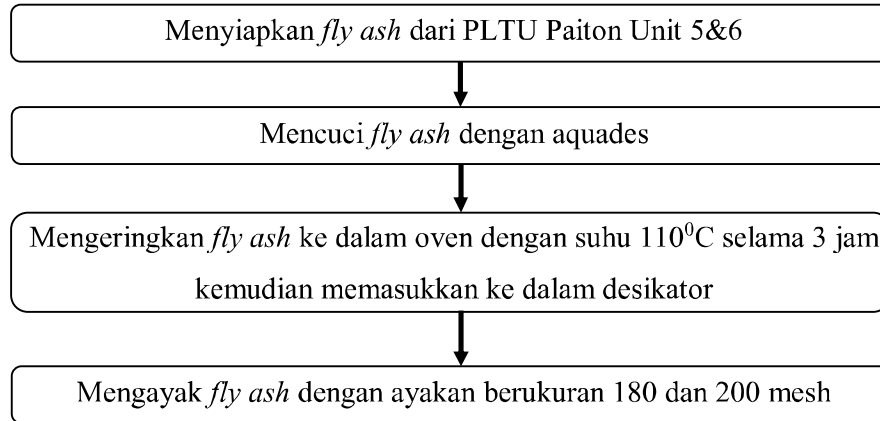


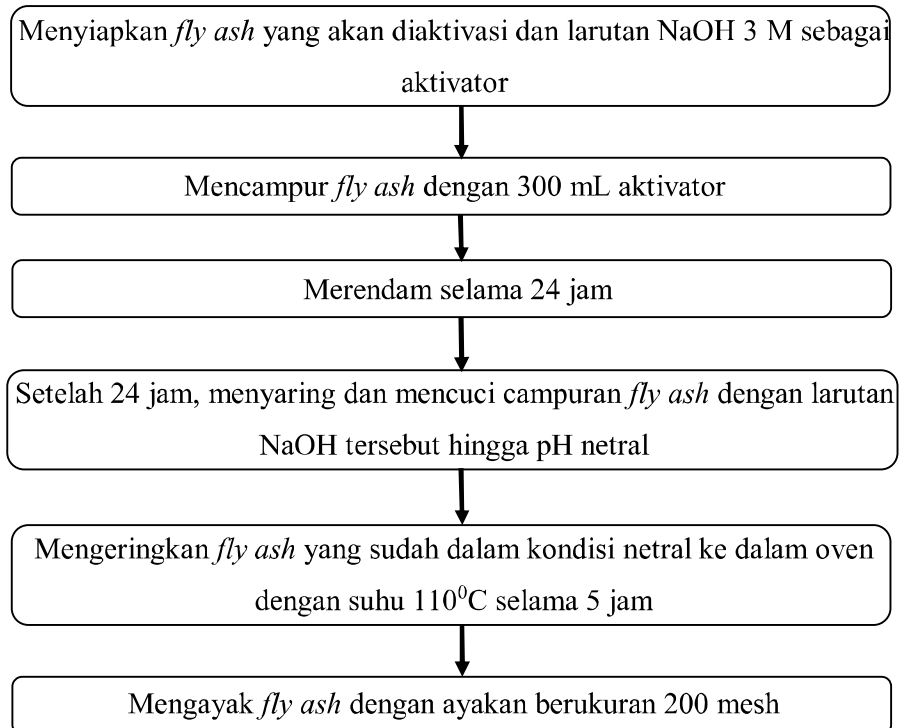
LAMPIRAN

Lampiran I. Langkah Kerja Percobaan Adsorpsi Logam Berat Kadmium (Cd)

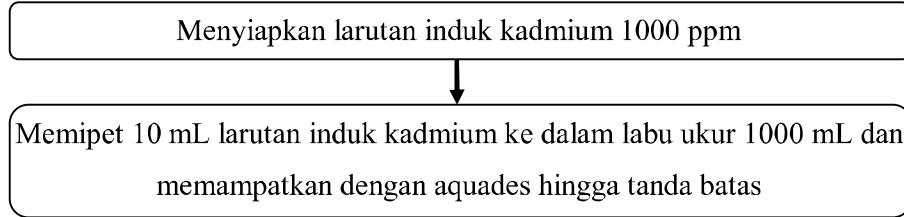
1. Persiapan Adsorben *Fly Ash*



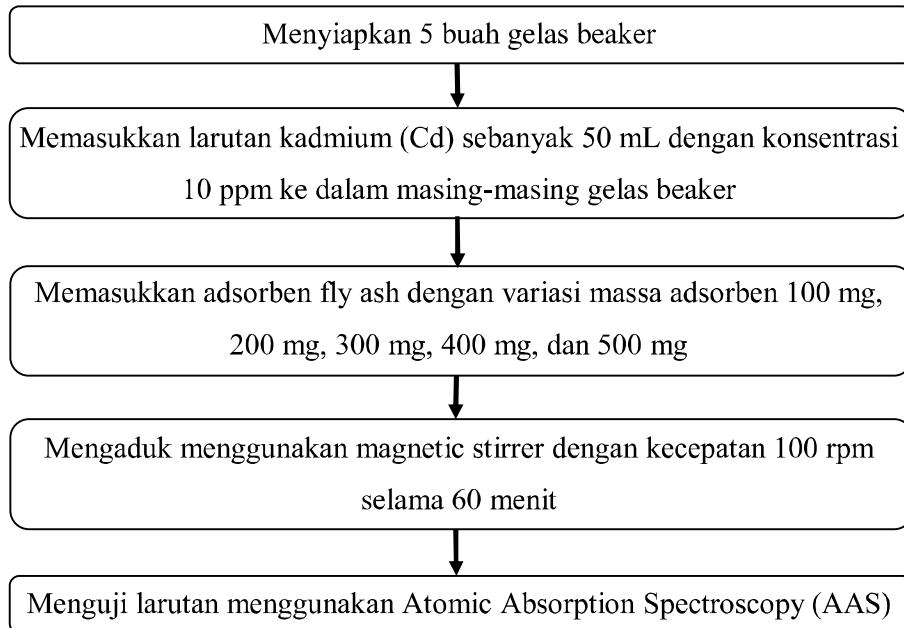
2. Aktivasi Adsorben *Fly Ash*



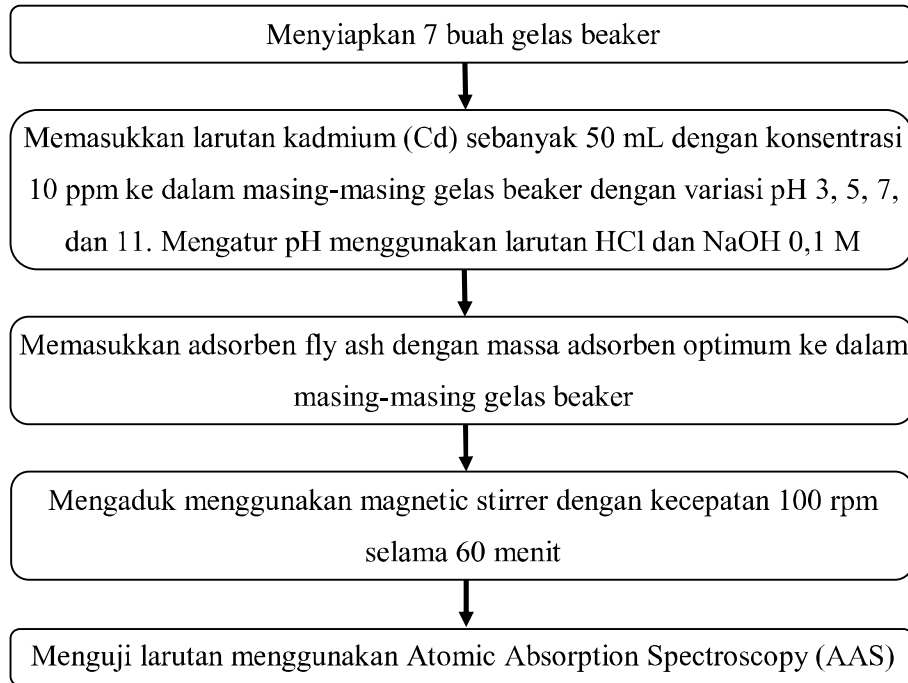
3. Pembuatan Limbah Artifisial Kadmium (Cd) 10 ppm



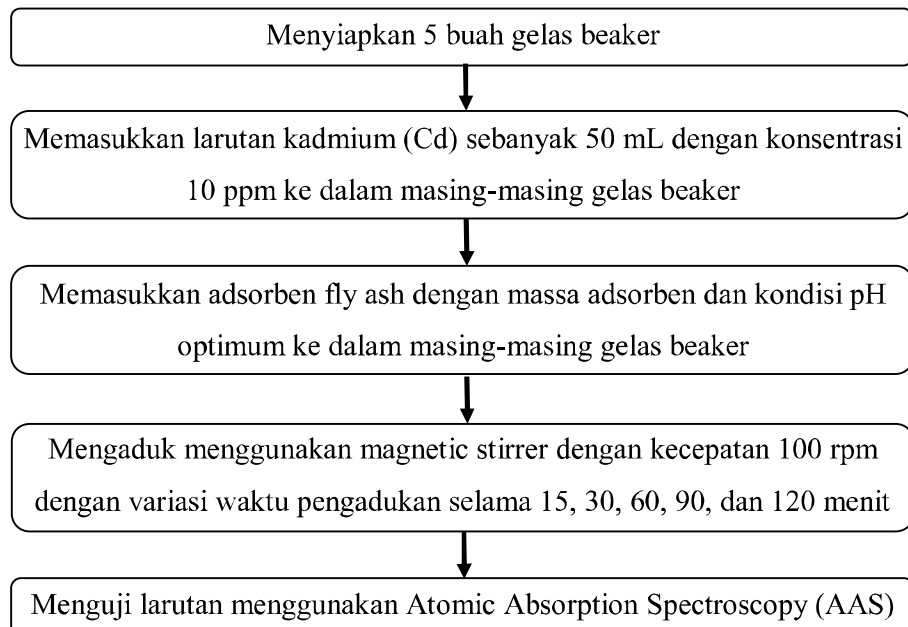
4. Pengujian Variasi Massa Adsorben



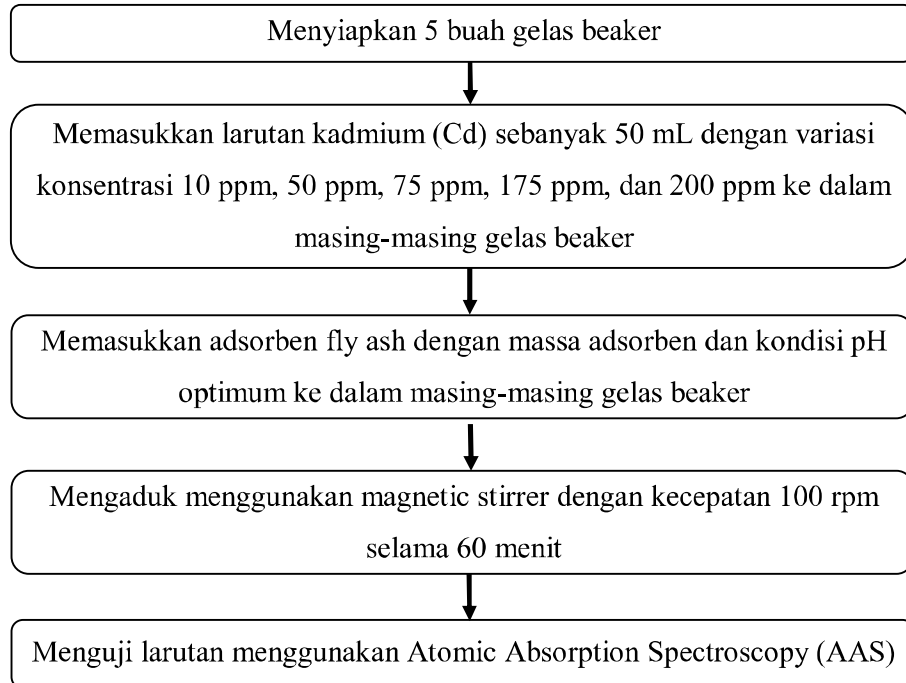
5. Pengujian Variasi pH



6. Pengujian Variasi Waktu Kontak



7. **Pengujian Variasi Konsentrasi Kadmium (Cd)**



Lampiran II. Tabel Data Hasil Penelitian

1. Variasi Massa Adsorben

No.	Massa (Non Aktivasi) (mg)	Conc. Cd Awal (ppm)	Conc. Cd Akhir (ppm)	% Adsorpsi
1.	100	0,772	0,113	85,4
2.	200	0,772	0,029	96,3
3.	300	0,772	0,030	96,2
4.	400	0,772	0,023	97,0
5.	500	0,772	0,026	96,7

(a) Tanpa Aktivasi

No.	Massa (Aktivasi) (mg)	Conc. Cd Awal (ppm)	Conc. Cd Akhir (ppm)	% Adsorpsi
1.	100	0,772	0,104	86,6
2.	200	0,772	0,019	97,5
3.	300	0,772	0,042	94,6
4.	400	0,772	0,018	97,7
5.	500	0,772	0,018	97,7

(b) Aktivasi

2. Variasi pH

No.	pH awal	Conc. Cd Awal (ppm)	Conc. Cd Akhir (ppm)	pH akhir	% Adsorpsi
1.	3	0,783	0,038	8	95
2.	5	0,783	0,036	9	95
3.	7	0,783	0,029	10	96
4.	9	0,783	0,014	10	98
5.	11	0,783	0,020	11	97

3. Variasi Waktu Kontak

No.	Waktu Kontak (menit)	pH awal	Conc. Cd Awal (ppm)	Conc. Cd Akhir (ppm)	pH Akhir	% Adsorpsi
1.	15	9	0,574	0,028	10	95,2
2.	30	9	0,574	0,020	10	96,5
3.	60	9	0,574	0,021	10	96,4
4.	90	9	0,574	0,022	10	96,2
5.	120	9	0,574	0,024	10	95,9

4. Variasi Konsentrasi

No.	Conc. Cd Awal (ppm)	pH Awal	Conc. Cd Akhir (ppm)	pH Akhir	% Adsorpsi
1.	6,44	9	0	9	100
2.	29,75	9	0	9	100
3.	65,55	9	0	9	100
4.	58,63	9	0	10	100
5.	43,80	9	0	10	100

5. Kemampuan Adsorpsi Logam Berat Kadmium (Cd)

No.	Conc. Cd Awal (ppm)	Conc. Cd Akhir (ppm)	% Adsorpsi	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
1	6,44	0	100%	0,805
2	29,75	0	100%	3,719
3	43,80	0	100%	5,475
4	58,63	0	100%	7,329
5	65,55	0	100%	8,194

Lampiran III. Perhitungan

1. Menghitung Natrium Hidroksida (NaOH) 3 M

Pembuatan larutan NaOH 3 M untuk 300 mL yang digunakan untuk mengaktivasi adsorben adalah sebagai berikut :

$$M = \frac{gr}{Mr} \times \frac{1000}{v}$$

$$3 = \frac{gr}{40} \times \frac{1000}{300}$$

$$gr = 36,14 \text{ gram}$$

2. Pembuatan Larutan Variasi Konsentrasi

Pembuatan larutan kadmium (Cd) 10 ppm, 50 ppm, 75 ppm, 175 ppm, dan 200 ppm masing-masing sebanyak 200 mL dengan larutan induk kadmium (Cd) 1000 ppm adalah sebagai berikut :

- Konsentrasi 10 ppm

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 1000 \text{ ppm} = 200 \text{ mL} \times 10 \text{ ppm}$$

$$V_1 = 2 \text{ mL}$$

- Konsentrasi 50 ppm

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 1000 \text{ ppm} = 200 \text{ mL} \times 50 \text{ ppm}$$

$$V_1 = 10 \text{ mL}$$

- Konsentrasi 75 ppm

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 1000 \text{ ppm} = 200 \text{ mL} \times 75 \text{ ppm}$$

$$V_1 = 15 \text{ mL}$$

- Konsentrasi 175 ppm

$$\begin{aligned} V_1 \times M_1 &= V_2 \times M_2 \\ V_1 \times 1000 \text{ ppm} &= 200 \text{ mL} \times 175 \text{ ppm} \\ V_1 &= 35 \text{ mL} \end{aligned}$$

- Konsentrasi 200 ppm

$$\begin{aligned} V_1 \times M_1 &= V_2 \times M_2 \\ V_1 \times 1000 \text{ ppm} &= 200 \text{ mL} \times 200 \text{ ppm} \\ V_1 &= 40 \text{ mL} \end{aligned}$$

3. Menghitung Kapasitas Adsorpsi

Contoh perhitungan kapasitas adsorpsi :

Konsentrasi Cd awal	: 50 ppm
Konsentrasi Cd terhitung	: 29,75 ppm
Konsentrasi Cd akhir	: 0 mg/L
Massa adsorben	: 400 mg

Kapasitas adsorpsi Cd :

$$\begin{aligned} &= \frac{\left(\frac{50}{1000}\right)L \times (\text{konsentrasi Cd terhitung} - \text{konsentrasi Cd akhir})\text{mg/L}}{\left(\frac{400}{1000}\right)\text{g}} \\ &= \frac{\left(\frac{50}{1000}\right)L \times (29,75 - (-0,016))\text{mg/L}}{\left(\frac{400}{1000}\right)\text{g}} \\ &= 3,721 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

Lampiran IV. Dokumentasi



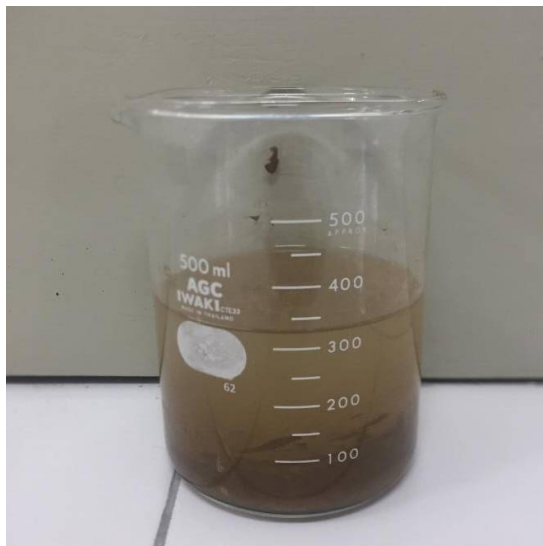
Persiapan Adsorben



Proses Pengayakan *Fly Ash* dengan Ukuran Ayakan 200 Mesh



Fly Ash Setelah diayak



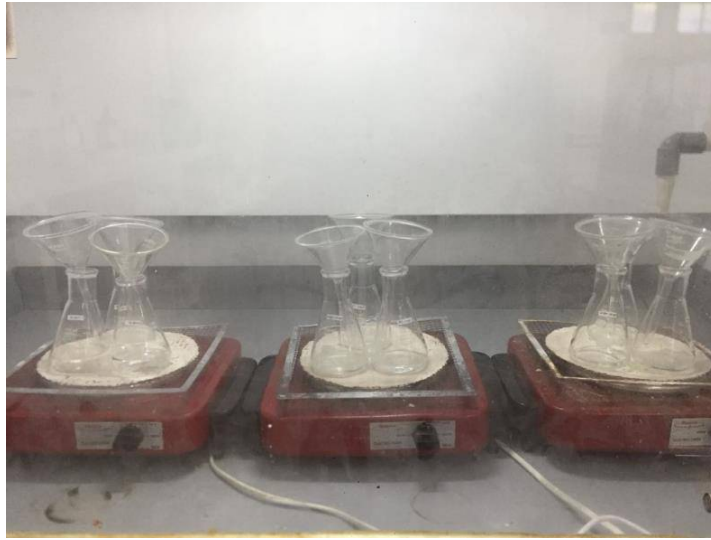
Fly Ash diaktivasi dengan NaOH



Proses adsorpsi: mengaduk menggunakan magnetic stirrer



Adsorbat di saring menggunakan kertas saring



Proses Destruksi

Lampiran V. SNI Air dan Limbah – Bagian 16: Cara Uji Kadmium (Cd) secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) – Nyala

SNI SNI 6989.16:2009
Standar Nasional Indonesia

BSNi

Air dan air limbah – Bagian 16: Cara uji kadmium (Cd) secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) – nyala

ICS 13.060.50 Badan Standardisasi Nasional **BSNi**

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional. Copy standar ini dibuat untuk penayangan di website dan tidak untuk dikomersialkan"

Daftar isi

Daftar isi.....	i
Prakata.....	ii
1 Ruang lingkup.....	1
2 Istilah dan definisi.....	1
3 Cara uji.....	2
4 Pengendalian mutu.....	5
5 Rekomendasi.....	5
Lampiran A (normatif) Pelaporan.....	6
Lampiran B (informatif) Pemakaian asam lain bersama dengan asam nitrat untuk persiapan contoh uji.....	7
Bibliografi.....	8
Tabel B.1 – Pemakaian asam lain bersama dengan asam nitrat untuk persiapan contoh uji.....	7

Prakata

Standar Nasional Indonesia (SNI) ini merupakan hasil revisi dari SNI 06-6989.16-2004, *Air dan air limbah – Bagian 16: Cara uji kadmium (Cd) dengan metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) – nyata*. SNI ini menggunakan referensi dari metode standar internasional yaitu *Standard Methods for the Examination Of Water and Wastewater 21 th Edition*, editor L.S.Clesceri, A.E.Greenberg, A.D.Eaton, APHA, AWWA and WPCF, Washington DC (2005). SNI ini telah melalui uji coba di laboratorium pengujian dalam rangka validasi dan verifikasi metode serta di konsensuskan oleh Subpanitia Teknis 13-03-S1, *Kualitas Air* dari Panitia Teknis 13-03, *Kualitas Lingkungan dan Manajemen Lingkungan* dengan para stakeholder terkait.

SNI ini telah disepakati dan disetujui dalam rapat konsensus dengan peserta rapat yang mewakili produsen, konsumen, pakar, dan pemerintah terkait pada tanggal 11 September 2007 di Serpong dan telah melalui konsensus nasional Jajak Pendapat pada tanggal 11 Juni 2008 sampai dengan 11 Agustus 2008.

Dengan dirumuskannya SNI ini, maka penerapan SNI 06-6989.16-2004, dinyatakan tidak berlaku lagi. Pemakai SNI agar dapat meneliti validasi SNI yang terkait dengan metode ini, sehingga dapat selalu menggunakan SNI edisi terakhir.



Air dan air limbah – Bagian 16: Cara uji kadmium (Cd) secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) – nyala

1 Ruang lingkup

Metode ini digunakan untuk penentuan logam kadmium (Cd) total dan terlarut dalam air dan air limbah secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-nyala pada kisaran kadar Cd 0,05 mg/L sampai dengan 2 mg/L dengan panjang gelombang 228,8 nm.

2 Istilah dan definisi

2.1

air bebas mineral

air yang diperoleh dengan cara penyulingan ataupun proses demineralisasi sehingga diperoleh air dengan konduktivitas lebih kecil dari 2 $\mu\text{S/cm}$.

2.2

blind sample

larutan dengan kadar analit tertentu yang diperlakukan seperti contoh uji.

2.3

kadmium terlarut

kadmium dalam air yang dapat lolos melalui saringan membran berpori 0,45 μm .

2.4

kadmium total

kadmium yang terlarut dan tersuspensi dalam air setelah dilakukan proses pemanasan dengan asam kuat.

2.5

kurva kalibrasi

kurva yang menyatakan hubungan kadar larutan kerja dengan hasil pembacaan serapan yang merupakan garis lurus.

2.6

larutan induk kadmium

larutan yang mempunyai kadar logam kadmium 100 mg Cd/L yang digunakan untuk membuat larutan baku dengan kadar yang lebih rendah.

2.7

larutan baku logam kadmium (Cd)

larutan induk logam kadmium yang diencerkan dengan air bebas mineral sampai kadar tertentu.

2.8

larutan kerja logam kadmium (Cd)

larutan baku logam kadmium yang diencerkan, digunakan untuk membuat kurva kalibrasi.

2.9

larutan blanko

air bebas mineral yang diasamkan atau perlakuannya sama dengan contoh uji.

SNI 6989.16:2009

2.10

larutan pengencer

larutan yang digunakan untuk mengencerkan larutan kerja, yang dibuat dengan cara menambahkan asam nitrat pekat ke dalam air bebas mineral hingga $\text{pH} \leq 2$.

2.11

larutan pencuci

larutan yang digunakan untuk mencuci semua peralatan gelas dan plastik.

2.12

matrix modifier

bahan yang digunakan untuk mengurangi gangguan matriks contoh uji.

2.13

spike matrix

contoh uji yang diperkaya dengan larutan baku dengan kadar tertentu

3 Cara uji

3.1 Prinsip

Analit logam kadmium dalam nyala udara-asetilen diubah menjadi bentuk atomnya, menyerap energi radiasi elektromagnetik yang berasal dari lampu katoda dan besarnya serapan berbanding lurus dengan kadar analit.

3.2 Bahan

- a) Air bebas mineral.
- b) Asam nitrat (HNO_3) pekat p.a.
- c) Logam kadmium (Cd) dengan kemurnian minimum 99,5 %.
- d) Gas asetilen (C_2H_2) HP dengan tekanan minimum 100 psi.
- e) Larutan pengencer HNO_3 0,05 M.
Larutkan 3,5 mL HNO_3 pekat ke dalam 1000 mL air bebas mineral dalam gelas piala.
- f) Larutan pencuci HNO_3 5% (v/v).
Tambahkan 50 mL asam nitrat pekat ke dalam 800 mL air bebas mineral ke dalam gelas piala 1000 mL, lalu tambahkan air bebas mineral hingga 1000 mL dan homogenkan.
- g) Udara tekan HP atau udara tekan dari kompresor.

3.3 Peralatan

- a) Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)-nyala.
- b) Lampu katoda berongga (*Hollow Cathode Lamp/HCL*) kadmium.
- c) Gelas piala 100 mL dan 250 mL.
- d) Pipet volumetrik 10,0 mL dan 50,0 mL.
- e) Labu ukur 50,0 mL; 100,0 mL; dan 1000,0 mL.
- f) *Erlenmeyer* 100 mL.
- g) Corong gelas.
- h) Kaca arloji.
- i) Pemanas listrik.
- j) Seperangkat alat saring vakum.
- k) Saringan membran dengan ukuran pori 0,45 μm .
- l) Timbangan analitik dengan ketelitian 0,0001 g.
- m) Labu semprot.

3.4 Pengawetan contoh uji

Bila contoh uji tidak dapat segera diuji, maka contoh uji diawetkan sesuai petunjuk di bawah ini:

Wadah	:	Botol plastik (<i>polyethylene</i>) atau botol gelas
Pengawet	:	a) Untuk logam terlarut, saring dengan saringan membran berpori 0,45 μm dan diasamkan dengan HNO_3 hingga $\text{pH} < 2$ b) Untuk logam total, asamkan dengan HNO_3 hingga $\text{pH} < 2$
Lama Penyimpanan	:	6 bulan
Kondisi Penyimpanan	:	Suhu ruang

3.5 Persiapan pengujian

3.5.1 Persiapan contoh uji kadmium terlarut

Siapkan contoh uji yang telah disaring dengan saringan membran berpori 0,45 μm dan diawetkan. Contoh uji siap diukur.

3.5.2 Persiapan contoh uji kadmium total

Siapkan contoh uji untuk pengujian kadmium total, dengan tahapan sebagai berikut:

- Homogenkan contoh uji, pipet 50,0 mL contoh uji dan masukkan ke dalam gelas piala 100 mL atau *Erlenmeyer* 100 mL.
- Tambahkan 5 mL HNO_3 pekat, bila menggunakan gelas piala, tutup dengan kaca arloji dan bila dengan *Erlenmeyer* gunakan corong sebagai penutup.
- Panaskan perlahan-lahan sampai sisa volumenya 15 mL sampai dengan 20 mL.
- Jika destruksi belum sempurna (tidak jernih), maka tambahkan lagi 5 mL HNO_3 pekat, kemudian tutup gelas piala dengan kaca arloji atau tutup *Erlenmeyer* dengan corong dan panaskan lagi (tidak mendidih). Lakukan proses ini secara berulang sampai semua logam larut, yang terlihat dari warna endapan dalam contoh uji menjadi agak putih atau contoh uji menjadi jernih.

CATATAN Jika destruksi tidak sempurna, lihat Lampiran B.

- Bilas kaca arloji dan masukkan air bilasannya ke dalam gelas piala.
- Pindahkan contoh uji ke dalam labu ukur 50,0 mL (saring bila perlu) dan tambahkan air bebas mineral sampai tepat tanda tera dan dihomogenkan.
- Contoh uji siap diukur serapannya.

3.5.3 Pembuatan larutan induk logam kadmium 100 mg Cd/L

- Timbang $\pm 0,100$ g logam kadmium, masukkan ke dalam labu ukur 1000,0 mL. Tambahkan 4 mL HNO_3 pekat sampai larut (≈ 100 mg Cd/L).
- Tambahkan 8 mL HNO_3 pekat dan air bebas mineral hingga tepat tanda tera dan homogenkan.
- Hitung kadar kadmium berdasarkan hasil penimbangan.

CATATAN Larutan ini dapat dibuat dari larutan standar 1000 mg Cd/L siap pakai.

SNI 6989.16:2009

3.5.4 Pembuatan larutan baku logam kadmium 10 mg Cd/L

- Pipet 10,0 mL larutan induk 100 mg Cd/L, masukkan ke dalam labu ukur 100,0 mL.
- Tepatan dengan larutan pengencer sampai tanda tera dan homogenkan.

3.5.5 Pembuatan larutan kerja logam kadmium (Cd)

Buat deret larutan kerja dengan 1 (satu) blanko dan minimal 3 (tiga) kadar yang berbeda secara proporsional dan berada pada rentang pengukuran.

3.6 Prosedur dan pembuatan kurva kalibrasi

3.6.1 Pembuatan kurva kalibrasi

Kurva kalibrasi dibuat dengan tahapan sebagai berikut:

- Operasikan alat dan optimasikan sesuai dengan petunjuk penggunaan alat untuk pengukuran kadmium.

CATATAN 1 Salah satu cara optimasi alat dengan uji sensitivitas.

CATATAN 2 Tambahkan *matrix modifier* dan atau atasi gangguan pengukuran sesuai dengan SSA yang digunakan.

- Aspirasikan larutan blanko ke dalam SSA-nyala kemudian atur serapan hingga nol.
- Aspirasikan larutan kerja satu persatu ke dalam SSA-nyala, lalu ukur serapannya pada panjang gelombang 228,8 nm, kemudian catat.
- Lakukan pembilasan pada selang aspirator dengan larutan pengencer.
- Buat kurva kalibrasi dari data pada butir 3.6.1.c) di atas, dan tentukan persamaan garis lurusnya.
- Jika koefisien korelasi regresi linier (r) < 0,995, periksa kondisi alat dan ulangi langkah pada butir 3.6.1 b) sampai dengan c) hingga diperoleh nilai koefisien $r \geq 0,995$.

3.6.2 Cara uji

Uji kadar kadmium dengan tahapan sebagai berikut:

- Aspirasikan contoh uji ke dalam SSA-nyala dan ukur serapannya pada panjang gelombang 228,8 nm. Bila diperlukan, lakukan pengenceran.
- Catat hasil pengukuran.

3.7 Perhitungan

Kadar logam kadmium (Cd) dihitung sebagai berikut:

$$Cd \text{ (mg/L)} = C \times fp \quad (1)$$

Keterangan:

C adalah kadar yang didapat hasil pengukuran (mg/L).

fp adalah faktor pengenceran.

4 Pengendalian mutu

- Gunakan bahan kimia pro analisis (pa).
- Gunakan alat gelas bebas kontaminasi.
- Gunakan alat ukur yang terkalibrasi.
- Dikerjakan oleh analis yang kompeten.
- Lakukan analisis dalam jangka waktu yang tidak melampaui waktu penyimpanan maksimum.
- Perhitungan koefisien korelasi regresi linier (r) lebih besar atau sama dengan 0,995 dengan intersepsi lebih kecil atau sama dengan batas deteksi.
- Lakukan analisis blanko dengan frekuensi 5 % sampai dengan 10 % per *batch* (satu seri pengukuran) atau minimal 1 kali untuk jumlah contoh uji kurang dari 10 sebagai kontrol kontaminasi.
- Lakukan analisis duplo dengan frekuensi 5 % sampai dengan 10 % per satu seri pengukuran atau minimal 1 kali untuk jumlah contoh uji kurang dari 10 sebagai kontrol ketelitian analisis. Jika Perbedaan Persen Relatif (*Relative Percent Difference/RPD*) sama dengan 10 % maka dilakukan pengukuran ketiga.

Persen RPD:

$$\% \text{RPD} = \frac{|\text{hasil pengukuran} - \text{duplikat pengukuran}|}{(\text{hasil pengukuran} + \text{duplikat pengukuran}) / 2} \times 100\% \quad (2)$$

- Lakukan kontrol akurasi dengan *spike matrix* atau salah satu standar kerja dengan frekuensi 5 % - 10 % per satu seri pengukuran atau minimal 1 kali untuk jumlah contoh uji kurang dari 10. Kisaran persen temu balik untuk *spike matrix* adalah 85 % - 115 % dan untuk standar kerja 90 % - 110 %.

Persen temu balik (% *recovery*, %R)

$$\% R = \left(\frac{A - B}{C} \right) \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan:

- A adalah kadar contoh uji yang diperkaya (*spike*) (mg/L);
 B adalah kadar contoh uji (mg/L);
 C adalah kadar standar yang ditambahkan (*target value*) (mg/L).

CATATAN 1 Volume *spike matrix* yang ditambahkan maksimal 5% dari volume contoh uji.

CATATAN 2 Hasil akhir kadar contoh uji yang diperkaya (*spike matrix*) berkisar 2 kali kadar contoh uji. Kadar contoh uji yang sudah diperkaya berada pada kisaran rentang pengukuran.

- Standar ini telah melalui uji banding metode dengan peserta 10 laboratorium pada kadar 1 mg Cd/L dengan tingkat presisi (% RSD) 8,90 % dan akurasi (bias metode) 1,25 %.

5 Rekomendasi

- Lakukan analisis *blind sample*.
- Buat *control chart* untuk akurasi dan presisi analisis.

Lampiran A
(normatif)
Pelaporan

Catat pada buku kerja hal-hal sebagai berikut:

- 1) Parameter yang dianalisis.
- 2) Nama analisis.
- 3) Tanggal analisis.
- 4) Rekaman hasil pengukuran duplo, triplo dan seterusnya.
- 5) Rekaman kurva kalibrasi atau kromatografi.
- 6) Nomor contoh uji.
- 7) Tanggal penerimaan contoh uji.
- 8) Rekaman hasil perhitungan.
- 9) Hasil pengukuran persen *spike matrix* atau standar kerja dan CRM atau *blind sample* (bila dilakukan).
- 10) Kadar analit dalam contoh uji.



Lampiran B
(informatif)

Pemakaian asam lain bersama dengan asam nitrat untuk persiapan contoh uji

**Tabel B.1 - Pemakaian asam lain bersama dengan asam nitrat
untuk persiapan contoh uji**

Asam	Disarankan untuk analisis	Bisa berguna untuk contoh uji	Tidak disarankan untuk analisis
HCl	Ag	Sb, Ru, Sn	Th, Pb
H ₂ SO ₄	Ti	-	Ag, Pb, Ba
HClO ₄	-	mengandung bahan organik	-
HF	-	mengandung silika	-



Bibliografi

Standard Methods for the Examination of water and wastewater 21st Edition, 2005, Method 3111B.

Komite Akreditasi Nasional, SR 02, *Persyaratan tambahan untuk akreditasi laboratorium pengujian kimia dan biologi*, 2004

