

PENENTUAN Cu, Cd, Pb DAN Zn DALAM BAHAN BIOLOGI DENGAN METODE VOLTAMETRI

Saryati, Rukihati, Sutisna, Wahyudianingsih dan Sumardjo

Puslitbang Iptek Bahan (P3IB) - BATAN
Kawasan Puspipetek, Serpong, Tangerang 15314

ABSTRAK

PENENTUAN Cu, Cd, Pb DAN Zn DALAM BAHAN BIOLOGI DENGAN METODE VOLTAMETRI. Telah dilakukan analisis Cu, Cd, Pb dan Zn dalam bahan biologi dengan metode voltametri. Dipelajari digesti (*digestion*) bahan biologi dengan campuran asam nitrat pekat dan perklorat, campuran asam nitrat pekat dan perklorat dan H₂O₂ serta digesti menggunakan gelombang mikro. Digunakan teknik *Square Wave Anodic Stripping Voltammetry* dengan perangkat peralatan polarografi EG & G PAR M 384 B yang dilengkapi dengan SMDE EG & G PAR M 303 A. Untuk pengujian metode digunakan bahan biologi standar *apple leave SRM-1515*, *copepot SRM-MA-A-1 TM* dan *bovin liver SRM 1577b*. Metode ini diaplikasikan pada analisis bahan sayuran. Terlihat bahwa digesti dengan campuran asam nitrat pekat dan perklorat pekat memberikan hasil lebih rendah dari harga sertifikat dengan *recovery* (38,00 – 87,52)%, digesti dengan penambahan H₂O₂ memberikan hasil lebih baik dengan *recovery* (84,42 – 104,48)% demikian pula digesti dengan gelombang mikro dengan *recovery* (98,4 – 107,2)%. Berdasarkan uji t dari data analisis dapat dinyatakan bahwa digesti dengan campuran asam nitrat dan perklorat serta H₂O₂ dan digesti dengan menggunakan gelombang mikro tidak berbeda nyata. Semua jenis sayuran yang diamati mengandung Cd (2,1 – 5,79) µg/g, Pb (1,57 – 4,99) µg/g, Cu (16,81 – 55,0) µg/g dan Zn (53,3 – 179,0) µg/g.

Kata kunci : Metode voltametri, tembaga, cadmium, timbal, seng.

ABSTRACT

THE DETERMINATION OF Cu, Cd, Pb AND Zn IN THE BIOLOGICAL MATERIAL BY USING VOLTAMMETRY METHOD. It has been done analysis of Cu, Cd, Pb and Zn in the biology material by using voltammetry method. It was studied the material digest by using concentrated nitric acid -concentrated perchloric acid mixture, concentrated nitric acid -concentrated perchloric acid and H₂O₂ mixture and digest by using micro wave apparatus. It was using Square Wave Anodic Stripping Voltammetry using EG & G PAR M 384B Polarography with SMDE EG & G PAR M 303A. The biological material standards like as apple leave SRM-1515, copepot SRM-MA-A-1 TM and bovin liver SRM 1577b was using for validation of the method. This method has been applied on the vegetable materials analysis. It was seen that material digest by using concentrated nitric acid -concentrated perchloric acid mixture give analysis result lower than certificate value with *recovery* (38,00 – 87,52)%, digest by using concentrated nitric acid -perchloric acid and H₂O₂ mixture give better analysis result with *recovery* (84,42 – 104,48)% and digest using micro wave apparatus give *recovery* (98,4 – 104,0)%. Based on the t-test of the analysis data can be conclude that digest using nitric acid-perchloric acid and H₂O₂ mixture and by using microwave apparatus give insignificant different result. All vegetables that have been evaluated was contain Cd (2,1 – 5,79) µg/g, Pb (1,57 – 4,99) µg/g, Cu (16,81 – 55,0) µg/g and Zn (53,3 – 179,0) µg/g.

Key words : Voltametry method, copper, cadmium, plumbum, zinc.

PENDAHULUAN

Seiring dengan bertambahnya kesadaran kualitas kehidupan, kualitas lingkungan dan kualitas bahan, maka kebutuhan akan metode uji kualitas juga meningkat.

Analisis logam-logam berbahaya dilingkungan maupun bahan makanan menjadi subyek yang menempati prioritas tinggi, dan difokuskan pada penentuan logam-logam berat beracun yang bila masuk ke dalam tubuh manusia atau hewan dalam waktu yang lama sehingga dapat terakumulasi di dalam organ vital.

Seiring dengan tingginya industri yang menggunakan logam-logam berat Cu, Cd, Pb dan Zn sebagai bahan baku utama maupun sekunder, maka diperkirakan pencemaran logam-logam tersebut baik dalam air maupun udara cukup tinggi. Pada akhirnya logam-logam berat Cu, Cd, Pb dan Zn tersebut masuk dalam material biologi, baik sayuran maupun ikan yang berhubungan dengan air dan udara.

Umumnya penentuan logam-logam berat dilakukan dengan metode spektrometri serapan atom atau spektrofotometri UV-Vis, setelah dipisahkan dari unsur majornya. Metode AAS sudah digunakan secara luas sebagai metode rutin, khususnya penentuan Pb, tetapi perlu dicatat bahwa metode ini mempunyai kesalahan yang sistematis. Kesalahan ini disebabkan oleh tidak cukupnya koreksi latar serapan dan reaksi kimia dipermukaan *furnace* grafit atau reaksi kimia pada fase gas. Hal inilah yang menyebabkan bervariasinya hasil yang sering diperoleh dalam percobaan kalibrasi interlaboratorium [1].

Metode lain yang dapat digunakan untuk penentuan logam-logam berat dalam material biologi adalah *striping voltametri*. Teknik ini di samping cukup sensitif juga mudah dilakukan untuk penentuan ion-ion dalam larutan, karena tidak memerlukan pemekatan dan pemisahan unsur-unsur majornya, sehingga proses preparasi sampel. Menjadi mudah, dengan demikian mengurangi sumber kesalahan dalam analisis. Pemekatan dilakukan dalam proses analisis dengan cara deposisi selama waktu tertentu pada potensial konstan dan pemisahan unsur-unsur terjadi dengan sendirinya berdasarkan potensial oksidasi-reduksinya berbeda. Unsur major tidak mengganggu penentuan unsur minornya karena potensial oksidasi-reduksinya berbeda. Teknik *striping voltametri* anodik menggunakan potensial deposisi lebih negatif dari potensial setengah gelombang ion-ion yang ditentukan, sehingga ion-ion tersebut tereduksi menjadi logam yang larut dalam merkuri, kemudian potensial dijalankan ke arah positif sehingga ion-ion tersebut kembali teroksidasi masuk ke dalam larutan [2].

Untuk dapat dilakukan analisis secara voltametri, material organik harus dihancurkan secara total, karena spesi organik akan mengganggu proses elektroda. Masalah yang sering dijumpai dalam analisis voltametri biasanya berhubungan dengan senyawa organik yang tidak pecah secara sempurna dalam proses digesti. Oleh karena itu, aplikasi voltametri untuk sampel lingkungan seperti bahan biologi sangat terbatas karena preparasi sampel sangat tidak mudah dilakukan.

Ada dua jenis digesti yang digunakan, yaitu digesti basah (pelarutan dengan asam kuat) [1-6] dan digesti kering (dengan pengabuan) [2]. Dalam digesti biasa digunakan pemanasan menggunakan pelat pemanas sederhana. Dalam makalah ini disebut cara konvensional dan dapat pula digunakan gelombang mikro dengan peralatan yang lebih kompleks dan cukup mahal dibandingkan dengan pelat pemanas.

Dalam makalah ini diperlihatkan perbandingan hasil analisis dari cara digesti basah campuran asam nitrat pekat dan perklorat pekat dengan pemanasan di atas pelat pemanas, pengaruh penambahan H₂O₂ ke dalam campuran asam tersebut, dan penggunaan peralatan gelombang mikro. Analisis ion-ion dilakukan dengan *anodic striping square wave voltametri*.

Digunakan sampel standar (SRM) *apple leave*, *bovine liver* dan *copepod*, untuk pengujian metode. Metode ini telah diterapkan pada penentuan kandungan ion Cu, Cd, Pb dan Zn dalam beberapa sayuran.

METODE PERCOBAAN

Peralatan

Pelat pemanas (*hot plate*), perangkat digesti dengan gelombang mikro (*microwave oven*)-MILESTONE MLS-1200 MEGA, perangkat peralatan voltametri yang terdiri dari Polarografi analiser M384-B EG & G PAR yang digabung dengan SMDE

M303-EG 7 G PAR yang dilengkapi dengan *plotter* dan pengaduk magnet. Digunakan elektroda tetes merkuri gantung (HMDE) sebagai elektroda kerja. Ag/AgCl/KCl sebagai elektroda pembanding dan kawat platina sebagai elektroda pembantu, serta peralatan laboratorium pada umumnya seperti *beaker*, pipet dan labu ukur.

Bahan

Asam nitrat pekat, asam perklorat pekat, hidrogen peroksida 30%, asam asetat, ammonium asetat, larutan standar Cu, Cd, Pb dan Zn. Semua bahan kualitas PA dari Merk. Bahan standar SRM -1515 *apple leave*, SRM MA-A-(TM) *Copepod*, SRM 1577b *bovin liver*.

Digesti Konvensional

Ditimbang 0,4 g sampel, dimasukkan dalam gelas *beaker*, tambahkan 2 mL asam nitrat pekat, 5 mL asam perklorat pekat, panaskan di atas pelat pemanas pada suhu 250 °C dalam lemari asam sampai larut sempurna. Apabila tidak larut sempurna tambahkan lagi 1 mL asam nitrat pekat. Kemudian ditambahkan 0,4 mL hidrogen peroksida 30%, dipanaskan sampai diperoleh residu putih. Terakhir, residu putih dilarutkan dalam air demineralisasi sehingga diperoleh larutan sebanyak 10 mL.

Digesti dengan Gelombang Mikro

Ditimbang 0,4 g sampel dimasukkan dalam wadah Teflon kemudian ditambahkan asam nitrat pekat 5 mL lalu diproses dengan gelombang mikro sesuai dengan prosedur [5]. Larutan hasil digest dipindahkan ke dalam *beaker*, kemudian diuapkan sampai hampir kering, sisa penguapan dilarutkan dengan air demineralisasi sehingga diperoleh 10 mL larutan.

Persiapan Sampel Sayuran

Beberapa sayuran segar dari pasar dikelompokkan menurut jenisnya, dicuci kemudian dipotong-potong lalu dikeringkan dalam oven pengering (suhu 75 °C) sampai kering dan mudah dihaluskan

dengan ditumbuk. Tepung sayuran disimpan dalam kantong plastik. Untuk analisis didigesti secara konvensional seperti diatas.

Analisis Cu, Cd, Pb dan Zn Secara Voltametri

Dipipet (0,5 – 5) mL larutan sampel, tambahkan 5 mL bufer ammonium asetat pH 9, tepatkan sampai 10 mL dengan air demineralisasi. Kemudian ditentukan konsentrasinya dengan cara penambahan standar, menggunakan teknik *square wave anodic stripping voltammetry*, dengan potensial deposisi 1,3 V dan waktu deposisi 120 detik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keuntungan dari analisis unsur kelumit secara *stripping voltametri* adalah tidak perlu dilakukan penyediaan sampel yang panjang, seperti pemisahan antara unsur-unsur major dan minor dan pemekatan sebelum analisis. Dalam analisis secara voltametri, ion-ion saling terpisah sesuai dengan potensial oksidasi-reduksinya, sehingga unsur-unsur major tidak mengganggu analisis unsur minor. Dalam anodik *stripping voltametri*, pemekatan dilakukan pada waktu analisis dilakukan dengan mereduksi ion-ion yang diamati menjadi logam yang terkumpul di permukaan elektroda, dengan memasang potensial yang cukup negatif dari potensial oksidasi-reduksi ion-ion tersebut. Kondisi semacam ini menguntungkan, karena mempersingkat jalannya penyediaan sampel, sehingga kesalahan analisis yang diperoleh selama penyediaan sampel (dalam pemisahan dan pemekatan) tidak ada.

Dalam rangka menaikkan sensitivitas voltametri, disamping digunakan teknik *stripping*, juga digunakan teknik pulsa, diantaranya pulsa normal (*normal pulse*), pulsa deferensial (*defferential pulse*) dan pulsa gelombang persegi (*square wave*). Se jauh ini, karena sensitivitas voltametri pulsa deferensial (*defferential pulse voltammetry*) dan voltametri gelombang persegi (*square wave voltammetry*) cukup tinggi, kedua teknik ini yang banyak digunakan untuk analisis kuantitatif. Gabungan antara teknik *stripping* dan teknik pulsa ini sangat tepat untuk analisis unsur kelumit. Batas deteksi ion-ion Zn, Cd, Pb dan Cu dengan metode *square wave anodic stripping voltammetry* (SWASV) lebih kecil dari metode *defferential pulse anodic stripping voltammetry* (DPASV) dan waktu analisis AWASV jauh lebih cepat dari DPASV [7,8]. Tabel 1. memperlihatkan perbandingan batas deteksi metode *defferential pulse anodic stripping voltammetry* (DPASV) dan *square wave anodic stripping voltammetry* (SWASV).

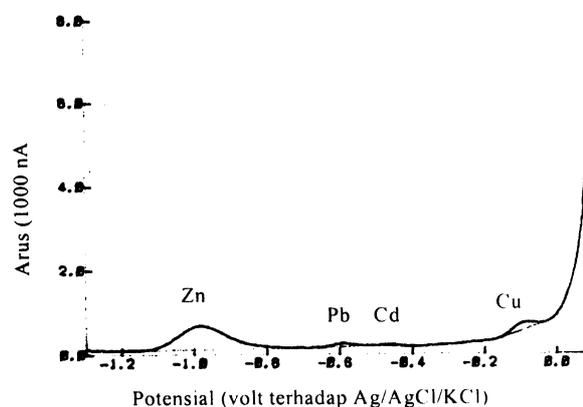
Untuk mencapai hasil analisis secara voltametri yang dapat dipercaya, analit harus dalam bentuk ion, oleh karena itu untuk analisis kandungan ion dalam bahan biologi harus dilakukan pelarutan lebih dahulu yang biasa disebut digesti. Walaupun banyak metode

Tabel 1. Batas deteksi metoda anodic stripping voltametri [7,8]

Ion	Batas deteksi metoda anodic stripping voltametri (ppb)	
	<i>Defferensial Pulse</i>	<i>Square wave</i>
Zn	1,5	0,1
Cd	1,5	0,1
Pb	1,5	0,1
Cu	1,5	0,1

digesti untuk mengubah sampel biologi menjadi larutan ion yang dapat dilakukan, namun tidak semua metode tersebut cocok untuk analisis secara voltametri, karena ada kemungkinan tidak semua spesi organik pecah secara sempurna. Spesi organik ini mengikat ion yang diamati dan mengganggu pengukuran voltametri sehingga hasilnya menjadi lebih rendah dari seharusnya. Jadi kesempurnaan pecahnya spesi organik merupakan syarat mutlak ketelitian metode analisis secara voltametri.

Seperti telah diketahui bahwa asam nitrat maupun asam perkhlorat merupakan pelarut dan oksidator yang kuat. Diharapkan campuran kedua asam ini, yang disertai dengan pemanasan dapat melarutkan bahan biologi serta



Gambar 1. Voltamogram square wave anodic stripping copepod SRM MA-A-1 (TM) dalam buffer asetat, dengan potensial deposisi -1,3, volt/Ag, AgCl/KCl selama 120 detik.

mengoksidasi spesi organik yang ada dalam larutan tersebut.

Gambar 1 memperlihatkan contoh voltamogram dari bahan biologi yang telah didigesti, dalam larutan bufer asetat yang diamati dengan teknik anodik *stripping square wave anodic stripping voltametri*, setelah dideposisi selama 120 detik. Terlihat puncak reduksi Zn pada -0,98 V, Pb pada -0,60 V, Cd pada -0,54 V dan Cu pada -0,12 V. Berdasarkan puncak-puncak voltamogram ini dilakukan perhitungan konsentrasi dengan cara penambahan standar. Prosen *recovery* (% perolehan kembali) yang menyatakan seberapa besar ketepatan metode analisis dalam menentukan konsentrasi ion-ion dalam bahan standar, dihitung dari konsentrasi hasil

Tabel 2. Pengaruh H₂O₂ dalam digesti bahan standar pada penentuan kembali ion Zn, Cd, Pb, Cu dalam bahan standar

Sampel	Ion	Konsentrasi (µg/g)			% Rekoveri	
		Sertifikat	HNO ₃ + HClO ₄	HNO ₃ + HClO ₄ + H ₂ O ₂	HNO ₃ + HClO ₄	HNO ₃ + HClO ₄ + H ₂ O ₂
<i>Spinach</i> SRM-1570 [3]	Zn	50,00±2,00	42,90±1,90	48,70±0,08	85,08	97,90
	Cd	1,50	0,57±0,17	1,34±0,08	38,00	89,33
	Pb	1,20±0,20	0,71±0,23	1,44±0,21	59,17	102,60
	Cu	12,00±2,00	9,90±1,00	10,60±1,10	82,50	88,33
<i>Apple leave</i> SRM-1515	Zn	12,50±0,30	10,06±0,27	12,52±0,37	80,50	100,16
	Cd	[0,014]	ttd	ttd	ttd	ttd
	Pb	0,47±0,03	0,37±0,04	0,48±0,03	77,08	102,13
	Cu	5,64±0,24	4,95±0,47	5,69±0,34	87,52	100,89
<i>Citrus leave</i> NBS-1572 [3]	Zn	29,00±2,00	23,15±1,03	30,30±0,20	79,82	104,48
	Cd	0,03±0,01	0,01±0,007	0,03 ±0,01	33,33	100,00
	Pb	13,30±2,40	9,40±0,93	12,50±0,60	68,70	93,98
	Cu	16,50±1,10	12,28±0,84	13,90±0,70	74,42	84,42

[] = bukan harga sertifikat, tetapi tercantum dalam sertifikat sebagai informasi.
ttd = tidak terdeteksi

penentuan dibagi konsentrasi sesungguhnya dalam bahan standar dikali 100%.

Dalam Tabel 2 terlihat bahwa konsentrasi ion Zn, Cd, Pb dan Cu dalam bahan standar hasil digesti dengan campuran asam nitrat dan perklorat pekat, untuk semua bahan standar yang digunakan, lebih kecil dari harga sertifikat, dengan *recovery* berkisar antara 33,33 % sampai 87,52%. Oleh sebab itu dapat disimpulkan bahwa proses digesti bahan hanya menggunakan campuran asam nitrat pekat dan asam perklorat pekat belum sempurna, masih ada senyawa organik yang belum pecah sehingga mengganggu penentuan ion dengan teknik voltametri. Rekoveri terkecil terjadi pada penentuan Cd dalam *Spinach SRM-1570* (38%) dan Cd dalam *Citrus leave NBS-1572* (33,33%). Hal ini mungkin

disebabkan karena konsentrasi Cd memang sangat kecil, sehingga dalam larutan terukur konsentrasi Cd mendekati batas deteksi, disamping proses digesti belum sempurna.

Penambahan H₂O₂ (oksidator yang kuat) dalam proses digesti, ke dalam campuran asam nitrat dan perklorat memperbaiki hasil analisis. Terlihat dalam Tabel 2, bahwa hasil analisis dari digesti dengan adanya H₂O₂ mendekati harga sertifikat, dengan *recovery* berkisar antara 84,42 % sampai 104,48%. Penentuan Cd dalam *Spinach SRM-1570* dan *Citrus leave NBS-1572* mengalami perbaikan *recovery* yang sangat berarti, dari 38% menjadi 89,33% (untuk *Spinach SRM-1570*) dan dari 33,33% menjadi 100% (untuk *Citrus leave NBS-1572*). Tetapi penentuan Cd dalam *Apple leave*

Tabel 3. Perbandingan digesti konvensional dan gelombang mikro pada penentuan konsentrasi (µg/g) ion Zn, Cd, Pb dan Cu dalam material biologi standar

Sampel	ion	Konsentrasi (µg/g)			% Rekoveri	
		Sertiikat	konvensional	gelombang mikro	konvensional	gelombang mikro
<i>Apple leave</i> SRM -1515	Zn	12,5±0,3	12,52 ±0,37	12,64±0,56	100,16	101,12
	Cd	[0,014]	ttd	ttd	ttd	ttd
	Pb	0,47 ±0,024	0,48±0,03	0,47±0,03	102,13	100,00
	Cu	5,64±0,24	5,69±0,34	5,65±0,37	100,89	100,18
<i>Copepot</i> SRM MA- A-1 (TM)	Zn	158 ± 2	158,54±2,56	159,69±2,73	100,34	101,07
	Cd	0,75±0,03	0,72±0,29	6,78±0,07	94,93	104,0
	Pb	2,1±0,3	2,26±0,31	2,13±0,16	107,75	101,38
	Cu	7,6±0,2	7,71±0,27	7,64±0,62	101,46	100,53
<i>Bovin liver</i> SRM 1577b	Zn	127±16	123,89±8,78	124,96±4,25	97,55	98,40
	Cd	0,5±0,03	0,547±0,09	0,536 ±0,14	109,4	107,2
	Pb	0,129±0,004	ttd	ttd	ttd	ttd
	Cu	160±8	164,94±16,21	157,61±9,48	103,09	98,51

[] = bukan harga sertifikat, tetapi tercantum dalam sertifikat sebagai informasi.
ttd = tidak terdeteksi

SRM-1515 baik dalam digesti menggunakan campuran asam nitrat dan perklorat maupun dengan penambahan H₂O₂ hasilnya sama, yaitu tidak terdeteksi adanya Cd dalam bahan tersebut. Hal ini disebabkan konsentrasi Cd tersebut sangat kecil, sehingga dalam larutan yang diukur konsentrasi Cd dibawah batas deteksi metode ini.

Bila hasil ini dibandingkan dengan Tabel 1, menunjukkan hasil yang berbeda. Pada Tabel 1 memperlihatkan batas deteksi Cd dengan metode ini adalah 0,1 ppb sedangkan menurut perhitungan konsentrasi Cd di dalam larutan ini sebenarnya lebih dari 0,1 ppb. Hal ini dikarenakan batas deteksi pada Tabel 1. berdasarkan sinyal blanko [9] untuk penentuan Cd dalam media *buffer* asetat murni tanpa pengotor. Hal ini tidak sama dengan penentuan Cd dalam *Apple leave SRM-1515* yang dilakukan dengan cara penambahan standar. Dalam penentuan ini, didalam media *buffer* asetat yang diamati, selain Cd juga ada spesi lain seperti hasil digesti bahan biologinya.

Penggunaan peralatan gelombang mikro dalam digesti bahan biologi memberikan hasil yang cukup baik, dengan *recovery* berkisar antara 98,4 % sampai dengan 107,2 %, sementara digesti secara konvensional menggunakan campuran asam dan H₂O₂ untuk bahan yang sama memberikan *recovery* berkisar antara 94,93 % sampai dengan 109,4 %, seperti terlihat pada Tabel 3. Artinya bahwa gelombang mikro dapat menggantikan fungsi H₂O₂ dalam menghancurkan spesi organik dalam larutan.

Perangkat digesti dengan gelombang mikro, *MLS-1200 MEGA Microwave Digestion System*, yang digunakan untuk digesti bahan, baik bahan biologi maupun bahan batuan untuk keperluan analisis. Tentu saja digesti dengan peralatan ini lebih mudah dan cepat namun modal peralatan jauh lebih tinggi dari digesti secara konvensional. Tabel 3. memperlihatkan perbandingan antara digesti secara konvensional dan digesti dengan gelombang mikro, tidak berbeda nyata secara statistik dengan Uji t [9]. Hasil analisis ion Zn,

Cd, Pb dan Cu dalam beberapa sayuran yang dilakukan dengan digesti disajikan dalam Tabel 4.

KESIMPULAN

Prosedur digesti dengan campuran asam nitrat pekat dan perklorat pekat saja tidak bisa digunakan untuk keperluan analisis ion Cu, Cd, Pb dan Zn dalam bahan biologi. Digesti harus ditambah peroksida ke dalam campuran asam tersebut, atau digunakan perangkat penghancur gelombang mikro. Semua jenis sayuran yang diamati mengandung Cd (2,1 – 5,79)µg/g, Pb (1,57 – 4,99)µg/g, Cu (16,81 – 55,0)µg/g dan Zn (53,3 – 179,0)µg/g.

DAFTAR ACUAN

- [1]. MICHAEL OEHME and WALTER LUND, *Fresenius Z. Anal Chem*, **298** (1979) 260-268
- [2]. YOSEPH WANG, *Striping Analysis. Prinsiples, Instrumentation and application* (1985)
- [3]. VIQAR UN NISA and RIAS AHMED, *Micro Chimica Acta* **106** (1992).
- [4]. MILESTONE, *MLS-1200 MEGA, Microwave Digestion System With MDR Technology, Operator Manual*
- [5]. GLEN CHITTLEBOROUGH and BARRY J. STEEL, *Analytica Chimica Acta* **39**, (1980) 235-241
- [6]. MICHAEL OEHME and WALTER LUND, *Fresenius Z. Anal. Chem*, **298** (1979) 260-268
- [7]. SARYATI, RUKIHATI, DESWITA, SUPARDI, SUMARDJO, Penentuan Cu(II), Cd(II), Pb(II), Cr(VI), Zn(II), Fe(III) dan Al(III) dalam air dengan metoda voltametri, *Prosiding Sem. Nas. V. Kimia dalam Industri dan Lingkungan, JASA KIAI* (1996).
- [8]. SARYATI, H. AOYOGI, Z. YOSHIDA, Penentuan Cu(II), Pb(II), Cd(II) dan Zn(II) dalam uranium secara stripping voltametri anodic dalam media karbonat, *Prosiding Seminar Sains dan Teknologi Nuklir-PPTN BATAN* (1994).
- [9]. JC. MILLER and JN. MILLER, *Statistics for analytical Chemistry* (1991).

Tabel 1. Konsentrasi Zn, Cd, Pb dan Cu dalam bahan sayuran

	Konsentrasi (µg/g) berat kering			
	Zn	Cd	Pb	Cu
Daun singkong	77,95 ± 0,87	5,79 ± 0,41	4,99 ± 0,28	30,96 ± 0,80
Bayam	91,90 ± 4,13	5,57 ± 0,56	3,73 ± 0,48	16,81 ± 0,58
Sawi hijau	143,89 ± 5,57	2,57 ± 0,14	2,56 ± 0,32	16,69 ± 1,95
Kangkung	53,35 ± 2,94	4,12 ± 0,40	2,73 ± 0,28	39,16 ± 3,30
Sawi putih	166,56 ± 8,16	2,36 ± 0,19	1,57 ± 0,24	55,0 ± 6,57
Kobis	179,0 ± 27,08	2,10 ± 0,22	4,22 ± 0,53	43,32 ± 4,01