

**MONITORING KADAR NITRIT DAN NITRAT PADA AIR SUMUR
DI DAERAH CATUR TUNGGAL YOGYAKARTA DENGAN
METODE SPEKTROFOTOMETRI UV-VIS**
*(Monitoring of Nitrite and Nitrate Content in Ground Water
of Catur Tunggal Region of Yogyakarta by UV-VIS Spectrophotometry)*

Setiowati*, Roto dan Endang Tri Wahyuni

Departemen Kimia, Fakultas dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada,
Sekip Utara Yogyakarta 55281 Indonesia.

*Penulis korespondensi. Tel: 081272026001. Email: setiowati93@gmail.com

Diterima: 5 Agustus 2015

Disetujui: 5 Desember 2015

Abstrak

Metode analisis nitrit dan nitrat perlu dikembangkan untuk memonitor kualitas air minum. Kualitas air sumur untuk parameter nitrit dan nitrat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan kedalaman air sumur. Penelitian ini bertujuan menganalisis nitrit dan nitrat menggunakan asam p-aminobenzoat (PABA) pada air sumur di daerah perkotaan Yogyakarta. Analisis nitrit didasarkan pada reaksi antara ion nitrit dengan PABA yang membentuk senyawa azo dengan panjang gelombang maksimum 546 nm. Kedalaman air sumur di daerah Catur Tunggal rata-rata > 10 m. Kadar nitrit dan nitrat pada air sumur adalah 0,05-0,09 dan 8,22-36,58 mg/L. Kadar nitrit dan nitrat tersebut memenuhi baku mutu dan aman untuk dikonsumsi. Konsentrasi nitrit dan nitrat pada air RO adalah 0,05 dan 2,72-59,57 mg/L. Kadar nitrit pada air RO tidak memenuhi baku mutu sedangkan kadar nitrat memenuhi baku mutu kecuali RO 5.

Kata kunci: air sumur, asam p-aminobenzoat, kualitas air minum, nitrat, nitrit.

Abstract

The method for analysis nitrite and nitrate had to developed to monitor the drinking water quality. The well water quality, especially for nitrite and nitrate were influenced by environmental conditions and depth of well. This study aims to analyze nitrite and nitrate using p-aminobenzoic acid (PABA) in ground water at urban areas of Yogyakarta. The analysis was based on the reaction between nitrite ions with PABA which form azo compounds with a maximum wavelength of 546 nm. The depth of wells at Catur Tunggal were more than 10 m. Concentration of nitrite and nitrate in well water were 0.05 to 0.09 and 8.22 to 36.58 mg / L. The concentrations met the standard for drinking water quality and was safe for consumption. The concentration of nitrite and nitrate in reverse osmosis (RO) water were 0.05 and 2.72 to 59.57 mg / L. The concentration of nitrite did not meet the standard for drinking water quality while the concentration of nitrate met the standard for drinking water quality except RO 5.

Keywords: well water, p-aminobenzoat acid, quality of drinking water, nitrite, nitrate, water.

PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah penduduk perkotaan akan meningkatkan kebutuhan air bersih. Salah satu sumber air bersih adalah air tanah. Peranan air tanah semakin lama semakin penting karena air tanah menjadi sumber utama air untuk memenuhi kebutuhan pokok hajat hidup orang banyak seperti air minum, rumah tangga, industri, irigasi, perkotaan, dan lain-lain (Zeffitni, 2012). Salah satu pemanfaatan air tanah sebagai sumber air minum adalah penggunaan air sumur. Oleh karena itu, air sumur harus memenuhi parameter kualitas air minum seperti kandungan nitrit dan nitrat.

Senyawa nitrogen (nitrit, nitrat dan amonia) di perairan secara alami berasal dari metabolisme organisme perairan dan dekomposisi bahan-bahan

organik oleh bakteri (Indrayani dkk., 2015). Selain itu, nitrit dan nitrat di alam dapat dihasilkan secara alami maupun dari aktivitas manusia. Sumber alami nitrit dan nitrat adalah siklus nitrogen sedangkan sumber dari aktivitas manusia berasal dari penggunaan pupuk nitrogen, limbah industri dan limbah organik manusia. Pembentukan nitrit dan nitrat pada siklus nitrogen terjadi melalui proses fiksasi nitrogen oleh bakteri *Rhizobium*, nitrifikasi dan dinitrifikasi oleh bakteri *Pseudomonas denitrifican*. Nitritifikasi melibatkan dua proses yaitu nitritasi oleh bakteri *Nitrosomonas* dan nitratasi oleh bakteri *Nitrobacter*. Pada kondisi anaerob, nitrat adalah bentuk nitrogen yang cukup stabil tetapi dapat direduksi menjadi nitrit melalui proses nitratasi (Rosca dkk., 2009).

Kadar nitrit dan nitrat pada air sumur di daerah perkotaan dapat lebih tinggi akibat kontaminasi oleh limbah organik manusia. McQuillan (2004) menyatakan bahwa *septic-tank* dapat mempengaruhi kualitas air tanah. Hal ini disebabkan kondisi sumur yang dekat dengan *septic-tank* dapat meningkatkan kontaminasi yang berasal dari kotoran. Namun, kontaminasi tersebut juga dipengaruhi oleh muka air tanah (MAT), semakin dalam MAT maka semakin rendah kontaminasi yang terjadi pada air tanah. Penelitian kualitas air tanah di Kabupaten Brebes yang dilakukan oleh Miswadi (2009) menunjukkan bahwa kualitas air tanah yang baik dicapai pada MAT yang melebihi 2,17 m dari permukaan tanah.

Kadar nitrit yang tinggi pada air minum dapat membahayakan kesehatan. Hal ini dikarenakan nitrit dapat membentuk senyawa N-nitroso yang bersifat karsinogenik, teratogenik, mutagenik dan dapat menyebabkan metamoglobinemia pada bayi (Erkekoglu dkk., 2009; Prasad dan Chetty, 2008). Batas maksimum konsentrasi nitrit dan nitrat di dalam air minum menurut Permenkes no 492/Menkes/Per/IV/2010 adalah 3 dan 50 mg/L (Anonim, 2010); pada air minum dalam kemasan (AMDK) menurut SNI 01-3553-2006 adalah 0,005 dan 45 mg/L (Anonim, 2006) sedangkan berdasarkan *Food and Drug Administration* (FDA) dan *Environmental Protection Agency* (EPA) dalam GAO (Anonim, 2009) batas maksimum konsentrasi nitrit dan nitrat adalah 1 dan 10 mg/L. Untuk menjaga agar kadar nitrit dan nitrat di air minum selalu memenuhi baku mutu maka perlu dilakukan monitoring. Metode analisis nitrit dan nitrat yang telah digunakan adalah kromatografi (Thabano dkk., 2004), *Gas Chromatography-Mass Spectrometry*/GC-MS (Akyüz dan Ata, 2009), dan elektroforesis kapiler (Costa dkk., 2014). Metode-metode tersebut kurang sesuai untuk analisis nitrit dan nitrat secara rutin karena memerlukan preparasi sampel dan biaya operasional yang cukup mahal. Metode yang sering digunakan untuk analisis nitrit dan nitrat adalah metode spektrofotometri karena dapat dilakukan dengan spektrometer sederhana dan biaya operasional yang rendah.

Analisis nitrit dan nitrat dengan metode spektrofotometri didasarkan pada reaksi diazotasi yaitu reaksi antara ion nitrit dengan senyawa amina yang selanjutnya dikopling oleh turunan benzena dan menghasilkan senyawa azo. Pada penelitian ini digunakan pereaksi asam p-aminobenzoat (PABA). Analisis nitrat dilakukan dengan metode tidak langsung dengan mereduksi nitrat menjadi nitrit. Reduktor yang digunakan pada penelitian ini adalah serbuk Zn. Pada penelitian ini dipelajari analisis nitrit dan nitrat menggunakan pereaksi PABA menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis

yang akan diaplikasikan untuk menentukan kadar nitrit dan nitrat pada air sumur dan air RO.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan adalah natrium nitrit (NaNO_2), kalium nitrat (KNO_3), asam p-aminobenzoat (PABA), N-(1-naptil) etilendiamina dihidroklorida (NEDA), asam klorida (HCl), asam asetat (CH_3COOH), natrium asetat (CH_3COONa). Bahan-bahan yang digunakan berasal dari Merck. Sampel yang digunakan adalah air sumur yang diambil di 5 padukuhan di Desa Catur Tunggal (Padukuhan Blimbing Sari, Mrican, Samirono, Sagan dan Karang Malang) pada tanggal 9 Maret 2015 dan 4 April 2015, air RO (*reverse osmosis*) yang diambil di 5 tempat pengisian ulang di sekitar UGM pada tanggal 19 Maret 2015.

Peralatan yang digunakan adalah neraca analitik (Mettler AE100), pH meter HM-30R, pengaduk magnetik, pemanas air, termometer, dan *centrifuge* biofuge

Prosedur Penelitian

Optimasi kondisi analisis nitrit dan nitrat

Optimasi kondisi analisis nitrit yang dilakukan adalah penentuan panjang gelombang senyawa azo, waktu pembentukan ion benzenediazonium, waktu pembentukan dan kestabilan senyawa azo, fraksi mol NEDA serta pengaruh penggunaan buffer. Pada analisis nitrat dilakukan optimasi temperatur, pH buffer, waktu reduksi dan jumlah serbuk Zn.

Analisis nitrit pada air sumur dan air RO

Sejumlah 5,0 mL sampel air sumur dan air RO ditambahkan 2,0 mL HCl 1 M; 1,0 mL PABA $7,29 \times 10^{-4}$ M pada labu takar 25 mL dan didiamkan selama 5 menit. Selanjutnya ditambahkan 1,0 mL NEDA $7,72 \times 10^{-4}$ M dan buffer asetat pH 3 hingga tanda batas. Larutan azo yang terbentuk didiamkan selama 40-120 menit pada tempat gelap dan diukur absorbansinya pada panjang gelombang 546 nm. Analisis dilakukan sebanyak 5 pengulangan pada hari yang sama.

Analisis nitrat pada air sumur dan air RO

Sejumlah 10,0 mL sampel air sumur dan air RO ditambahkan 5,0 mL buffer amonia pH 11. Larutan didiamkan di dalam air panas hingga temperatur larutan mencapai 40-50 °C dan ditambahkan 100,0 mg bubuk Zn. Selanjutnya diaduk selama 5 menit menggunakan pengaduk magnetik. Kemudian larutan disentrifugasi dengan kecepatan 4000 rpm selama 10 menit. Sejumlah 5,0 mL nitrit hasil reduksi pada sampel air sumur dan RO ditambahkan 2,0 mL HCl 1 M; 1 mL PABA $7,29 \times 10^{-4}$ M pada

labu takar 25 mL dan didiamkan selama 5 menit. Selanjutnya ditambahkan 1,0 mL NEDA $7,72 \times 10^{-4}$ M dan buffer asetat pH 3 hingga tanda batas. Larutan azo yang terbentuk didiamkan selama 40-120 menit pada tempat gelap dan diukur absorbansinya pada panjang gelombang 546 nm. Analisis dilakukan sebanyak 5 pengulangan pada hari yang sama.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Optimasi Kondisi Analisis Nitrit Menggunakan PABA

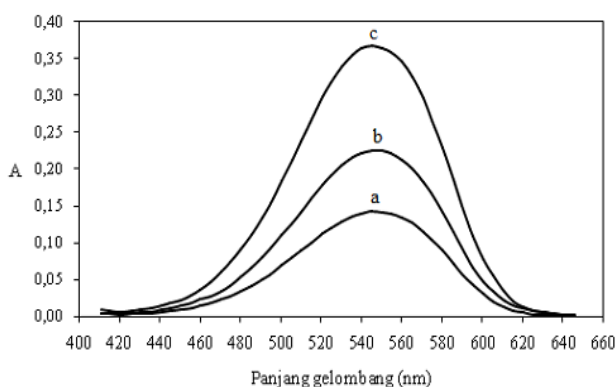
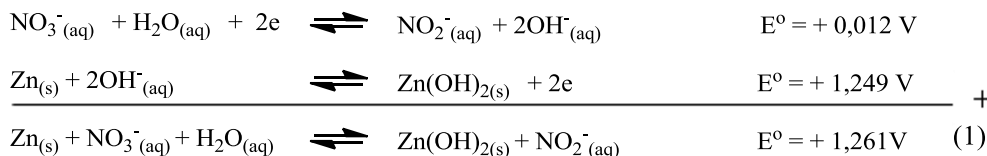
Senyawa azo hasil reaksi antara nitrit dengan pereaksi PABA dan NEDA mempunyai panjang gelombang maksimum 546 nm (Gambar 1). Pembentukan senyawa azo terjadi pada rentang waktu antara 2-20 menit dan konstan pada rentang 30-120 menit (Gambar 2). Stoikiometri antara PABA dan NEDA tercapai pada fraksi mol NEDA 0,5 atau saat perbandingan mol PABA dan NEDA

yaitu 1 : 1 (Gambar 3). Mekanisme reaksi diazotasi menggunakan PABA dan NEDA berdasarkan perbandingan mol yang diperoleh disajikan pada Gambar 4 (Tsikas, 2007; Pandurangappa dan Venkataramanappa, 2011).

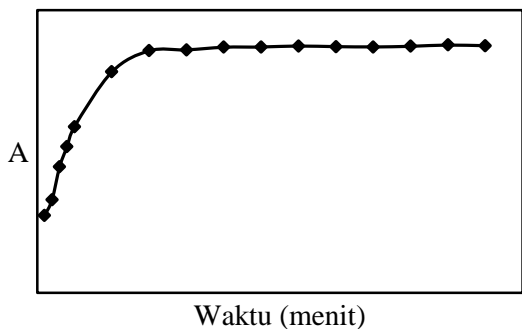
Reaksi diazotasi berlangsung optimum pada penggunaan buffer asetat pH 3 dan mempunyai pH larutan antara 1,24-1,28. pH larutan azo ini sesuai dengan pH larutan azo yang dihasilkan dengan menggunakan agen pengkopling NEDA yaitu 1-2 (Tsikas, 2007).

Optimasi Kondisi Analisis Nitrat Menggunakan Serbuk Zn

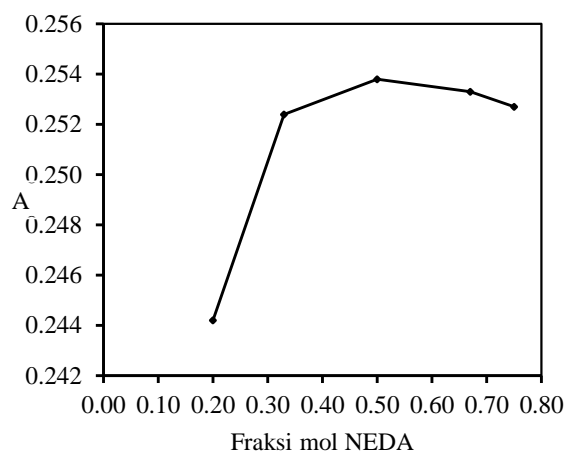
Analisis nitrat dilakukan dengan mereduksi nitrat menjadi nitrit menggunakan serbuk Zn pada suasana basa. Suasana basa diperoleh dengan penambahan buffer pH 11. Reaksi redoks yang terjadi disajikan pada persamaan 1 (Harris, 2010; Hobbs dkk., 1988).



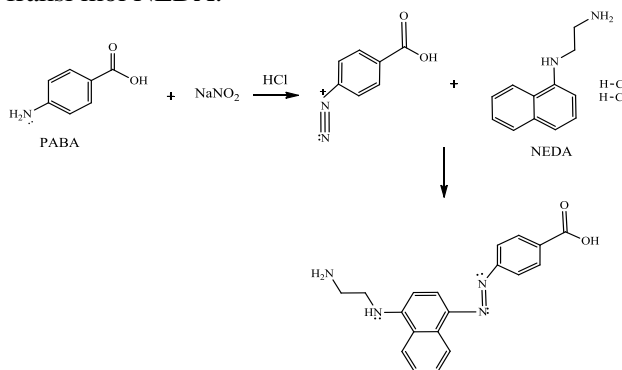
Gambar 1. Spektra UV-Vis senyawa azo hasil reaksi antara ion nitrit dengan PABA dan NEDA pada suasana asam dengan menggunakan berbagai konsentrasi a = 0,12; b = 0,20 dan c = 0,32 mg/L.



Gambar 2. Absorbansi senyawa azo sebagai fungsi waktu.



Gambar 3. Absorbansi larutan azo sebagai fungsi fraksi mol NEDA.



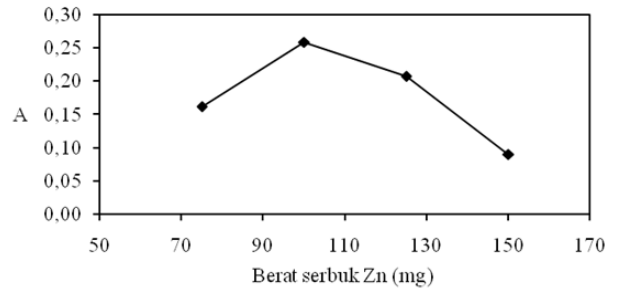
Gambar 4. Mekanisme reaksi diazotasi antara ion NO_2^- , PABA dan NEDA.

Reduksi nitrat menjadi nitrit optimum pada temperatur 40-50 °C selama 5 menit dengan menggunakan serbuk Zn 100,0 mg (Gambar 5). Penggunaan serbuk Zn > 100,0 mg dapat mengakibatkan reaksi 1 tidak optimal karena serbuk Zn mendonorkan elektron lebih banyak sehingga menghasilkan amonia. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Kumar dan Chakraborty (2006), di mana amonia lebih banyak dihasilkan daripada nitrit saat Mg yang digunakan lebih banyak.

Validasi Metode Analisis

Validasi metode analisis dilakukan setelah didapatkan kondisi optimum analisis nitrit dan nitrat menggunakan PABA. Validasi metode yang dilakukan adalah penentuan linearitas, sensitivitas, batas deteksi, batas kuantifikasi, keterulangan dan akurasi. Validasi metode nitrit dan nitrat disajikan

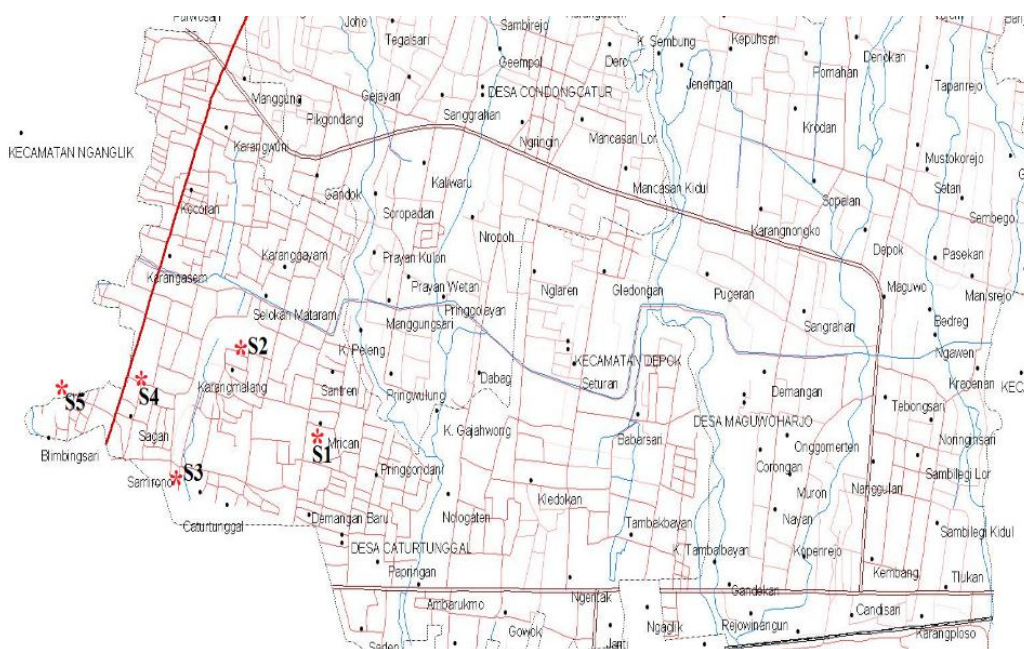
pada Tabel 1. Berdasarkan nilai validasi yang diperoleh, metode analisis nitrit dan nitrat menggunakan PABA mempunyai sensitivitas sedang, batas deteksi yang rendah, akurasi dan keterulangan yang baik.



Gambar 5. Pengaruh berat serbuk Zn terhadap absorbansi larutan Azo pada temperatur 40-50 °C selama 5 menit .

Tabel 1. Parameter validasi metode analisis nitrit dan nitrat.

Parameter	Nitrit	Nitrat
Persamaan regresi		
Koefisien korelasi	0,999	0,999
Slope	1,157	0,469
Intersep	0,003	0,006
Absorptivitas molar (L mol ⁻¹ cm ⁻¹)	5,23 × 10 ⁴	2,91 × 10 ⁴
LOD (µg/L)	2,3	6,8
LOQ (µg/L)	6,9	20,5
Keterulangan (% RSD)		
Air sumur	1,02-1,08	0,33-1,06
AMDK	1,19	1,06-1,36
Air RO	1,38	0,26-1,51
Akurasi (%)		
Air sumur	102,11-105,77	97,22-100,18
AMDK	97,72-100,57	92,56-107,44
Air RO	93,65-101,48	83,39-100,44



Gambar 6. Tempat pengambilan sampel S1= padukuhan Mrican, S2 = padukuhan Karangmalang, S3 = padukuhan Samirono, S4 = padukuhan Sagan dan S5 = padukuhan Bilimbingsari.

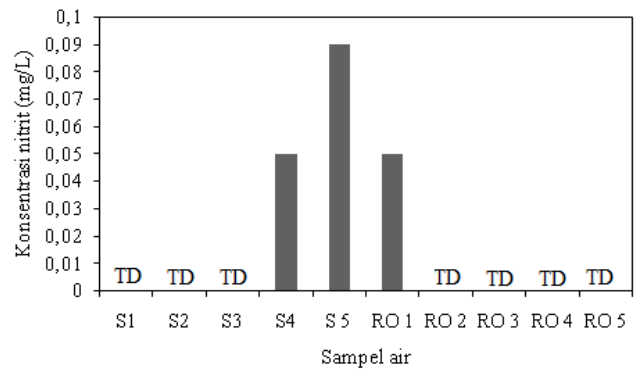
Analisis Nitrit dan Nitrat pada Air Sumur dan Air RO

Metode analisis nitrit dan nitrat yang telah memenuhi parameter validasi metode (Tabel 1) digunakan untuk menganalisis nitrit dan nitrat di dalam sampel. Sampel yang digunakan yaitu air minum yang terdiri dari 5 air sumur yang diambil dari 5 padukuhan di Desa Catur Tunggal yang merupakan daerah padat penduduk (Gambar 6) dan 5 sampel pembanding yaitu air RO yang diambil di tempat yang berbeda. Pengambilan sampel air sumur dilakukan pada tanggal 9 Maret 2015 dan 4 April 2015 sedangkan air RO pada 13 Maret 2015. Hasil analisis nitrit pada 10 sampel disajikan pada Gambar 7.

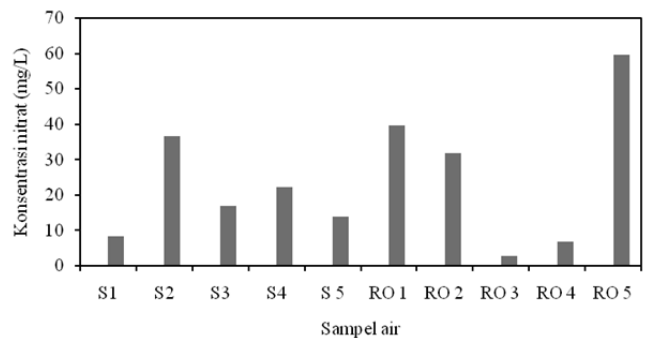
Berdasarkan Gambar 7, nitrit terdeteksi pada 3 sampel air minum dari 10 sampel air minum yaitu pada air sumur 4, sumur 5, dan air RO 1. Pada air sumur 4 dan 5 mengandung nitrit sebanyak 0,05 dan 0,09 mg/L. Kadar nitrit ini memenuhi baku mutu air minum menurut Permenkes no 492/Menkes/Per/IV/2010 (Anonim, 2010), FDA dan EPA (Anonim, 2009) sehingga aman untuk dikonsumsi. Pada air RO 1 mengandung nitrit sebanyak 0,05 mg/L. Kadar nitrit tersebut tidak memenuhi baku mutu nitrit untuk AMDK berdasarkan SNI 01-3553-2006 (Anonim, 2006) sehingga dapat membahayakan kesehatan khususnya bayi. Namun, kadar nitrit ini masih memenuhi baku mutu nitrit menurut FDA dan EPA (Anonim, 2009). Kadar nitrit yang tidak memenuhi baku mutu pada air RO dapat disebabkan sumber air minum yang digunakan telah tercemar nitrit atau proses filtrasi yang digunakan tidak mampu menghilangkan nitrit.

Hasil analisis nitrat pada sampel air minum disajikan pada Gambar 8. Berdasarkan Gambar 8, nitrat terdapat pada semua sampel air minum dengan kadar yang berbeda-beda. Kadar nitrat pada sampel air sumur berada pada rentang 8,22-36,58 mg/L dan memenuhi baku mutu air minum menurut Permenkes no 492/Menkes/Per/IV/2010 (Anonim, 2010). Kadar nitrat pada air RO berada pada rentang 2,72-59,56 mg/L. Kadar nitrat pada sampel air RO 1 - 4 memenuhi baku mutu menurut SNI 01-3553-2006 (Anonim, 2006) sedangkan air RO 5 tidak memenuhi baku mutu. Kadar nitrat pada air RO 5 yang tidak memenuhi baku mutu dapat membahayakan kesehatan khususnya kesehatan bayi. Kadar nitrat yang tidak memenuhi baku mutu disebabkan sumber air yang digunakan telah tercemar nitrat dan proses filtrasi yang digunakan tidak mampu mengurangi kadar nitrat tersebut. Sampel yang memenuhi baku mutu FDA dan EPA hanya sampel S1, RO 3, dan RO 4 (Anonim, 2009).

Kadar nitrit dan nitrat pada air sumur masih memenuhi baku mutu kualitas air minum dan aman



Gambar 7. Konsentrasi nitrit pada sampel air sumur dan air RO. TD = tidak terdeteksi.



Gambar 8. Konsentrasi nitrat pada sampel air sumur dan air RO.

untuk dikonsumsi meskipun letak sumur berdekatan dengan *septic-tank*. Hal ini disebabkan kedalaman air sumur rata-rata > 10 m atau lebih rendah daripada *septic-tank* sehingga senyawa atau bakteri yang terdapat di dalam *septic-tank* tidak mengkontaminasi air sumur. Miswadi (2009) menyatakan bahwa kualitas air tanah yang baik dicapai pada muka air tanah (MAT) yang melebihi 2,17 m dari permukaan tanah sehingga limbah organik manusia tidak mengkontaminasi air sumur. Hal ini juga sesuai dengan hasil penelitian Emmanuel dkk., (2009) yang menyatakan bahwa kontaminasi nitrat pada air sumur terjadi pada sumur dangkal.

Kadar nitrat pada air sumur lebih tinggi daripada nitrit menandakan bahwa siklus nitrogen di alam masih berlangsung dengan baik karena nitrat di alam lebih stabil daripada nitrit. Selain itu, kualitas air sumur untuk parameter nitrat lebih baik daripada air RO 1 dan 5. Kadar nitrat pada air RO lebih tinggi daripada air sumur karena sumber air yang digunakan merupakan air permukaan sehingga mudah terkontaminasi sedangkan air sumur merupakan air tanah yang tingkat kontaminasinya bergantung pada kedalaman air. Namun, kadar nitrit pada air RO relatif rendah daripada air sumur dikarenakan air RO mengalami proses filtrasi nitrit.

KESIMPULAN

Monitoring nitrit dan nitrat dalam sampel air bersih pada daerah perkotaan sangat diperlukan. Sumur-sumur di Daerah Catur Tunggal, DIY tergolong sumur dalam sehingga kontaminasi nitrit dan nitrat yang berasal dari *septic tank* relatif rendah. Kadar nitrit dan nitrat pada sumur adalah 0,05-0,09 dan 8,22-36,58 mg/L. Kadar nitrit dan nitrat pada air sumur memenuhi baku mutu kualitas air minum dan aman untuk dikonsumsi. Kualitas air sumur untuk parameter nitrat lebih baik daripada air RO.

DAFTAR PUSTAKA

- Akyüz, M., dan Ata, S., 2009. Determination of Low Level Nitrite and Nitrate in Biological, Food and Environmental Samples by Gas Chromatography-Mass Spectrometry and Liquid Chromatography with Fluorescence Detection. *Talanta*, 79:900-904.
- Anonim, 2006. *Standar Nasional Indonesia tentang Air Minum dalam Kemasan*. Badan Standarisasi Nasional (BSN). Jakarta.
- Anonim, 2009. *Bottled Water: FDA Safety and Consumer Protections are Often Less Stringent than Comparable EPA Protection for Tap Water*. Washington.
- Anonim, 2010. *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No 492 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum*. Jakarta.
- Costa, A.C.O., Betta, F.D., Vitali, L., dan Fett, R., 2014. Development and Validation of A Sub-minute Capillary Zone Electrophoresis Method for Determination of Nitrate and Nitrite in Baby Foods. *Talanta*, 122:23-29.
- Emmanuel, E., Piere, M.G., dan Perrodin, Y., 2009. Groundwater Contamination by Microbiological and Chemical Substances Released from Hospital Wastewater: Health Risk Assessment for Drinking Water Consumers. *Environment International*, 5:718-726.
- Erkekoglu, P., Sipahi, H., dan Baydar, T., 2009. Evaluation of Nitrite in Ready Made Soups. *Food Anal. Methods*, 2:61-65.
- Harris, D.C., 2010. *Quantitative Chemical Analysis Eighth Edition*, W.H. Freeman and Company, New York.
- Hobb, D.T., Li, H.L., dan Chambers, J.Q., 1988. Electroreduction of Nitrate Ions in Concentrated Sodium Hydroxide Solutions at Lead, Zinc, Nickel and Phthalocyanine-modified Electrodes. *Journal of Applied Electrochemistry*, 18:454-458.
- Indrayani, E., Nitimulya, K.H., Hadisusanto, S., dan Rustadi, 2015. Analisis Kandungan Nitrogen, Fosfor dan Karbon Organik di Danau Sentani Papua. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 22(2):217-225.
- Kumar, M., dan Chakraborty, S., 2006. Chemical Denitrification of Water by Zero Valent Magnesium Powder. *Journal of Hazardous Materials B*, 135:112-121.
- McQuillan, D., 2004. Ground-Water Quality Impacts from On-site Septic Systems. *National Onsite Wastewater Recycling Association 13th Annual Conference*. Albuquerque, New Mexico, 7-10 November 2004.
- Miswadi, S.S., 2009. Kajian Spasial Kualitas Air Tanah Bebas Berdasarkan Kedalaman Muka Air Tanah: Studi Kasus di Dataran Aluvial DAS Pemali Kabupaten Brebes. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 16:103-114.
- Pandurangappa, M., dan Venkataramanappa, Y., 2011. Quantification of Nitrite/Nitrate in Food Stuff Samples Using 2-aminobenzoic Acid as A New Amine in Diazocoupling Reaction. *Food Anal. Methods*, 4:90-99.
- Prasad, S., dan Chetty, A.A., 2008. Nitrate-N Determination in Leafy Vegetables: Study of The Effects of Cooking and Freezing. *Food Chemistry*, 106:772-780
- Rosca, V., Duca, M., De Groot, M. T., dan Koper, M. T. M., 2009. Nitrogen Cycle Electrocatalysis. *Chem. Rev*, 109:2209-2244.
- Thabano, J. R. E., Abong'o, D., dan Sawula, G. M., 2004. Determination of Nitrate by Suppressed Ion Chromatography After Copperised-Cadmium Reduction. *J. Chromatogr. A*, 1045:153-159.
- Tsikis, D., 2007. Analysis of Nitrite and Nitrite in Biological Fluids by Assays Based on The Griess Reaction: Appraisal of The Griess Reaction in The L-arginine/ nitric Oxide Area of Research. *J. Chromatogr. B*, 851:51-70.
- Zeffitni, 2012. Agihan Spasial Ekologikal Potensi Air Tanah untuk Kebutuhan Domestik di Cekungan Air Tanah Palu Provinsi Sulawesi Tengah. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 19(2):105-117.