi menjadi 0,0757 ppm pada penggunaan hari ke-1; 0,0577 ppm pada penggunaan hari ke-7; <0,0016 ppm pada penggunaan hari ke-14, hari ke-21 dan hari ke-28; serta 0,0217 ppm pada penggunaan hari ke-35.

Analisis kandungan besi dan mangan awal menunjukkan air sumur (dalam) Desa Wonoboyo, Jogonalam, Klaten masih di bawah ambang batas yaitu 0,3 ppm untuk besi dan 0,4 ppm untuk mangan [3]. Penelitian ini tetap dijalankan untuk mengetahui apakah alat kolom adsorpsi menggunakan adsorben zeolit alam dan arang aktif efektif untuk menurunkan kandungan logam besi dan mangan dalam air sumur tersebut.

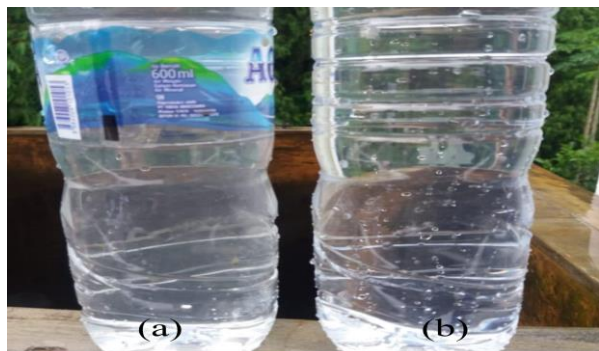
Efektivitas Metode Adsorpsi Kolom dan Efisiensi Waktu Penjerapan

Berdasarkan data, nilai efisiensi menunjukkan daya jerap adsorben terhadap logam besi pada masa pemakaian hari ke-1 hingga hari ke-35 dapat menurunkan logam besi 97,50%. Penurunan kadar logam besi cukup stabil. Daya jerap adsorben terhadap logam mangan, pada masa pemakaian hari ke-1 dapat menurunkan logam mangan 95,26%, hari ke-7 96,38%, hari ke-14, hari ke-21, dan hari ke-28 sebesar 99,90%, dan pada masa pemakaian hari ke-35 sebesar 98,64%. Dari nilai efisiensi menunjukkan daya jerap adsorben terhadap logam mangan dari masa pemakaian hari ke-1 hingga hari ke-28 semakin meningkat. Namun mengalami penurunan daya jerap pada hari ke-35.

Hal ini disebabkan adsorben yang digunakan dalam waktu lama membuat permukaan adsorben menjadi jenuh, sehingga perlu mencuci balik adsorben agar kotoran hilang. Hasil ini sesuai dengan penelitian lain [7] yang menunjukkan zeolit menjadi jenuh setelah digunakan selama 42 hari dan efisiensi berkurang seiring bertambahnya masa pemakaian adsorben. Jadi, metode adsorpsi kolom dengan adsorben zeolit dan arang aktif sangat efektif dan efisien dalam menjerap logam besi dan mangan dalam air sumur (dalam). Hal ini dibuktikan dengan nilai rerata efisiensi yang sangat tinggi, pada logam besi yaitu 97,50% dan pada logam mangan mencapai 99,90%.

Kondisi Air Sumur Sebelum dan Setelah Adsorpsi

Berdasarkan analisis terhadap sifat fisik air, diperoleh air yang telah melewati kolom adsorpsi lebih jernih daripada air sebelum melalui adsorpsi. Hal ini menunjukkan proses pengolahan air dengan cara kolom adsorpsi menggunakan adsorben zeolit dan karbon aktif dapat menjerap pengotor pada air yang dapat mempengaruhi kejernihan air. Perbandingan air sumur (dalam) sebelum dan setelah adsorpsi dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil analisis air (a) sebelum adsorpsi dan (b) setelah adsorpsi

Selain dikonsumsi, air hasil adsorpsi juga digunakan untuk keperluan sehari-hari, salah satunya yaitu ditampung pada kolam renang, Gambar 4 menunjukkan air kolam renang dari air sumur (dalam) yang telah melalui proses adsorpsi.



Gambar 4. Hasil analisis air sumur (dalam) yang ditampung pada kolam

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa, semakin lama metode adsorpsi kolom dengan adsorben zeolit dan arang aktif digunakan maka efektivitasnya dalam menurunkan kadar Fe dan Mn semakin meningkat. Efisiensi penjerapan cukup tinggi dengan rata-rata 97,50% untuk Fe dan 98,33% untuk Mn. Air yang sebelumnya keruh menjadi jernih dengan pH dan TDS yang semakin kecil, sehingga lebih aman untuk dikonsumsi karena nilainya semakin jauh dari ambang batas yang ditetapkan (SNI) dan permenkes RI N0.492/MENKES/PER/IV/2010.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kami sampaikan ke fakultas matematika dan Ilmu pengetahuan Alam Universitas negeri Yogyakarta yang telah memberikan pendanaan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Menteri Kesehatan Republik Indonesia. (2002). *Peraturan pemerintah nomor 907/MENKES/ SK/ VII/ 2002, syarat-syarat dan pengawasan kualitas air minum*, Jakarta.
- [2] Astuti, D. W., Fatimah, S., & Anie, S. (2016). Analisis kadar kesadahan total pada air sumur di Padukuhan Bandung Playen Gunung Kidul Yogyakarta. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 1(1), 17-26.

- [3] Asmadi, K., & Kasjono, H. S. (2011). *Teknologi pengolahan air minum*. Yogyakarta: Gosyen Publishing.
- [4] Menteri Kesehatan Republik Indonesia. (2010). *Peraturan pemerintah nomor 492/MENKES/PER/IV/2010, persyaratan air bersih*. Jakarta.
- [5] Hartini, E. (2012). Cascade aerator dan bubble aerator dalam menurunkan kadar mangan air sumur gali. *KEMAS: Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 8(1), 41-50.
- [6] Risa, O., Safaruddin, S., & Lusiana, M. (2021). Bangunan dengan konsep lingkungan sebuah konsep keberlanjutan- implementasi pada bangunan di PT. Semen Baturaja (Persero) Tbk. *UNBARA Environmental Engineering Journal (UEEJ)*, 2(2), 20-29.
- [7] Saadi, Z., Saadi, R., & Fazaeli, R. (2013). Fixed-bed adsorption dynamics of Pb (II) adsorption from aqueous solution using nanostructured γ -alumina. *Journal of Nanostructure in Chemistry*, 3(1), 1-8.
- [8] Pehlivan, E., Tran, H. T., Ouédraogo, W. K. I., Schmidt, C., Zachmann, D., & Bahadir, M. (2013). Sugarcane bagasse treated with hydrous ferric oxide as a potential adsorbent for the removal of As (V) from aqueous solutions. *Food Chemistry*, 138(1), 133-138.
- [9] Rahman, A., & Hartono, B. (2004). Penyaringan air tanah dengan zeolit alami untuk menurunkan kadar besi dan mangan. *Makara, Kesehatan*, 8(1), 1-6.
- [10] Widodo. (2012). Pemanfaatan zeolit sebagai penyerap Hg dari air sungai Citambal Kecamatan Cineam, Kabupaten Tasikmalaya yang tercemar pengolahan emas dengan metode amalgamsi. *Buletin Geologi Tata Lingkungan*, 22(3), 155-168.