

EVALUASI KINERJA LABORATORIUM LINGKUNGAN DAERAH MELALUI PROGRAM UJI PROFISIENSI PARAMETER Pb, Zn, Mn, Cl⁻, dan SO₄²⁻ DALAM AIR

Anwar Hadi¹, Asiah¹ dan Eva Merina Tarigan¹

ABSTRACT

One of the main uses of proficiency testing schemes is to assess laboratories ability to perform tests competently. Environmental Management Center (PUSARPEDAL – KNLH) conducts proficiency testing program to determine the performance of individual laboratories for environmental quality tests and to monitor continuing performance. Performance evaluation sample was determined by provider as assign value and distributed to the participants. The result of proficiency testing was evaluated by Z_{score} according to *News Statistics NATA's Proficiency Testing Programs*. In 2008, the participants of proficiency testing program are 52 laboratories which carry out the environmental quality tests. The result of proficiency testing showed that more than 80% participants have high accuracy and precision for determination of Pb, Zn and Mn in water using Atomic Absorption Spectrofotometer. Furthermore, the determination of Chloride (Cl⁻) in water was analyzed by argentometric method showed that 73.47% laboratories have high accuracy and 87.76% laboratories have high precision. In addition, 65.96% laboratories have high precision and 87.23% laboratories have high accuracy for determination of Sulfate (SO₄²⁻) in water was analyzed by turbidimetric.

Keywords: *proficiency testing, environmental laboratory, Pb, Zn, Mn, Sulfate, Chloride*

PENDAHULUAN

Pengujian parameter kualitas lingkungan merupakan suatu kegiatan teknis yang terdiri atas penetapan dan penentuan satu sifat atau lebih parameter kualitas lingkungan sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan. Berdasarkan peraturan perundang-undangan lingkungan hidup, pengujian parameter kualitas lingkungan meliputi parameter kimia, fisika, dan biologi. Penentuan kadar parameter kimia umumnya dapat dilakukan secara gravimetri, titrimetri, spektroskopi, elektrokimia, dan kromatografi. Untuk mengetahui kompetensi suatu laboratorium pengujian parameter kualitas lingkungan dengan menggunakan metode pengujian tertentu maka diperlukan program uji profisiensi.

Uji profisiensi adalah salah satu metode untuk mengetahui unjuk kerja laboratorium dengan cara

uji banding antar laboratorium. Maksud program uji profisiensi adalah pengecekan unjuk kerja teknis secara menyeluruh terhadap suatu laboratorium. Hasil evaluasi yang diperoleh dapat digunakan untuk mengidentifikasi kompetensi laboratorium dalam melakukan pengujian tertentu⁽¹⁾.

Pusat Sarana Pengendalian Dampak Lingkungan (Pusarpedal) – Kementerian Negara Lingkungan Hidup (KNLH) menerapkan kebijakan program uji profisiensi sebagai bahan evaluasi pola pembinaan laboratorium lingkungan di seluruh Indonesia. Penyelenggaraan program uji profisiensi sekali setahun dengan ruang lingkup pengujian parameter kualitas lingkungan berdasarkan baku mutu sesuai peraturan perundang-undangan lingkungan hidup. Sedangkan Pusarpedal berpartisipasi dalam program uji profisiensi yang diselenggarakan secara nasional oleh Komite Akreditasi Nasional (KAN)

¹ Pusat Sarana Pengendalian Dampak Lingkungan, Deputi VII – KNLH, Kawasan PUSPIPEK Gedung 210, Jln. Raya PUSPIPEK, Serpong, Tangerang, Banten, 15310 - Indonesia. Telp. 021-7560983, *1 Hp. 08121127767, email: cak_war@yahoo.com.

dan secara internasional oleh *National Association of Testing Authorities (NATA) – Australia*, *Canadian Association for Environmental Analytical Laboratories (CAEAL) – Canada*, *Norwegian Institute for Water Research (NIVA)*, dan *Asia Pacific Laboratory Accreditation Cooperation (APLAC)*.

Dalam penerapannya, uji profisiensi laboratorium lingkungan yang dilakukan oleh Pusarpedal bersifat pembinaan. Hal ini berarti bahwa bila hasil uji profisiensi laboratorium peserta tidak memuaskan (*outlier*), maka Pusarpedal melakukan bimbingan teknis terhadap laboratorium tersebut melalui pelatihan teknis analisis parameter kualitas lingkungan termasuk jaminan mutu dan pengendalian mutu, pemeliharaan dan kalibrasi peralatan serta sistem manajemen mutu laboratorium sesuai ISO/IEC 17025: 2005.

Bila diperlukan, Pusarpedal beserta laboratorium peserta yang mempunyai hasil tidak memuaskan melakukan investigasi melalui audit pengukuran (*measurement audit*) serta melakukan tindakan perbaikan atas ketidaksesuaian yang ditemukan. Audit pengukuran diarahkan kepada kebenaran secara teknis dari apa yang sedang dilakukan menurut prosedur yang didokumentasikan maupun metode pengujian yang menjelaskan bagaimana kegiatan tersebut seharusnya dilaksanakan⁽²⁾. Audit ini mencakup suatu penilaian terhadap presisi dan akurasi serta jaminan mutu dan pengendalian mutu yang harus diterapkan. Pusarpedal selaku penyelenggara uji profisiensi sekaligus sebagai pembina laboratorium lingkungan menjaga kerahasiaan semua informasi yang terkait dengan hasil uji profisiensi terhadap pihak-pihak lain yang tidak berkepentingan.

METODOLOGI

Pada tahun 2008 Pusarpedal menyelenggarakan uji profisiensi untuk parameter Pb, Zn, Mn, klorida dan sulfat dalam air. Parameter Pb, Zn dan Mn dipilih mewakili pengujian parameter kualitas lingkungan secara spektroskopi serapan atom, klorida mewakili pengujian parameter kualitas lingkungan secara titrimetri, sedangkan sulfat mewakili pengujian parameter kualitas lingkungan secara spektrofotometri UV-Vis. Pemilihan parameter didasarkan pada baku mutu sesuai peraturan perundang-undangan bidang lingkungan hidup dengan mempertimbangkan sifat sampel uji profisiensi, yaitu antara lain: memiliki homogenitas yang baik, stabil dalam jangka waktu tertentu dan matriks menyerupai sampel lingkungan sesungguhnya yang secara rutin diuji oleh laboratorium peserta. Adapun penentuan konsentrasi masing-masing analit dalam contoh uji profisiensi disesuaikan dengan Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

Pemilihan peserta uji profisiensi diutamakan kepada laboratorium binaan Pusarpedal – KNLH dan laboratorium lingkungan yang ditunjuk oleh gubernur kepala daerah Tk. I (propinsi) melalui proses rekomendasi teknis dari Pusarpedal. Selain itu, laboratorium yang telah diakreditasi oleh KAN atau laboratorium pengujian yang mendukung pengelolaan lingkungan hidup dapat mengajukan sebagai peserta uji profisiensi.

Sampel uji profisiensi yang telah diuji homogenitas dan stabilitas dikirim ke laboratorium peserta. Dalam waktu yang telah ditentukan, laboratorium peserta harus menganalisis sampel uji profisiensi dan melaporkan hasilnya ke Pusarpedal. Sebagai tindak lanjut, Pusarpedal melakukan evaluasi

dengan menggunakan perhitungan Z_{score} sesuai *News Statistics NATA's Proficiency Testing Programs*⁽³⁾ atau Grubb's test dan persamaan Horwitz bila diperlukan. Evaluasi data dilakukan untuk mengetahui presisi dan akurasi hasil pengujian yang dilakukan oleh laboratorium peserta.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Evaluasi *Robust Statistics* (Z_{score})

Prosedur statistik untuk pengolahan data hasil pengujian menggunakan metode *Robust Statistics* dengan menghitung Z_{score} dan ringkasan statistiknya. Ringkasan ini memuat jumlah hasil uji, median, IQR ternormalisasi, minimum, maksimum dan rentang. Z_{score} adalah nilai yang mengukur sejauh mana hasil berbeda dari nilai konsensus.

Variabilitas dari hasil-hasil uji profisiensi berasal dari dua sumber yaitu antarlaboratorium dan variasi di dalam laboratorium. Variasi antarlaboratorium disebut *variation between laboratories* (Z_{bi}) dan variasi di dalam laboratorium disebut *variation within a laboratory* (Z_{wi}). Untuk menghitung Z_{bi} maka dihitung mula-mula S_i dengan rumus berikut ini:

$$S_i = \frac{A_i + B_i}{\sqrt{2}} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana A_i dan B_i adalah nilai duplo hasil analisis masing-masing laboratorium.

$$Z_{bi} = \frac{S_i - median_{(S_i)}}{0,7413(IQR_{(S_i)})} \dots\dots\dots(2)$$

$IQR \times 0,7413$ adalah IQR ternormalisasi ($nIQR$) yang merupakan ukuran dari variabilitas data yang mirip dengan simpangan baku (*standard deviation, sd*).

$$n IQR \approx sd \dots\dots\dots(3)$$

IQR atau *interquartile range* adalah selisih antara *quartile* atas dan bawah. *Quartile* bawah (Q_1) adalah suatu harga di bawah seperempat dari seluruh hasil berada/terletak sedangkan *quartile* atas (Q_3) adalah suatu harga di atas seperempat dari seluruh hasil berada/terletak.

$$IQR = Q3 - Q1 \dots\dots\dots(4)$$

$$n IQR = IQR \times 0,7413 \dots\dots\dots(5)$$

Untuk menghitung Z_{wi} sebagai evaluasi presisi (variasi dalam laboratorium dari laboratorium ke-i) maka mula-mula dihitung D_i dengan rumus berikut :

$$D_i = \frac{A_i - B_i}{\sqrt{2}} \text{ apabila median } (A_i) > (B_i) \dots\dots(6)$$

$$D_i = \frac{B_i - A_i}{\sqrt{2}} \text{ apabila median } (A_i) < (B_i) \dots\dots(7)$$

$$Z_{wi} = \frac{D_i - median_{(D_i)}}{0,7413(IQR_{(D_i)})} \dots\dots\dots(8)$$

Hasil evaluasi unjuk kerja laboratorium untuk menilai akurasi dan presisi dengan menggunakan perhitungan nilai Z_{score} dikelompokkan menjadi tiga kategori, yaitu:

- 1) memuaskan, dimana hasil pengujian dari laboratorium peserta terletak pada Z_{score} antara -2 dan +2 yang dinotasikan sebagai $|Z| < 2$;
- 2) kurang memuaskan, dimana hasil pengujian laboratorium peserta terletak pada Z_{score} antara -3 dan -2 atau antara +2 dan +3 yang dinotasikan sebagai $2 < |Z| < 3$ dan diberi tanda (\$)
- 3) tidak memuaskan, dimana hasil pengujian

dari laboratorium peserta terletak pada Z_{score} kurang dari -3 atau lebih dari +3 yang dinotasikan sebagai $|Z| > 3$ dan diberi tanda (\$\$).

Evaluasi Grubb's Test

Grubb's test digunakan untuk melihat keragaman data hasil pengujian peserta uji profisiensi. Bila diduga terdapat data yang berbeda nyata dengan kumpulan data yang lain, maka data tersebut diuji menggunakan Grubb's test. Langkah awal sebelum mengevaluasi data hasil uji profisiensi adalah mengurutkan data mulai dari yang terkecil hingga yang terbesar. Kemudian hitung dengan menggunakan rumus yang ditetapkan dan bandingkan antara nilai perhitungan dengan nilai tabel yang diberikan (Tabel 1). Jika nilai perhitungan melebihi nilai yang diberikan dalam tabel maka data yang diduga dapat disimpulkan merupakan data pencilan (outlier). Evaluasi Grubb's test meliputi:

Tipe-1: evaluasi data menggunakan rumus:

$$G^i_{Terendah/Tertinggi} = \frac{|\bar{x} - x_i|}{sd} \dots\dots\dots(9)$$

Tipe-2: evaluasi data menggunakan rumus:

$$G^{ii} = \frac{x_n - x_1}{sd} \dots\dots\dots(10)$$

Tipe-3: evaluasi data menggunakan rumus:

$$G^{iii}_{Pasangan-rendah/Pasangan-tinggi} = 1 - \frac{(n-3)sd^2_{n-2}}{(n-1)sd^2} \quad (11)$$

Dimana standar deviasi (sd) dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(12)$$

Keterangan :

- $G^i_{Terendah/Tertinggi}$ = uji Grubb tipe-1, bila ada satu data rendah/tinggi yang diduga pencilan;
- G^{ii} = uji Grubb tipe-2, bila ada sepasang data rendah dan tinggi yang diduga pencilan;
- $G^{iii}_{Pasangan-rendah/Pasangan-tinggi}$ = uji Grubb tipe-3, bila ada sepasang data rendah atau sepasang data tinggi yang diduga outlier.
- \bar{x} = rerata
- x_i = data yang diduga pencilan
- x_1 = data terendah yang diduga pencilan
- x_n = data tertinggi yang diduga pencilan
- n = jumlah data
- = kuadrat dari standar deviasi tanpa 2 pasangan data terendah atau tertinggi yang diduga pencilan
- sd^2 = kuadrat dari standar deviasi seluruh data yang ada termasuk 2 pasangan data terendah atau tertinggi yang diduga pencilan

Tabel 1: Nilai Kritis untuk Uji Grubb

N	95%G ⁱ	95%G ⁱⁱ	95%G ⁱⁱⁱ	N	95%G ⁱ	95%G ⁱⁱ	95%G ⁱⁱⁱ
3	1,153	2,00	1,0000	27	2,698	4,80	0,4283
4	1,463	2,43	0,9992	28	2,714	4,83	0,4181
5	1,672	2,75	0,9817	29	2,730	4,86	0,4084
6	1,822	3,01	0,9436	30	2,745	4,89	0,3992
7	1,938	3,22	0,8980	31	2,759	4,919	0,3905
8	2,032	3,40	0,8522	32	2,773	4,947	0,3822
9	2,110	3,55	0,8091	33	2,786	4,974	0,3743
10	2,176	3,68	0,7695	34	2,799	5,000	0,3667
11	2,234	3,80	0,7333	35	2,811	5,026	0,3595
12	2,285	3,91	0,7004	36	2,823	5,051	0,3526
13	2,331	4,00	0,6705	37	2,835	5,076	0,3459
14	2,371	4,09	0,6432	38	2,846	5,101	0,3396
15	2,409	4,17	0,6182	39	2,857	5,125	0,3335
16	2,443	4,24	0,5952	40	2,866	5,150	0,3276
17	2,475	4,31	0,5741	41	2,877	5,175	0,3220
18	2,504	4,38	0,5545	42	2,877	5,199	0,3166
19	2,532	4,43	0,5364	43	2,896	5,222	0,3114
20	2,557	4,49	0,5196	44	2,905	5,243	0,3064
21	2,580	4,55	0,5039	45	2,914	5,263	0,3015
22	2,603	4,60	0,4893	46	2,923	5,282	0,2968
23	2,624	4,65	0,4756	47	2,931	5,300	0,2923
24	2,644	4,69	0,4627	48	2,940	5,317	0,2880
25	2,663	4,73	0,4505	49	2,948	5,336	0,2837
26	2,681	4,77	0,4391	50	2,956	5,350	0,2797

Sumber: Critical values for the Grubb's Test

Evaluasi Horwitz Value

Evaluasi ini digunakan bila nilai presisi (*variation within a laboratory*) tidak dapat dievaluasi dengan menggunakan metode Z_{Score} . Rumus perhitungan Horwitz adalah:

$$\%CV = 2^{1-0,5 \log C} \dots \dots \dots (13)$$

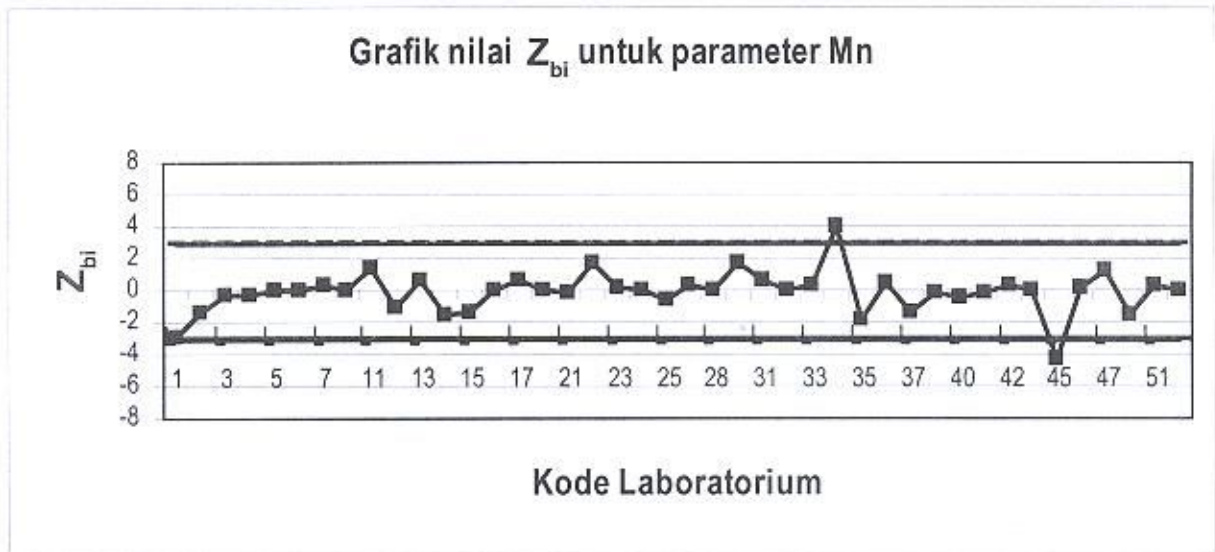
Bila nilai perbedaan pengujian secara duplo yang

diungkapkan dalam %RPD (*relative percent difference*) dari peserta uji profisiensi < %CV maka presisi hasil pengujian dari laboratorium peserta tersebut dikategorikan memuaskan. Namun sebaliknya, presisi hasil pengujian dari suatu peserta uji profisiensi dikategorikan tidak memuaskan jika nilai %RPD lebih besar dari %CV.

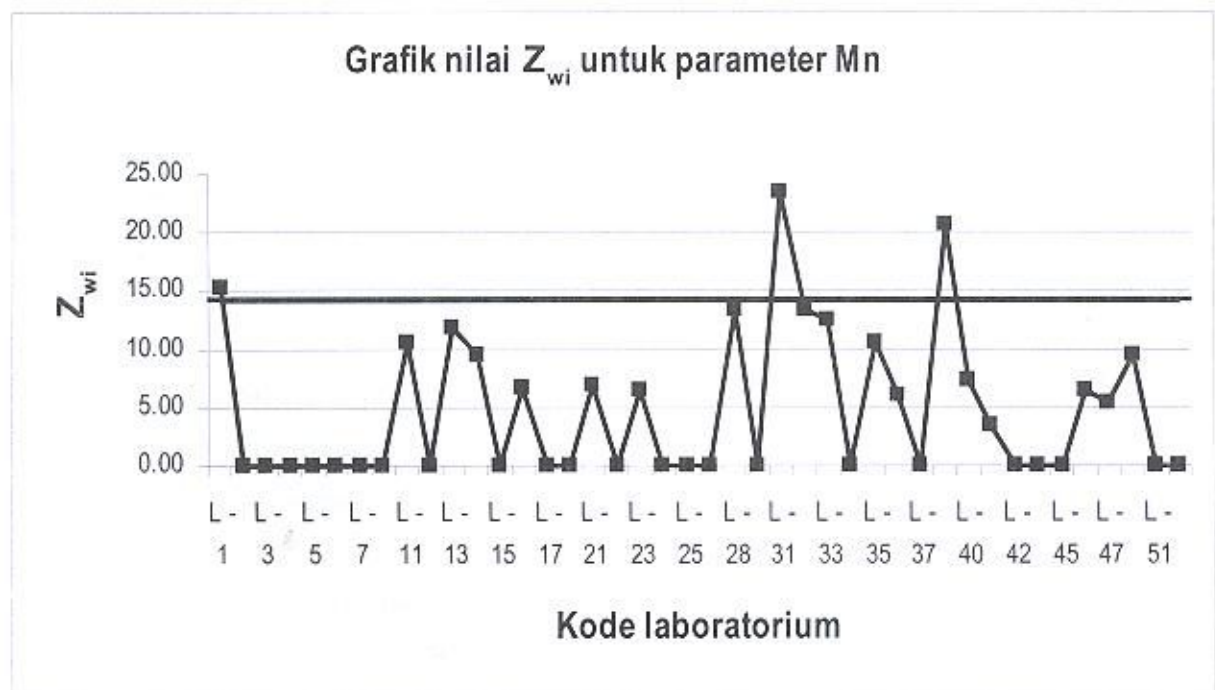
Hasil Evaluasi Uji Profisiensi dan Tindak Lanjut

Jumlah peserta uji profisiensi tahun 2008 adalah 52 laboratorium yang terdiri atas 42 laboratorium lingkungan binaan Kementerian Negara Lingkungan Hidup di seluruh Indonesia dan 10 laboratorium milik pemerintah atau swasta yang melaksanakan tugas pengujian kualitas air. Untuk

menjaga kerahasiaan hasil uji, maka laboratorium peserta diberikan nomor kode L-1 hingga L-52. Evaluasi menggunakan Z_{score} untuk variasi antar-laboratorium (Z_{bi}) yang mengilustrasikan akurasi dan variasi di dalam laboratorium, (Z_{wi}) yang mengilustrasikan presisi ditunjukkan dalam Gambar 1 dan 2 di bawah ini.



Gambar 1: Grafik nilai Z_{bi} untuk parameter Mn



Gambar 2: Grafik nilai Z_{wi} untuk parameter Mn

Sedangkan rekapitulasi hasil uji profisiensi tahun 2008 dapat dilihat dalam Tabel 2.

Berdasarkan Tabel 2 terlihat bahwa laboratorium peserta pada tahun 2008 secara umum mampu menganalisis sampel uji profisiensi dengan hasil akurasi dan presisi yang memuaskan. Pengujian parameter kualitas lingkungan secara spektrofotometri menggunakan spektrofotometer serapan atom (AAS) untuk parameter logam berat yaitu Pb, Zn dan Mn⁽⁶⁾ menunjukkan bahwa lebih dari 80% peserta uji profisiensi memiliki akurasi dan presisi yang memuaskan. Pengujian parameter sulfat secara spektrofotometri⁽⁶⁾ menunjukkan bahwa 87,23% peserta uji profisiensi memiliki akurasi yang memuaskan, namun hanya 65,96% peserta memiliki presisi yang memuaskan. Untuk pengujian parameter klorida secara titrimetri⁽⁷⁾, 73,47% peserta uji profisiensi memiliki akurasi yang memuaskan dan

87,76% peserta memiliki presisi yang memuaskan.

Bagi laboratorium yang mempunyai hasil akurasi dan presisi yang memuaskan, maka laboratorium tersebut harus mempertahankan dan memelihara kompetensinya dalam melakukan pengujian parameter kualitas lingkungan. Sedangkan bagi laboratorium yang mempunyai akurasi dan/atau presisi yang diperingatkan maupun *outlier*, maka laboratorium harus melakukan investigasi dan tindakan perbaikan yang diperlukan⁽⁸⁾. Hasil investigasi dan bukti tindakan perbaikan harus diserahkan ke Pusarpedal untuk diverifikasi. Apabila hasil verifikasi memperlihatkan bahwa tindakan perbaikan belum efektif, maka Pusarpedal dapat melakukan uji profisiensi ulang untuk lingkup yang sama di tahun berikutnya.

Tabel 2: Rekapitulasi Hasil Uji Profisiensi Tahun 2008

No.	Parameter	Kategori	Jumlah Laboratorium	
			Akurasi (%)	Presisi (%)
1	Pb	Memuaskan	82,50	57,5
		Diperingati	5,00	5,00
		<i>Outlier</i>	5,00	30,00
		<i>Outlier</i> dengan Uji Grubb	7,50	7,50
2	Zn	Memuaskan	80,85	80,85
		Diperingati	8,51	12,77
		<i>Outlier</i>	4,26	-
		<i>Outlier</i> dengan Uji Grubb	6,38	6,38
3	Mn	Memuaskan	86,67	86,67
		Diperingati	2,22	6,67
		<i>Outlier</i>	4,44	-
		<i>Outlier</i> dengan Uji Grubb	6,67	6,67
4	Klorida	Memuaskan	73,47	87,76
		Diperingati	8,16	-
		<i>Outlier</i>	6,12	-
		<i>Outlier</i> dengan Uji Grubb	12,24	12,24
5	Sulfat	Memuaskan	87,23	65,96
		Diperingati	-	23,40
		<i>Outlier</i>	-	-
		<i>Outlier</i> dengan Uji Grubb	12,77	10,64

Sumber: Laporan uji profisiensi laboratorium lingkungan, Pusarpedal 2008

Manajer teknis dibantu oleh analis dan penyelia laboratorium yang melakukan pengujian sampel uji profisiensi, melakukan investigasi melalui audit pengukuran (*measurement audit*) yang diawali dengan peninjauan ketidaksesuaian dan analisis penyebab. Analisis penyebab adalah kunci dan kadang-kadang merupakan bagian yang paling sulit dalam melaksanakan tindakan perbaikan. Hal ini disebabkan seringkali akar penyebab tidak jelas sehingga diperlukan suatu analisis yang cermat pada semua penyebab yang potensial. Penyebab potensial dapat mencakup keterampilan dan pelatihan personil, bahan kimia termasuk bahan acuan bersertifikat (CRM), kondisi akomodasi dan lingkungan pengujian atau peralatan yang digunakan. Karena itu, personil terkait dibantu oleh manajer teknis membuat *cause and effect diagram* atau *fish bone diagram* untuk menentukan akar penyebab ketidaksesuaian yang terjadi (Gambar 3).

Bila seluruh penyebab potensial dapat diidentifikasi melalui *cause and effect diagram*, maka penetapan akar penyebab ketidaksesuaian dapat dilakukan dan seluruh alternatif tindakan perbaikan yang potensial serta kebutuhan

tindakan yang diperlukan diidentifikasi⁽⁹⁾. Penetapan dan penerapan tindakan perbaikan dilakukan berdasarkan alternatif tindakan perbaikan yang paling memungkinkan untuk meniadakan ketidaksesuaian dan memastikan bahwa ketidaksesuaian yang serupa tidak terulang kembali. Tindakan perbaikan dilakukan sampai tingkat yang sesuai dengan besar dan resiko masalah yang terjadi. Untuk memastikan efektifitas dan efisiensi tindakan perbaikan yang dilakukan, maka manajer teknis melakukan peninjauan dan pemantauan hasil tindakan perbaikan secara teknis serta manajer mutu melakukan pemantauan berkaitan dengan penerapan sistem manajemen mutu⁽¹⁰⁾.

Bila ketidaksesuaian yang terjadi menimbulkan keraguan pada kesesuaian dengan kebijakan dan prosedur yang telah ditetapkan atau implementasi sistem manajemen mutu dan merupakan isu yang serius serta berisiko pada bisnis laboratorium, maka harus dilakukan audit tindak lanjut oleh manajer mutu. Audit tindak lanjut bertujuan untuk memverifikasi dan merekam penerapan serta efektifitas dari tindakan perbaikan yang telah dilakukan.



Gambar 3: Identifikasi akar masalah melalui diagram sebab-akibat

KESIMPULAN

Secara umum laboratorium peserta mampu menganalisis sampel uji profisiensi dengan hasil memuaskan. Lebih dari 80% peserta uji profisiensi memiliki akurasi dan presisi yang memuaskan dalam melakukan pengujian parameter kualitas lingkungan secara spektrofotometri serapan atom (AAS) untuk parameter logam berat yaitu Pb, Zn dan Mn. Sedangkan pengujian parameter sulfat secara spektrofotometri menunjukkan bahwa 87,23% peserta uji profisiensi memiliki akurasi yang memuaskan dan 65,96% peserta memiliki presisi yang memuaskan. Untuk pengujian parameter khlorida secara titrimetri, 73,47% peserta uji profisiensi memiliki akurasi dan 87,76% laboratorium memiliki presisi yang memuaskan.

Laboratorium yang mempunyai akurasi dan/atau presisi yang diperingatkan atau *outlier* harus melakukan investigasi melalui audit pengukuran (*measurement audit*) dan membuat *cause and effect diagram* atau *fish bone diagram* untuk menentukan akar penyebab ketidaksesuaian yang terjadi. Hasil tindakan perbaikan yang dilakukan oleh laboratorium harus dilaporkan kepada penyelenggara agar dapat dilakukan bimbingan teknis lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- (1) ISO/IEC Guide 43-1. 1997. "Proficiency Testing by Interlaboratory Comparisons – Part 1: Development and Operation of Proficiency Testing Schemes".
- (2) KAN. 2003. "Kebijakan Uji Profisiensi untuk Laboratorium Penguji dan Laboratorium Kalibrasi". Jakarta: KAN.
- (3) National Association of Testing Authorities (NATA). 1997. "Guide to NATA Proficiency Testing". Australia: NATA.
- (4) Pusarpedal. 2008. "Laporan Uji Profisiensi Laboratorium Lingkungan". Jakarta: Pusarpedal.
- (5) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st edition, 3111B*. 2005. Washington DC USA: American Public Health Association (APHA).
- (6) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st edition, 4500-SO₄²⁻*. 2005. Washington DC USA: American Public Health Association (APHA).
- (7) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st edition, 4500-Cl*. 2005. Washington DC USA: American Public Health Association (APHA).
- (8) ISO/IEC Guide 43-2. 1997. "Proficiency Testing by Interlaboratory Comparisons – Part 2: Selection and Use of Proficiency Testing Schemes by Laboratory Accreditation Bodies".
- (9) ISO/IEC 17025: 2005. "General requirements for the competence of testing and calibration laboratories". 2005. Switzerland: ISO.
- (10) Hadi, Anwar. 2007. *Pemahaman dan Penerapan ISO/IEC 17025: 2005*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.