



Efektifitas Serbuk Cangkang Telur Puyuh Dalam Menurunkan Kadar Ion Mangan (II) Dalam Air Sumur Gali Di Desa Gempolsek Rowosari Kendal

Effectiveness of Quail EggShell Powder in Lowering Manganese (II) Ion Levels in Gali Well Water in Gempolsek Village Rowosari District of Kendal Regency

Theresia Liyana Sejati¹, Fandhi Adi Wardoyo², Stalis Norma Ethica³,
Ana Hidayati Mukaromah^{3*}

¹ Universitas Muhammadiyah Semarang, Semarang

² Laboratorium Kesehatan Daerah Kabupaten Kendal, Kendal

³ Universitas Muhammadiyah Semarang, Semarang

Corresponding author: ana_hidayati@unimus.ac.id

Abstrak

Ion Mangan merupakan ion logam yang sangat dibutuhkan oleh tubuh manusia dalam jumlah yang sedikit, namun apabila masuk ke dalam tubuh dengan jumlah berlebih dapat menimbulkan efek-efek yang berbahaya bagi tubuh seperti neorotoksik, serangan jantung, gangguan pembuluh darah dan kanker hati. Menurut PERMENKES RI No. 32 Tahun 2017, kadar maksimum ion mangan yang diperbolehkan yaitu 0,5 mg/L. Cangkang telur tersusun atas kristal CaCO_3 98,41%; MgCO_3 0,84%; $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 0,75% dan memiliki 10.000-20.000 pori-pori yang dapat digunakan sebagai adsorben ion Mn(II). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi serbuk cangkang telur puyuh dan variasi lama perendaman. Objek penelitian adalah air sumur gali Desa Gempolsek Kecamatan Rowosari Kabupaten Kendal dengan sampel adisi. Sampel dilakukan perendaman menggunakan serbuk cangkang telur puyuh konsentrasi 6, 7 dan 8 %b/v dengan lama perendaman 30, 60 dan 90 menit dan diulang 3 (tiga) kali. Hasil penelitian diperoleh bahwa kadar sampel ion Mn(II) awal adalah 2,04 ppm dan sampel adisi 24,13 ppm. Penurunan kadar ion Mn(II) paling tinggi 93,30% dengan penambahan serbuk cangkang telur puyuh 8%b/v dan lama perendaman selama 90 menit. Serbuk cangkang telur puyuh sangat efektif dalam penurunan ion kadar Mn(II) pada air sumur gali di Desa Gempolsek Kecamatan Rowosari Kabupaten Kendal.

Kata kunci : Ion Mangan(II), serbuk cangkang telur puyuh, konsentrasi, lama perendaman.

Abstract

Manganese ions are metal ions that are needed by the human body in small amounts, but if entered into the body with excess amounts can cause harmful effects for the body such as neurotoxic, heart attack, blood vessel disorders and liver cancer. According to Permenkes RI No. 32 of 2017, the maximum allowed level of manganese ions is 0.5 mg / L. The egg shell is composed of 98.41% CaCO_3 crystals; MgCO_3 0.84%; $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ is 0.75% and has 10,000-20,000 pores that can be used as an Mn(II ion adsorbent). The purpose of this study was to determine the effect of variations in concentrations and duration of soaking quail egg shells. The object of the study is the water well dug Gempolsek Village Rowosari District Kendal regency with a sample of addition. The sample was soaked using quail eggshell powder concentrations of 6, 7 and 8 %b/v with a soaking length of 30, 60 and 90 minutes and repeated 3 (three) times. The results of the study found that the initial Mn(II) ion sample level was 2.04 ppm and the addisi sample was 24.13 ppm. Decrease in Mn(II) ion levels was highest by 93.30% with the addition of quail eggshell powder of



8%b/v and a 90-minute soaking length. Quail eggshell powder is very effective in decreasing Mn(II) ion levels in dug well water in Gempolsewu Village rowosari district of Kendal regency.

Keywords: Manganese Ion (II), quail eggshell powder, concentration, length of immersion.

PENDAHULUAN

Keberadaan air sangatlah penting bagi seluruh kehidupan makhluk hidup di bumi. Upaya pemenuhan kebutuhan air oleh manusia salah satunya dengan memanfaatkan air tanah yang berasal dari sumur gali. Air sumur merupakan salah satu sumber air bersih terbesar yang digunakan dalam mendukung berbagai macam kebutuhan dan aktivitas sehari-hari. Kendala yang sering ditemui dalam penggunaan air tanah adalah masalah tercemarnya air. Pencemaran air umumnya disebabkan oleh pembuangan limbah industri, sampah rumah tangga, limbah rumah sakit, sisa-sisa pupuk dan pestisida dari daerah pertanian, limbah deterjen (Muslimah, 2015), logam-logam berat, salah satunya ion logam Mn(II), sehingga mutu air berkurang (Permatasari, 2016).

Ion Mn(II) bersifat esensial berfungsi membangun struktur tulang yang sehat, metabolisme tulang dan membantu menciptakan enzim. Ion Mn(II) merupakan ion logam yang sangat dibutuhkan oleh tubuh manusia dalam jumlah yang sedikit. Jika ion Mn(II) masuk ke dalam tubuh dengan jumlah yang berlebih dapat menimbulkan efek-efek yang berbahaya bagi tubuh, misalnya neorotoksik, serangan jantung, gangguan pembuluh darah bahkan kanker hati (Rusdiana 2016). Gejala yang timbul berupa halusinasi, mudah lupa, kerusakan syaraf, parkinson, emboli paru-paru, bronkitis, dan pria yang terpapar ion Mn(II) dalam jangka waktu yang lama berpotensi menjadi impoten (Nugroho, 2015).

Hasil pemeriksaan awal pada air tanah dari beberapa sumur gali di Desa Gempolsewu dan Desa Sendangsikucing Kecamatan Rowosari Kabupaten Kendal, didapatkan bahwa rata-rata kadar ion Mn(II) pada sumur tersebut berkisar antara 2,10 mg/L sampai dengan 2,33 mg/L. Hal tersebut menunjukkan kadar ion Mn(II) diatas batas maksimal yang telah ditetapkan oleh Menteri Kesehatan Republik Indonesia melalui Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, *Solus Per Aqua*, dan Pemandian Umum, yaitu sebesar 0,5 mg/L.

Berdasarkan hasil pengujian awal tersebut, perlu diupayakan penurunan kandungan ion Mn (II) dalam air sumur gali di Desa Gempolsewu dan Desa Sendang Sikucing Kecamatan Rowosari Kabupaten Kendal dengan menggunakan sampel adisi, yaitu dengan cara mencampurkan air sumur dengan baku ion Mn(II). Metode pengolahan air untuk menurunkan kadar ion Mangan (Mn), salah satunya adalah metode adsorpsi.

Pengolahan air secara adsorpsi merupakan proses pemisahan air dari pengotornya dengan cara penyerapan pengotor seperti partikel-partikel halus, kartion-kartion terlarut atau bau yang terkandung dalam air. Proses adsorpsi secara umum diartikan sebagai suatu proses suatu partikel pada larutan melekat pada permukaan material adsorpsi (Satriani dkk, 2016). Metode adsorpsi dengan



menggunakan adsorben hanya memerlukan biaya yang relatif murah dan mampu menghilangkan zat-zat organik pada polutan air secara efisien (Yoan, dkk, 2016).

Material yang dapat diaplikasikan sebagai adsorben salah satunya adalah cangkang telur puyuh. Cangkang telur puyuh selama ini belum dimanfaatkan secara maksimal oleh masyarakat. Pori-pori alami cangkang telur merupakan zat yang sangat memungkinkan untuk dijadikan adsorben. Lapisan spons dan *mammillary* membentuk matriks yang terbentuk dari serat-serat protein yang berikatan dengan kalsit (kalsium karbonat), mewakili 90% dari material cangkang telur. Kedua lapisan tersebut membangun bentuk pori bagi cangkang telur (Paramita, 2012). Cangkang telur tersusun atas kristal CaCO_3 (98,41%), MgCO_3 (0,84%), dan $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ (0,75%) (Ansari, H., Jamilah, J., Mukhlis, M., 2014). Cangkang telur memiliki 10.000-20.000 pori-pori sehingga dapat menyerap suatu *solute* dan dapat digunakan sebagai adsorben, kandungan terbesar cangkang telur adalah kalsium karbonat yang termasuk kedalam adsorben polar (Hajar, dkk., 2016).

Penelitian tentang kemampuan cangkang telur puyuh sebagai adsorben pernah dilaporkan oleh Dasmasita (2018), dimana konsentrasi logam Cu awal sebesar 52,02 ppm, dan setelah dilakukan perlakuan perendaman dengan cangkang telur puyuh didapatkan prosentase penurunan tertinggi sebesar 81,15% pada konsentrasi cangkang telur puyuh 8% b/v dengan lama perendaman 4 jam. Penelitian lain tentang penurunan kadar Mangan dalam air juga dilaporkan oleh Fuad dkk. (2018) tentang penurunan kadar ion Mangan (II) dengan menggunakan serbuk Zeolit ZSM-5 1,00% b/v berdasarkan variasi pH larutan 4, 5, 6, 7, dan 8 selama 30 menit didapatkan prosentase penurunan tertinggi sebesar $98,95 \pm 0,05\%$ pada larutan pH 4 selama 30 menit.

Berdasarkan uraian diatas, belum pernah dilaporkan penelitian tentang kemampuan cangkang telur puyuh dalam menurunkan kadar ion Mn(II) dalam air. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui efektifitas serbuk cangkang telur puyuh untuk menurunkan kadar ion Mn(II) dalam air berdasarkan variasi konsentrasi dan lama perendaman.

METODE

Jenis Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen yang didukung oleh studi pustaka. Sebagai variabel Bebas adalah variasi konsentrasi serbuk cangkang telur puyuh (6, 7 dan 8 %b/v) serta variasi lama perendaman (30, 60, dan 90 menit), sedangkan variabel Terikat adalah kadar ion Mn(II). Objek penelitian ini adalah sampel air tanah yang diambil dari sumur gali di Desa Gempolsewu Kecamatan Rowosari Kabupaten Kendal. Penetapan kadar ion Mn(II) menggunakan metode spektrofotometri dan pengulangan sebanyak 3 kali.

1. Prosedur Penelitian

1.1 Persiapan Serbuk Cangkang Telur Puyuh

Cangkang telur puyuh dibersihkan dengan cara dicuci kemudian ditiriskan dan dijemur dibawah terik sinar matahari selama 2 hari, dan di oven selama 3 hari pada suhu 60°C , diblender dan diayak.



1.2 Pembuatan Baku Mn(II) 1000 ppm sebanyak 100 mL

MnSO₄ H₂O ditimbang sebanyak 0,3072 gram ke dalam labu ukur 100 mL, kemudian ditambahkan aquadest sampai tanda batas dan dihomogenkan.

1.3 Pembuatan Baku Mn 50 ppm sebanyak 1000 mL dari baku 1000 ppm

Baku Mn 1000 ppm dipipet 50 mL dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 mL kemudian ditambahkan aquadest sampai tanda batas dan dihomogenkan.

1.4 Optimasi Panjang Gelombang Dan Waktu Kestabilan Optimum Spektrofotometer Untuk Penetapan Kadar Mn(II)

Larutan baku Mn(II) 50 mg/L sebanyak 1; 5; dan 10 mL dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan ditambahkan aquadest sampai volume larutan 80 mL dan ditambahkan 5,0 ml pereaksi Mn dan ditambahkan 1 gram/sepucuk sendok potasium persulfat dan beberapa biji batu didih, kemudian dididihkan diatas kompor listrik, didinginkan, dipindahkan secara kuantitatif ke labu ukur 100 mL dan ditambah aquadest sampai tanda batas dan dibaca pada panjang gelombang 500; 525; 540; dan 560 nm. Diulang prosedur untuk waktu kestabilan 5, 10 dan 15 menit pada panjang gelombang maksimum (Fuad, dkk., 2018).

1.5 Pembuatan Kurva Baku Mn(II)

Baku Mn(II) 50 ppm diencerkan menjadi konsentrasi 1-10 ppm. Masing-masing ditambahkan aquadest sampai 50 ml dan 5 ml pereaksi Mn. Kemudian ditambahkan aquadest sampai volume 90 ml, ditambahkan 1 gram/sepucuk sendok potasium persulfat dan beberapa biji batu didih. Selanjutnya dididihkan diatas kompor listrik, didinginkan, dipindahkan secara kuantitatif ke labu ukur 100 mL dan ditambah aquadest sampai tanda batas dan dibaca absorbansi pada panjang gelombang dan waktu kestabilan maksimum (Fuad, dkk., 2018).

1.6 Perendaman Sampel Mangan Menggunakan Serbuk Cangkang Kulit Telur Puyuh Dengan Variasi Konsentrasi dan lama perendaman

Sampel air sumur gali 50,0 mL ditambah dengan 50,0 mL baku Mn(II) 50 ppm dimasukkan ke dalam stoperlenmeyer kemudian ditambahkan 6 gram (6 %b/v) serbuk cangkang telur puyuh dan dilakukan perendaman selama 30 menit kemudian disaring. Pengulangan dilakukan sebanyak 3 kali. Prosedur yang sama dilakukan untuk variasi konsentrasi 7 dan 8 %b/v (7 dan 8 gram serbuk cangkang telur) dan variasi lama perendaman 60 dan 90 menit.

1.7 Penetapan Kadar Ion Mn(II) Sebelum Dan Setelah Perendaman

Sampel Mn(II) awal atau hasil saringan setelah perendaman masing-masing dipipet sebanyak 50,0 mL dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 ml, ditambahkan 5 mL pereaksi Mn, kemudian ditambahkan aquadest sampai volume 90 mL, ditambahkan 1 g/sepucuk sendok potasium persulfat dan beberapa biji batu didih. Selanjutnya dididihkan diatas kompor listrik, didinginkan, dipindahkan secara kuantitatif ke labu ukur 100 mL dan ditambah aquadest sampai tanda batas dan dibaca absorbansi pada panjang gelombang dan waktu kestabilan optimum. Untuk blanko digunakan aquadest dan diperlakukan sama seperti sampel.

2. Persentase (%) Penurunan Kadar Ion Mn(II)

$$\% = \left[\frac{\text{konsentrasi Mn awal} - \text{konsentrasi Mn akhir}}{\text{konsentrasi Mn awal}} \right] \times 100\%$$

3. Analisis data

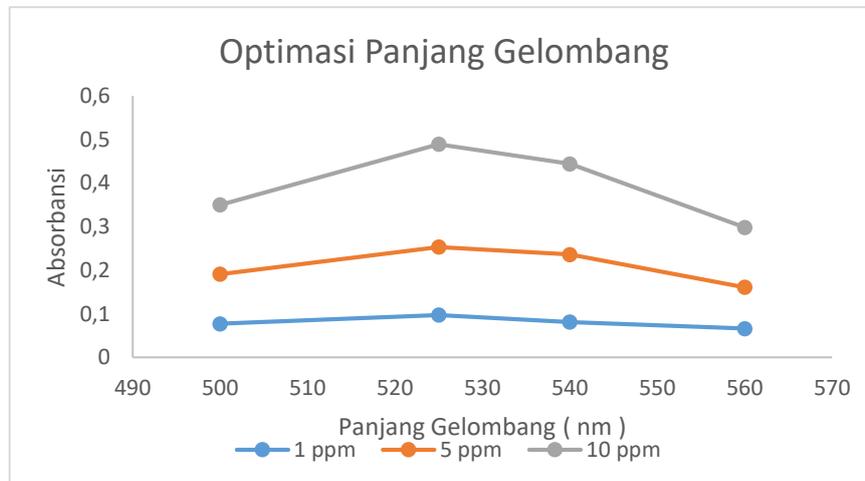
Data yang diperoleh dalam penelitian ini adalah data primer, yaitu hasil analisis kadar ion Mn(II) sebelum dan sesudah diturunkan menggunakan serbuk cangkang telur puyuh berdasarkan variasi konsentrasi dan lama perendaman. Data pengukuran kadar ion Mn(II) yang diperoleh, dikalkulasikan dan dianalisis dengan menggunakan Uji *kolmogorov smirnov/shapiro wilk* untuk menguji normal atau tidaknya distribusi data. Apabila distribusi data normal/statistik parametrik analisis data menggunakan Uji *Two Way Annova*, namun apabila distribusi data tidak normal/statistik non parametrik analisis data menggunakan Uji *Kruskal-Wallis*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Optimasi Panjang Gelombang

Penentuan panjang gelombang menggunakan baku seri Mn(II) 1 ppm, 5 ppm, dan 10 ppm kemudian dibaca pada spektrofotometer dengan panjang gelombang (λ) 500 nm, 525 nm, 540 nm, dan 560 nm. Hasil absorbansi disajikan pada Gambar 1.

Gambar 1.
Optimasi Panjang Gelombang



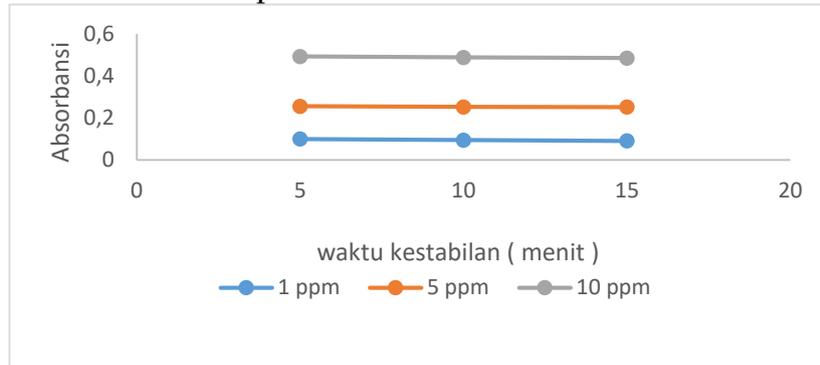
Optimasi panjang gelombang dengan baku seri Mn(II) 1, 5, dan 10 ppm dapat diketahui bahwa absorbansi pada panjang gelombang 500-525 nm mengalami kenaikan dan mengalami penurunan pada panjang gelombang 540 nm dan 560 nm, sehingga panjang gelombang optimum untuk penetapan kadar ion Mn(II) adalah 525 nm.

2. Optimasi Waktu Kestabilan

Hasil absorbansi disajikan pada Gambar 2.

Gambar 2.

Optimasi Waktu Kestabilan



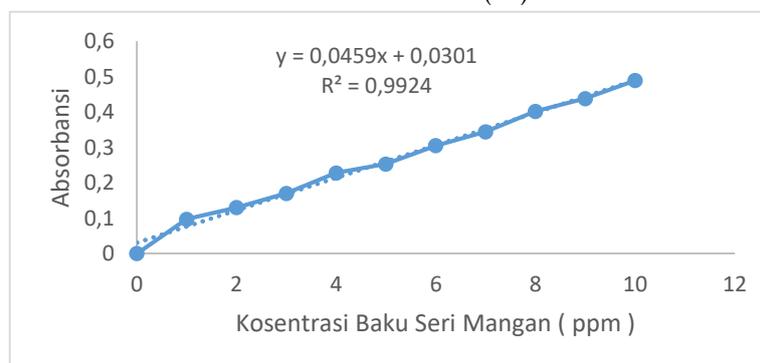
Berdasarkan Gambar 2, absorbansi pada 5-15 menit mengalami penurunan, sehingga waktu kestabilan maksimum untuk penetapan kadar ion Mn(II) adalah 5 menit.

3. Kurva Baku Mn(II)

Kurva baku seri Mn(II) disajikan pada Gambar 3.

Gambar 3.

Kurva Baku Mn(II)



Berdasarkan Gambar 3. dihasilkan persamaan garis lurus yaitu $y = 0,0459x + 0,0301$ dan $R^2 = 0,9924$. Persamaan garis lurus tersebut digunakan untuk menghitung konsentrasi kadar Mn^{2+} awal dan kadar Mn^{2+} akhir.

4. Kadar Mn(II) Sebelum dan setelah perendaman serbuk cangkang telur puyuh

Kadar Mn(II) Sebelum dan setelah perendaman serbuk cangkang telur puyuh disajikan pada Tabel 1.

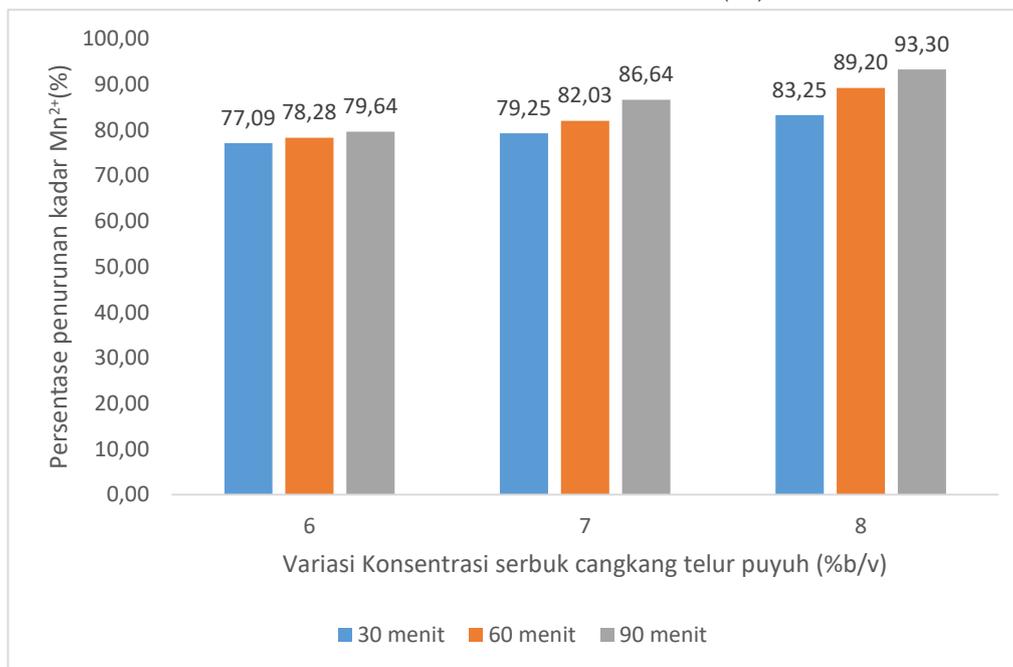
Tabel 1.

Kadar Mn (II) Awal dan Setelah Perendaman dengan Variasi Serbuk Cangkang Telur Puyuh

Konsentrasi serbuk cangkang (%b/v)	Waktu Kontak (menit)	Rata-rata Kadar Mn(II) (ppm)
Sampel awal	0	2,04
Sampel adisi	0	24,13
6	30	6,00
	60	5,69
	90	5,33
7	30	5,36
	60	4,70
	90	3,60
8	30	4,38
	60	2,83
	90	1,75

Persentase penurunan kadar ion Mn(II) sebelum dan setelah perendaman disajikan pada Gambar 4.

Gambar 4.
Persentase Penurunan Kadar Mn(II)



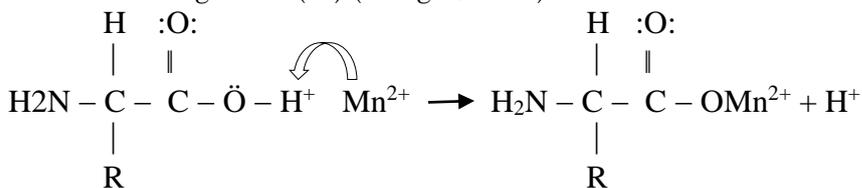
Kadar awal ion Mn(II) di Desa Gempolsewu Kecamatan Rowosari Kabupaten Kendal yaitu 2,04 ppm. Sampel air sumur gali diberi adisi Baku Mn²⁺ 50 ppm sebanyak 50 ml dan dihasilkan kadar Mn²⁺ adisi yaitu 24,13 ppm. Penetapan kadar ion Mn(II) dilakukan menggunakan metode spektrofotometri.

Tabel 1 menunjukkan bahwa penambahan serbuk cangkang telur puyuh konsentrasi 6, 7, 8%b/v dan lama perendaman 30, 60, 90 menit dapat menurunkan kadar ion Mn(II) dari 26,17 ppm menjadi 1,75 ppm. Gambar 4 menunjukkan

semakin tinggi konsentrasi serbuk cangkang telur puyuh dan waktu perendaman, maka persentase penurunan kadar Mn(II) semakin besar.

Semakin tinggi konsentrasi serbuk cangkang telur puyuh yang digunakan akan meningkatkan jumlah partikel dan semakin lama waktu perendaman maka kontak antara luas permukaan serbuk cangkang telur puyuh terhadap sampel semakin lama sehingga akan mengikat ion Mn(II) lebih banyak dan adsorbsinya pun meningkat. Hal ini dikarenakan komponen terbesar penyusun cangkang telur puyuh adalah kalsium karbonat (CaCO₃) sebesar 98,41% (Jamila, 2014). Bagian paling luar lapisan cangkang telur puyuh adalah kutikula, dan kandungan terbesar kutikula adalah pigmen cangkang telur yang tersusun atas lapisan film tipis kristal hidroksiapatit. Di kristal hidroksiapatit ini terdapat lapisan palisade yang memiliki pori-pori yang berfungsi sebagai adsorben dalam menyerap logam dalam air (Satriani dkk 2016:106).

Cangkang telur puyuh juga mempunyai asam amino sebagai senyawa aktif (Nyoman dalam satriani,2016:104). Dari hasil analisis FTIR menunjukkan bahwa cangkang telur puyuh memiliki senyawa organik dengan gugus fungsi gugus hidroksil (O-H) (Prilina, 2014). Gugus fungsi ini dapat berikatan kimia dengan ion Mn sehingga terjadi mekanisme adsorpsi dan penyerapan. Mekanisme pertukaran ion ini terjadi pada saat gugus-gugus karboksilat (COOH) pada asam-asam amino mengalami deprotonasi akibat hadirnya ion hidroksida (OH⁻), sehingga gugus karboksilat berubah menjadi bermuatan negatif (COO⁻) yang sangat reaktif untuk berikatan dengan Mn(II) (Tangio, 2013).



Gambar 5. Mekanisme pertukaran ion pada adsorben dan ion Mn(II)

Pada Tabel 1 juga terlihat semakin lama waktu kontak 30, 60, dan 90 menit, maka kadar ion Mn(II) juga semakin berkurang. Hal ini disebabkan oleh kontak antara luas permukaan serbuk cangkang telur puyuh dengan sampel ion Mn(II) yang semakin lama, sehingga kadar ion Mn(II) dalam air juga semakin berkurang. Lama waktu kontak mempengaruhi kualitas daya serap adsorben serbuk cangkang telur puyuh, semakin lama waktu kontak maka semakin banyak ion Mn(II) yang terserap. Adsorpsi maksimum ion logam Mn(II) yaitu 93,30% terjadi pada penambahan serbuk cangkang telur puyuh 8 %b/v dengan lama perendaman 90 menit.

Hasil penelitian ini didukung oleh penelitian sebelumnya Darmasita (2018) hasil penelitian diperoleh penurunan kadar ion Cu(II) dalam air menggunakan serbuk cangkang telur puyuh dengan variasi konsentrasi 6, 7 dan 8 %b/v dengan lama perendaman 2, 3 dan 4 jam, penurunan tertinggi terdapat pada penambahan serbuk cangkang telur puyuh 8 %b/v dengan lama perendaman 4 jam yaitu 81,15%. Penelitian Fuad dkk (2018), penurunan kadar Mangan (II) dalam air dengan penambahan serbuk Zeolit ZSM-5 1%b/v didapatkan penurunan tertinggi yaitu 98,95±0,05% pada larutan pH 4, selama 30 menit.

Uji Statistik Kolmogorov-Smirnov dengan nilai Signifikasi 0,200 > 0,05, sehingga disimpulkan data yang diuji berdistribusi Normal. Berdasarkan uji



homogenitas antar variabel menunjukkan nilai signifikansi 0,389, nilai signifikansi lebih besar dari 0,05 ($0,389 > 0,05$) maka dapat disimpulkan bahwa varian variabel penurunan Mn^{2+} homogen.

Pada Tabel uji statistik Analisis Two Way Anova dapat disimpulkan bahwa konsentrasi menunjukkan nilai signifikansi $0,000 < 0,05$ maka dapat disimpulkan terdapat perbedaan penurunan kadar ion mangan berdasarkan konsentrasi. Waktu perendaman menunjukkan nilai signifikansi $0,000 < 0,05$ maka dapat disimpulkan terdapat perbedaan lama perendaman secara signifikan. variasi konsentrasi dan lama perendaman menunjukkan nilai signifikansi $0,000 < 0,05$ maka dapat disimpulkan bahwa variasi konsentrasi dan lama perendaman secara signifikan mempengaruhi penurunan $Mn(II)$. Nilai R Square 0,997 dengan nilai mendekati 1 berarti terdapat korelasi kuat.

KESIMPULAN

Kadar sampel $Mn(II)$ awal adalah 2,04 mg/L dan kadar sampel adisi adalah 24,13 mg/L. Kadar ion $Mn(II)$ setelah perendaman dengan serbuk cangkang telur puyuh konsentrasi 6, 7, 8%b/v dengan lama perendaman 30, 60 dan 90 menit diperoleh penurunan kadar ion $Mn(II)$ tertinggi adalah 93,30 % pada penambahan serbuk cangkang telur puyuh konsentrasi 8%b/v dan lama perendaman selama 90 menit. Serbuk cangkang telur puyuh sangat efektif dapat penurunan kadar $Mn(II)$ pada air sumur gali di Desa Gempolsewu Kecamatan Rowosari Kabupaten Kendal.

DAFTAR PUSTAKA

- Dasmasita, Oktavia, G1C217204 (2018) *Penurunan Kadar Ion Cu (Ii) Dalam Air Menggunakan Serbuk Cangkang Telur Puyuh*. Undergraduate thesis, Universitas Muhammadiyah Semarang
- Fuad H., Mukaromah A.H., Wardoyo F.A, 2018. *Penurunan Kadar Ion Mangan (II) Dalam Air Dengan Penambahan Serbuk Zeolit ZSM-5 Berdasarkan Variasi pH Larutan*. Prosiding Seminar Nasional Mahasiswa Unimus Vol. 1, 2018: 543.
- Hajar, E. W. I., Sitorus, Mulianingtiyas, N., Welan, F. J. 2016. Efektivitas Adsorpsi Logam Pb^{2+} Dan Cd^{2+} Menggunakan Media Adsorben Cangkang Telur Ayam. *Konversi* 5(1). 1-8.
- Ibrahim, A. 2016. *Penurunan Kadar Ion Besi (Fe^{2+}) dalam Air Menggunakan Serbuk Kulit Pisang Kepok*. Skripsi. Fakultas Ilmu Keperawatan dan Kesehatan Universitas Muhammadiyah Semarang, Semarang
- Jamila. 2014. *Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur, Modul Mata Kuliah Teknologi Pengolahan Limbah dan Sisa Hasil Ternak, Program Studi Peternakan*, . Skripsi. Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Muslimah. 2015. *Dampak Pencemaran Tanah dan langkah Pencegahan, AGRISAMUDRA*. *Jurnal Penelitian* 2(1).
- Nugroho, B., 2015. *Penurunan kadar Mn dalam air dengan variasi konsentrasi Zeolit ZSM-5 dan variasi lama perendaman*. Skripsi. Universitas Muhammadiyah Semarang



- Paramita, M. 2012. *Pemanfaatan Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Modifikasi Cangkang Telur (CT) sebagai Biosorben Fenol*. Skripsi. Universitas Nusa Bangsa. Bogor
- Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, *Solus Per Aqua*, Dan Pemandian Umum.
- Permatasari, Cici Intan. (2016). *Analisis Penurunan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) dalam Air Sumur Gali dengan Metode Aerasi Filtrasi Menggunakan Aerator Sembur/Spray dan Saringan Pasir Cepat*. Skripsi Sarjana (tidak dipublikasikan).
- Rusdiana. *Bahan Ajar Gizi Metabolisme Mineral*. Semarang: Poltekes, 2016.
- Satriani, D.; Ningsih, P.; Ratman. 2016. *Serbuk dari Limbah Cangkang Telur Ayam Ras sebagai Adsorben terhadap Logam Timbal (Pb)*. *Jurnal Akademika Kimia*, 5(3), 103-108.
- Tangio. J. S. 2013. *Adsorpsi Logam Timbal (Pb) dengan Menggunakan Biomasa Enceng Gondok (eichhorniacrassipes)*. *Jurnal Entropi*, VIII (1), 500-506.
- Yoan, T., Suhadi., Aji, M.P. & Ruslina. 2016. *Adsorpsi Limbah Pewarna Tekstil Menggunakan Karbon Dari Kertas Koran*. Tesis. Universitas Negeri Semarang, Semarang.