

Analisa Kesadahan Total, Logam Timbal (Pb), dan Kadmium (Cd) dalam Air Sumur Dengan Metode Titrasi Kompleksometri dan Spektrofotometri Serapan Atom

Irmadila Putrinta Surya Dwantari, Bayu Wiyantoko *

Diploma Analisis Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia

* corresponding author : bayuwiyantoko@uii.ac.id

DOI : 10.20885/ijca.vol2.iss1.art2

ARTIKEL INFO

Received : Januari 2019
Revised : Februari 2019
Published : Maret 2019
Kata kunci : Kadmium, Kesadahan total, Kualitas air bersih, Timbal

ABSTRAK

Telah dilakukan pengujian kualitas air bersih dalam air sumur warga sekitar Universitas Islam Indonesia meliputi parameter kesadahan total, logam timbal (Pb), dan kadmium (Cd) berdasarkan metode SNI 6989:2004. Syarat mutu hasil pengujian berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 416/Menkes/Per/IX/1990. Pengujian kesadahan total menggunakan metode titrasi kompleksometri. Pengujian logam timbal (Pb) dan kadmium (Cd) menggunakan metode spektrofotometri serapan atom. Kadar kesadahan total masing-masing titik sebesar 49,23; 52,53; dan 59,95 mg/L dengan batas maksimal 500 mg/L. Kadar logam timbal (Pb) masing-masing titik sebesar 0,2995; 0,2271; dan 0,4364 mg/L dengan batas maksimal 0,05 mg/L. Kadar kadmium (Cd) masing-masing titik sebesar 0,0167; 0,0147; dan 0,0178 mg/L dengan batas maksimal 0,005 mg/L.

1. PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan yang sangat penting bagi manusia. Air permukaan dan air tanah merupakan sumber air yang sering dimanfaatkan oleh manusia untuk kehidupan sehari-hari. Air sumur merupakan air tanah dangkal sampai kedalaman 30 meter. Air yang berada di permukaan ketika meresap ke dalam tanah maka seketika air tersebut akan berinteraksi secara fisika, kimia, dan biologi sehingga mengubah kualitas air tersebut. Kesadahan total, logam timbal (Pb), dan logam kadmium (Cd) merupakan contoh parameter kimia dalam persyaratan kualitas air bersih [1].

Kesadahan total merupakan air yang mengandung ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} bersamaan mampu bereaksi dengan sabun dengan membentuk kerak air [1]. Tingkatan kesadahan air diklasifikasikan sebagai berikut: kesadahan <50 mg/L tergolong air lunak, 50-150 mg/L tergolong air menengah, 150-300 mg/L tergolong air sadah, dan >300 mg/L tergolong air sangat sadah [2].

Logam timbal (Pb) merupakan jenis logam yang sangat berbahaya bagi makhluk hidup. Logam timbal masuk ke perairan melalui proses korofikasi dari batuan mineral dan pembentukan kristal Pb dengan bantuan air hujan di udara [3]. Logam kadmium merupakan logam yang secara alami terdapat dalam tanah memiliki kadar rata-rata rendah, yaitu 0,4 mg Cd/kg tanah. Peningkatan kandungan Cd dalam tanah dapat diperoleh dari hasil samping penambangan dan sisa penggunaan lumpur kotor sebagai pupuk tanaman yang kemudian dibawa oleh angin dan air [4].

Pengujian kesadahan total dalam air sumur menggunakan metode titrasi kompleksometri. Pengujian kandungan logam timbal (Pb) dan kadmium (Cd) menggunakan metode spektrofotometri serapan atom. Penelitian ini bertujuan untuk menguji parameter kimia dalam air sumur. Pengujian ini sangat penting dilakukan untuk mengetahui kualitas air bersih pada air sumur warga sekitar

Universitas Indonesia terhadap standar mutu Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 416/Menkes/Per/IX/1990 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air Bersih. Parameter yang tidak sesuai dengan yang telah ditetapkan akan mempengaruhi kesehatan manusia. Pengujian pada penelitian ini dilakukan berdasarkan metode SNI 6989:2004 tentang Air dan Air Limbah.

2. METODE

2.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli-September 2018 di Laboratorium Kimia Terapan DIII Analisis Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.

2.2. Pengambilan dan Pengawetan Sampel

Pengambilan sampel air sumur dilakukan secara acak pada tiga titik sumur warga di sekitar Universitas Islam Indonesia dan diawetkan dengan menambahkan HNO₃ pekat hingga pH ≤2.

2.3. Alat

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini, meliputi peralatan gelas, neraca analitik OHAUS, pro pipet, seperangkat alat titrasi, spektrofotometer serapan atom Perkin Elmer A. Analyst 300, spatula, dan pemanas listrik.

2.4. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini, meliputi sampel air sumur, akuades, larutan CaCO₃ 0,01 M, larutan penyangga pH 10±0,1, indikator Eriochrome Black T, HCl pekat, larutan Na₂EDTA 0,01 M, HNO₃ pekat, larutan baku timbal 1000 mg/L, larutan baku kadmium 1000 mg/L, larutan pengencer (akuades ditambah HNO₃ pekat hingga pH <2), pH universal, dan kertas saring whatman No. 41.

2.5. Prosedur Kerja

2.5.1. Penentuan Kesadahan Total

2.5.1.1 Standardisasi Na₂EDTA 0,01 M

Larutan baku CaCO₃ 0,01 M sebanyak 10 mL dilarutkan dengan akuades sebanyak 40 mL dalam erlenmeyer 250 mL. Larutan ditambahkan larutan penyangga pH 10±0,1 sebanyak 1 mL dan indikator EBT. Larutan dititrasi dengan larutan Na₂EDTA 0,01 M hingga mengalami perubahan warna dari merah keunguan menjadi biru. Titrasi diulangi sebanyak tiga kali.

2.5.1.2 Uji Contoh

Sampel uji sebanyak 25 mL diambil secara duplo dan diencerkan hingga volume 50 mL dengan air suling dalam erlenmeyer 250 mL. Larutan contoh uji ditambahkan 1 mL larutan penyangga pH 10±0,1 dan indikator EBT seujung spatula. Larutan dititrasi dengan Na₂EDTA 0,01 M sampai terjadi perubahan warna dari merah keunguan menjadi biru. Titrasi diulangi sebanyak tiga kali. Penentuan kesadahan total dapat menggunakan persamaan 1.

$$\text{Kesadahan total (mg CaCO}_3\text{/L)} = \frac{1000}{V_{\text{C.u.}}} \times V_{\text{EDTA(a)}} \times M_{\text{EDTA}} \times 100 \quad (1)$$

dimana:

$V_{\text{C.u.}}$ = volume larutan contoh uji (mL)

$V_{\text{EDTA(a)}}$ = volume rata-rata larutan baku Na₂EDTA untuk titrasi kesadahan total (mL)

M_{EDTA} = molaritas larutan baku Na₂EDTA untuk titrasi (mmol/mL)

100 = berat atom CaCO₃ (mg/mmol)

2.5.1.3 Akurasi

Sampel uji sebanyak 15 mL ditambahkan larutan baku CaCO₃ 0,01 M sebanyak 10 mL diencerkan dengan air suling hingga volume 50 mL dalam erlenmeyer 250 mL. Larutan contoh uji ditambahkan 1 mL larutan penyangga pH 10±0,1 dan indikator EBT seujung spatula. Larutan

dititrasi dengan Na₂EDTA 0,01 M sampai terjadi perubahan warna dari merah keunguan menjadi biru. Titrasi diulangi sebanyak tiga kali. Penentuan akurasi dapat menggunakan persamaan 2.

$$\%R = \frac{A - B}{C} \times 100\% \quad (2)$$

dimana.

R = *recovery*

B = kadar contoh uji yang tidak di spike (mg/L)

C = kadar standar yang diperoleh (mg/L)

2.5.2 Penentuan Logam Timbal (Pb)

2.5.2.1 Persiapan Contoh Uji

Sampel uji yang sudah dikocok secara homogen diambil sebanyak 50 mL dan ditambahkan HNO₃ pekat sebanyak 5 mL. Larutan dipanaskan dengan pemanas listrik hingga hampir kering. Larutan diencerkan dengan akuades sebanyak 50 mL dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL melalui kertas saring whatman No.41. Larutan ditera hingga tanda batas dengan akuades.

2.5.2.2 Kurva Kalibrasi

Larutan baku timbal 1000 mg/L sebanyak 1 mL ditera dalam labu ukur 100 mL dengan larutan pengencer. Deret larutan standar kerja dibuat dengan konsentrasi 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; dan 1,0 mg/L pada labu ukur 25 mL. Larutan standar kerja masing-masing diukur serapan absorbansi pada panjang 283,3 nm. Penentuan linieritas kurva kalibrasi menggunakan persamaan 3 dan 4.

$$\text{Batas deteksi (LOD)} = \frac{3 \cdot SD}{\text{Slope}} \quad (3)$$

$$\text{Batas kuantisasi (LOQ)} = \frac{10 \cdot SD}{\text{Slope}} \quad (4)$$

dimana:

SD = standar deviasi pengukuran larutan standar

2.5.2.3 Uji Contoh

Larutan contoh uji diukur masing-masing serapan dengan spektrofotometer serapan atom pada panjang gelombang 283,3 nm. Penentuan kadar contoh uji dapat menggunakan persamaan 5.

$$\text{Kadar logam (mg/L)} = C \times fp \quad (5)$$

dimana:

C = konsentrasi yang didapat dari hasil pengukuran (mg/L)

fp = faktor pengenceran

2.5.3 Penentuan Logam Kadmium (Cd)

2.5.3.1 Persiapan Contoh Uji

Sampel uji yang sudah dikocok secara homogen diambil sebanyak 50 mL dan ditambahkan HNO₃ pekat sebanyak 5 mL. Larutan dipanaskan dengan pemanas listrik hingga hampir kering. Larutan diencerkan dengan akuades sebanyak 50 mL dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL melalui kertas saring whatman No.41. Larutan ditera hingga tanda batas dengan akuades.

2.5.3.2 Kurva Kalibrasi

Larutan baku kadmium 1000 mg/L sebanyak 1 mL ditera dalam labu ukur 100 mL dengan larutan pengencer. Deret larutan standar kerja dibuat dengan konsentrasi 0; 0,05; 0,1; 0,2; dan 0,5 mg/L pada labu ukur 25 mL. Larutan standar kerja masing-masing diukur serapan absorbansi pada panjang 228,8 nm. Penentuan linieritas kurva kalibrasi dapat menggunakan persamaan 3 dan 4.

2.5.3.3 Uji Contoh

Larutan contoh uji diukur masing-masing serapan dengan spektrofotometer serapan atom pada panjang gelombang 228,8 nm. Penentuan kadar contoh uji dapat menggunakan persamaan 5.

3. HASIL PENELITIAN

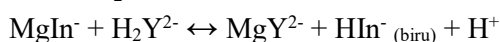
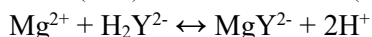
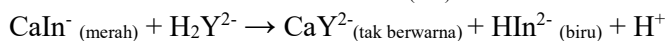
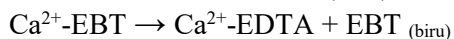
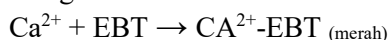
Pengujian air sumur pada penelitian ini dilakukan sangat penting karena untuk mengontrol kualitas air sumur yang digunakan secara luas oleh masyarakat. Standar mutu hasil pengujian mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 416/Menkes/Per/IX/1990 seperti yang terlihat dalam Tabel 1.

TABEL I. Standar Mutu Kualitas Air Bersih

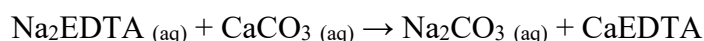
No.	Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
1.	Kesadahan (CaCO ₃)	mg/L	Maks 500
2.	Timbal (Pb)	mg/L	Maks 0,05
3.	Kadmium (Cd)	mg/L	Maks 0,005

3.1 Penentuan Kesadahan Total

Penentuan kesadahan total pada air sumur menggunakan metode titrasi kompleksometri. Kesadahan total menggunakan titrasi kompleksometri karena ion logam Ca²⁺ dan Mg²⁺ dapat membentuk kompleks dengan ligan atau senyawa pengompleks seperti EDTA. Prinsip titrasi kompleksometri didasarkan pada pembentukan ion-ion kompleks dalam larutan. Garam dinatrium etilen diamin (EDTA) sebagai pengompleks akan membentuk senyawa kompleks kelat yang larut saat bereaksi dengan kation logam tertentu. Titrasi dilakukan setelah penambahan larutan buffer pH 10±0,1 dan indikator Eriochrome Black T saat larutan dalam suasana basa. Larutan buffer pH 10±0,1 digunakan untuk memastikan hanya ada satu bentuk EDTA dalam air yaitu Y⁴⁻ dan reaksi antara indikator EBT dengan EDTA berlangsung sempurna pada pH 8-10 dalam keadaan stabil [5], [6],[7]. Titik akhir titrasi ditandai oleh larutan yang berubah warna menjadi biru saat EDTA mengikat seluruh ion Ca²⁺ dan Mg²⁺ [6]. Hal ini sesuai dengan reaksi:



Larutan Na₂EDTA 0,01 M harus distandardisasi sebelum digunakan karena merupakan larutan standar sekunder yang belum diketahui konsentrasinya secara tepat. Hasil standardisasi larutan Na₂EDTA memperoleh konsentrasi sebesar 0,0103 mol/L. Untuk mengetahui kandungan kesadahan air sumur menggunakan persamaan 1 dan nilai akurasi metode pengujian kesadahan air sumur dengan menggunakan persamaan 2. Reaksi yang terjadi yaitu:



TABEL II. Kadar Kesadahan Total Air Sumur

No.	Kode Sampel	Kadar Kesadahan Total (mg/L)	Tingkat Kesadahan	Recovery (%)	RPD(%)
1.	A	49,23	Air Lunak	93,73	0
2.	B	52,53	Air Menengah	95,38	0
3.	C	59,95	Air Menengah	91,46	0

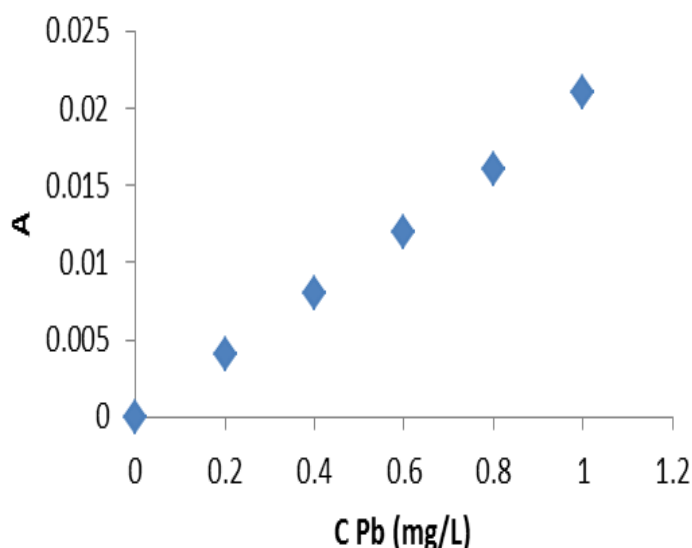
Berdasarkan hasil pegujian pada Tabel 2, kadar kesadahan total pada sampel air sumur warga sekitar Universitas Islam Indonesia memenuhi standar mutu dengan kadar kesadahan total maksimal 500 mg/L [8]. Air sumur tersebut layak untuk dikonsumsi masyarakat namun dengan pemakaian yang tidak berlebihan karena dapat berdampak bagi kesehatan seperti batu ginjal dan penyumbatan darah jantung serta penyumbatan pipa logam karena endapan CaCO_3 [9].

Masing-masing titik pengambilan sampel memiliki jenis air dengan kesadahan yang berbeda. Hal ini sesuai dengan penelitian bahwa kesadahan dipengaruhi oleh letak geografis [10]. Nilai presisi pengujian masing-masing titik memperoleh 0% yang menunjukkan bahwa tingkat kecermatan pengujian tersebut tinggi. Nilai *%recovery* yang diperoleh sesuai dengan rentang antara 85%-115% [11] yang menunjukkan bahwa akurasi metode untuk pengujian kesadahan air sumur memenuhi syarat.

3.2 Penentuan Logam Timbal (Pb)

Penentuan logam timbal (Pb) pada air sumur menggunakan metode spektrofotometri serapan atom. Prinsip spektrofotometri serapan atom berdasarkan absorpsi atau atom menyerap energi radiasi [6]. Penentuan kadar logam Pb dilakukan secara dua tahap, yaitu destruksi sampel dan penentuan kandungan Pb menggunakan spektrofotometer serapan atom. Proses destruksi sampel menggunakan HNO_3 pekat yang bertujuan untuk menghilangkan senyawa-senyawa yang tidak diperlukan dalam sampel, logam timbal dapat terpisah dari sampel, dan pemanasan digunakan agar mendapatkan hasil analisis yang maksimal. Sampel hasil destruksi diencerkan dengan akuades dan dipisahkan antara filtrat dengan residu menggunakan kertas saring whatman No. 41 agar larutan ekstrak dapat dianalisis dengan spektrofotometri serapan atom.

Pembuatan kurva standar Pb dilakukan dengan membuat variasi konsentrasi standar yaitu 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; dan 1 mg/L dari larutan baku timbal 10 mg/L pada panjang gelombang 283,3 nm. Rentang larutan standar Pb dilakukan tidak sesuai dengan SNI 6989:2004 karena sampel mempunyai absorbansi yang sangat kecil sehingga konsentrasi sampel dapat diketahui. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Kurva Larutan Standar Pb

Persamaan garis yang diperoleh dari kurva larutan standar Pb yaitu $y = 0,0207x - 0,0002$ dengan nilai korelasi (r) sebesar 0,9991. Nilai korelasi yang dihasilkan memasuki rentang yang telah

ditetapkan yaitu $\geq 0,995$ [11] yang menunjukkan bahwa kurva kalibrasi yang diperoleh memiliki hubungan yang proporsional antara konsentrasi analit dalam larutan standar dengan absorbansi. Untuk mengetahui linieritas kurva kalibrasi dapat menghitung batas konsentrasi analit terendah yang masih dapat dideteksi oleh instrumen (LOD) dan batas konsentrasi analit yang dapat diterapkan secara kuantitatif dengan tingkat akurasi dan presisi yang dapat diterima ketika metode diaplikasikan (LOQ) dari kurva larutan standar Pb dengan menggunakan persamaan 3 dan 4. Kadar Pb dalam air sumur dapat dilihat dalam Tabel 3 menggunakan rumus pada persamaan 5.

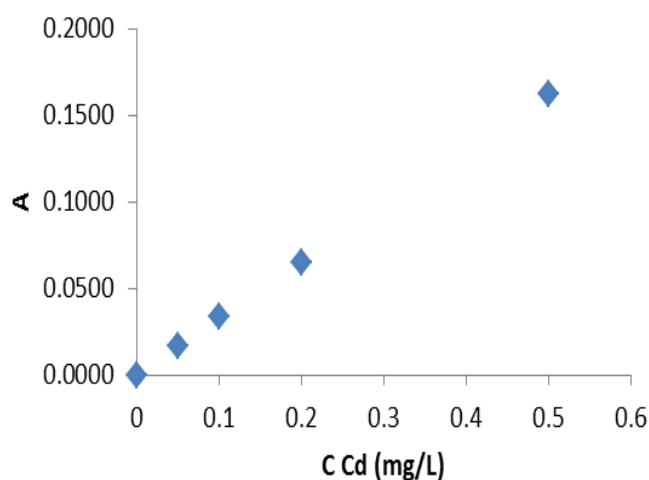
TABEL III. Kadar Pb Air Sumur

No.	Kode Sampel	Kadar Timbal (mg/L)	RPD (%)
1.	A	0,2995	0
2.	B	0,2271	21,28
3.	C	0,4364	3,69

Batas deteksi yang dimiliki oleh instrumen sebesar 0,0501 mg/L dan batas kuantisasi analit sebesar 0,1672 mg/L. Metode yang digunakan akurat dan presisi untuk menghitung konsentrasi kadar logam Pb dalam air sumur karena kadar Pb dalam air sumur lebih besar dari LOD dan LOQ [12]. Kadar Pb air sumur masing-masing titik melebihi kadar yang diperbolehkan maksimal 0,05 mg/L [8]. Air sumur yang mengandung kadar logam timbal yang tinggi dapat menyebabkan batu ginjal, penyumbatan pembuluh darah, dan *hyperparatiroidism* [13]. Kadar logam Pb yang tinggi perlu dilakukannya *treatment* untuk mengurangi kadar Pb dalam air. Penyisihan logam Pb dalam air dapat menggunakan metode ozonasi gelembung mikro dan filtrasi membran [14]. Nilai presisi pengujian titik A dan C masuk dalam rentang koefisien variasi antara 0-10% [11] sedangkan titik B perlu kecermatan dalam pengukuran yang lebih.

3.3. Penentuan Logam Kadmium (Cd)

Penentuan logam kadmium (Cd) pada air sumur menggunakan metode spektrofotometri serapan atom. Prinsip spektrofotometri serapan atom yaitu atom-atom yang memiliki tingkat tenaga dasar (*ground state*) menyerap energi yang mengakibatkan tereksitasinya elektron dalam kulit atom ke tingkat tenaga yang lebih tinggi [15]. Penentuan kadar logam kadmium dilakukan secara dua tahap, yaitu destruksi sampel dan penentuan kandungan Cd menggunakan spektrofotometer serapan atom. Proses destruksi sampel menggunakan asam nitrat pekat untuk menghilangkan senyawa-senyawa yang tidak diperlukan dalam sampel, logam kadmium dapat terpisah dari sampel, dan pemanasan digunakan agar mendapatkan hasil analisis yang maksimal. Pembuatan kurva standar Cd dilakukan dengan membuat variasi konsentrasi standar yaitu 0; 0,05; 0,1; 0,2; dan 0,5 mg/L pada panjang gelombang 228,8 nm. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Kurva Larutan Standar Cd

Persamaan garis yang diperoleh dari kurva larutan standar Cd yaitu $y = 0,323x + 0,0006$ dengan nilai korelasi (r) sebesar 0,9999. Nilai korelasi yang dihasilkan memasuki rentang yang telah ditetapkan yaitu $\geq 0,995^{[11]}$ yang menunjukkan bahwa kurva kalibrasi yang diperoleh memiliki hubungan yang proporsional antara konsentrasi analit dalam larutan standar dengan absorbansi. Untuk mengetahui linieritas kurva kalibrasi dapat menghitung batas konsentrasi analit terendah yang masih dapat dideteksi oleh instrumen (LOD) dan batas konsentrasi analit yang dapat diterapkan secara kuantitatif dengan tingkat akurasi dan presisi yang dapat diterima ketika metode diaplikasikan (LOQ) dari kurva larutan standar Cd menggunakan persamaan 3 dan 4. Kadar Cd dalam air sumur dapat dilihat pada Tabel 4 menggunakan rumus pada persamaan 5.

TABEL IV. Kadar Cd Air Sumur

No.	Kode Sampel	Kadar Kadmium (mg/L)	RPD (%)
1.	A	0,0167	0
2.	B	0,0147	56,66
3.	C	0,0178	81,39

Batas deteksi yang dimiliki oleh instrumen sebesar 0,0059 mg/L dan batas kuantisasi analit sebesar 0,0198 mg/L. Metode yang digunakan belum akurat dan presisi untuk menghitung konsentrasi kadar logam Cd dalam air sumur karena kadar Cd dalam air sumur lebih besar dari LOD dan LOQ [12]. Kadar Cd air sumur masing-masing titik melebihi kadar yang diperbolehkan maksimal 0,005 mg/L [8]. Air sumur yang mengandung kadar logam kadmium yang tinggi dapat mengakibatkan gangguan sistem pernafasan, sistem sirkulasi darah, sistem urinaria, dan kerapuhan pada tulang [16]. Kadar logam Cd yang tinggi perlu dilakukannya *treatment* untuk mengurangi kadar Cd dalam air. Menurunkan kadar Cd dalam air dapat menggunakan serbuk eceng gondok sebagai material penyerap (adsorben) [17]. Nilai presisi pengujian titik A masuk dalam rentang koefisien variasi yaitu 0-10% [11] sedangkan titik B dan C perlu kecermatan dalam pengukuran yang lebih.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penentuan kesadahan total, kadar logam timbal, dan kadmium dalam sampel air sumur warga sekitar Universitas Islam Indonesia adalah kandungan kesadahan

total masing-masing titik sebesar 49,23; 52,53; dan 59,95 mg/L telah memenuhi standar Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 416/Menkes/Per/IX/1990. Kadar logam timbal (Pb) masing-masing titik sebesar 0,2995; 0,2271; dan 0,4364 mg/L serta kadar kadmium (Cd) masing-masing titik sebesar 0,0167; 0,0147; dan 0,0178 mg/L melebihi ambang batas standar mutu.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada Program Studi DIII Analisis Kimia yang telah memfasilitasi Seminar Nasional Vokasi Indonesia dan Laboratorium Kimia Terapan DIII Analisis Kimia FMIPA UII yang memberikan fasilitas pengujian.

Daftar Pustaka

- [1] Effendi, H., "Telaah Kualitas Air bagi Pengolahan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan," Kanisius, Yogyakarta, 2003.
- [2] Sutrisno, C.T., "Teknologi Penyediaan Air Bersih," Cetakan Keenam, Rineka Cipta, Jakarta, 2007.
- [3] Palar, H., "Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat," Rineka Cipta, Jakarta, 1994.
- [4] Wahyu, W., "Efek Toksik Logam," Andi, Jakarta, 2008.
- [5] Harvey, D., "Modern Analytical Chemistry," McGraw-Hill Company, New York, 2000.
- [6] Khopkar, S.M., "Konsep Dasar Kimia Analitik," UI Press, Jakarta, 2002.
- [7] Alaerts, G. dan Santika, S., "Metode Penelitian Air," Usaha Nasional, Surabaya.
- [8] Kemenkes, "Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 416/Menkes/IX/1990 tentang Syarat-Syarat dan Pengawasan Kualitas Air Bersih," Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, Jakarta, 1990.
- [9] Wulandari, D.D., "Analisa Kesadahan Total dan Kadar Klorida Air Di Kecamatan Tanggulangin Sidoarjo," *Medical Technology and Public Health Journal (MTPH Journal)*, vol. 1, pp. 14-19, 2017.
- [10] Astuti, D.W., Fatimah, S., Anie, S., "Analisis Kesadahan Total Pada Air Sumur Di Padukuhan Bandung Playen Gunung Kidul Yogyakarta," *Jurnal Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, vol. 1, pp. 69-73, 2016.
- [11] BSN, "SNI 6989:2004 Air dan Air Limbah," Badan Standardisasi Nasional, Jakarta, 2004.
- [12] Vera, "Analisis Logam Timbal (Pb), Timah (Sn) dan Kadmium (Cd) Dalam Buah Lengkeng Kemasan Kaleng Secara Spektrofotometri Serapan Atom," Skripsi, Universitas Indonesia, Jakarta, 2011.
- [13] Nurullita, U. dan Rahayu, A., "Pengaruh Lama Kontak Karbon Aktif sebagai Media Filter terhadap Persentase Penurunan Kesadahan CaCO_3 Air Sumur Artesis," *Jurnal Kesehatan Masyarakat Indonesia*, vol. 6, pp. 48-56, 2010.
- [14] Hikmawan, T., "Proses Pengolahan Air Yang Mengandung Tembaga, Timbal, dan Amonia Dengan Proses Ozonasi Gelembung Mikro dan Filtrasi Membran," Skripsi, Universitas Indonesia, Jakarta, 2009.
- [15] Gunanjar, "Diktat Kuliah Spektrofotometri Serapan Atom," BATAN, Yogyakarta, 1997.
- [16] Palar, H., "Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat," Rineka Cipta, Jakarta, 2008.
- [17] Lestari, S., Santi, D.N., Chahaya, I., "Pemanfaatan Serbuk Eceng Gondok Untuk Menurunkan

Kadar Kadmium (Cd) Pada Air Sumur Gali Masyarakat Di Desa Namo Bintang Kecamatan Pancur Batu Kabupaten Deli Serdang Tahun 2012,” Universitas Sumatera Utara, Medan, 2012.