



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**ANALISIS TIMBAL, TEMBAGA, KADMIUM PADA DAUN  
DAN BATANG SELADA, BAYAM MERAH, DAN GENJER  
SECARA SPEKTROFOTOMETRI SERAPAN ATOM**

**SKRIPSI**

**RATNA MUKTI PURNAMISARI**

**0806364706**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**PROGRAM STUDI EKSTENSI FARMASI**

**DEPOK**

**JANUARI 2012**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**ANALISIS TIMBAL, TEMBAGA, KADMIUM PADA DAUN  
DAN BATANG SELADA, BAYAM MERAH, DAN GENJER  
SECARA SPEKTROFOTOMETRI SERAPAN ATOM**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana farmasi**

**RATNA MUKTI PURNAMISARI**

**0806364706**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**PROGRAM STUDI EKSTENSI FARMASI**

**DEPOK**


**JANUARI 2012**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Ratna Mukti Purnamisari

NPM : 0806364706

Tanda Tangan : 

Tanggal : 18 Januari 2012

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :  
Nama : Ratna Mukti Purnamisari  
NPM : 0806364706  
Program Studi : Ekstensi Farmasi  
Judul Skripsi : Analisis Timbal, Tembaga, Kadmium Pada Daun dan Batang Selada, Bayam Merah Dan Genjer Secara Spektrofotometri Serapan Atom

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Farmasi pada program studi Ekstensi Farmasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia

Pembimbing I : Dra. Maryati Kurniadi, M.Si, Apt (.....)  
Pembimbing II : Dr. Herman Suryadi, MS, Apt (.....)  
Penguji I : Prof. Dr. Yahdiana Harahap, MS, Apt (.....)  
Penguji II : Dr. Harmita, MS, Apt (.....)  
Penguji III : Dr. Katrin, M.Si, Apt (.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 18 Januari 2012

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Skripsi dengan judul Analisis Timbal, Tembaga, Kadmium pada Daun dan Batang Selada, Bayam Merah, dan Genjer Secara Spektrofotometri Serapan Atom ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Farmasi Program Studi Farmasi pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia.

Dalam kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penelitian dan penyusunan skripsi ini, antara lain:

1. Prof. Dr. Yahdiana Harahap, MS., Apt, selaku Ketua Departemen Farmasi FMIPA UI
2. Dra. Azizahwati, MS., Apt, selaku Ketua Program Ekstensi Farmasi FMIPA UI
3. Dra. Maryati Kurniadi M.Si., Apt selaku pembimbing I atas segala bimbingan, saran, dan bantuan selama penelitian dan penyusunan skripsi ini.
4. Dr. Herman Suryadi, M.S selaku pembimbing II atas segala bimbingan, saran, dan bantuan selama penelitian dan penyusunan skripsi ini.
5. Dr. Silvia Surini, M.Pharm.Sc, Apt selaku pembimbing akademik yang telah memberikan bimbingan selama penulis menempuh pendidikan di program S1 Reguler Farmasi UI.
6. Seluruh dosen, laboran, dan staf karyawan di Departemen Farmasi FMIPA UI, atas segala ilmu, dukungan, dan saran kepada penulis selama masa perkuliahan dan penelitian serta penyusunan skripsi.
7. Papah dan Mamah, terima kasih atas doa dan kasih sayang yang selalu menjadi penyemangat hidup ade untuk selalu bersyukur. Kakakku tersayang Afiatin Dewi terimakasih sudah memberiku keponakan yang lucu. Mas Ginanjar Endra Prasetyo terima kasih atas semangat dan cintanya.

8. Teman-teman Ekstensi Farmasi angkatan 2008, rekan-rekan penelitian di Laboratorium Departemen Farmasi FMIPA UI. Terima kasih untuk segala dukungan, bantuan, kerjasama, dan semangat yang telah diberikan kepada penulis.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah memberikan dukungannya selama penelitian dan penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari dalam penelitian dan penulisan skripsi ini masih jauh dari sempurna. Akhir kata, penulis berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Penulis  
2012

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ratna Mukti Purnamisari  
NPM : 0806364706  
Program Studi : Ekstensi Farmasi  
Departemen : Farmasi  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

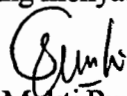
Analisis Cemaran Logam Timbal, Tembaga, Kadmium Pada Daun dan Batang Selada, Bayam Merah, dan Genjer secara Spektrofotometri Serapan Atom beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di: Depok

Pada tanggal: 18 Januari 2012

Yang menyatakan

  
(Ratna Mukti Purnamisari)

## ABSTRAK

Nama : Ratna Mukti Purnamisari  
Program Studi : Ekstensi Farmasi  
Judul : Analisis Timbal, Tembaga, Kadmium Pada Daun dan Batang Selada, Bayam Merah Dan Genjer Secara Spektrofotometri Serapan Atom

Pencemaran logam berat terhadap alam lingkungan merupakan suatu proses yang erat hubungannya dengan penggunaan logam berat oleh manusia yang tidak memperhatikan keselamatan lingkungan. Kontaminasi dari timbal (Pb), tembaga (Cu), dan kadmium (Cd) pada sayuran seperti selada, bayam merah, dan genjer akan menimbulkan masalah kesehatan apabila melebihi batas cemaran yang diperbolehkan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kadar logam pada sampel dari lahan kebun sayur yang terletak di Jalan Pramuka Jakarta Pusat. Sampel dicuci bersih terlebih dahulu kemudian dikeringkan dengan oven pada suhu 80<sup>o</sup> C selama 4 jam, setelah kering kemudian diblender menjadi serbuk. Sampel didestruksi dengan asam nitrat pekat menggunakan alat *microwave digestion system* pada suhu 180<sup>o</sup> C selama 25 menit, lalu sampel dianalisis dengan spektrofotometer serapan atom (SSA). Hasil kadar rata-rata timbal dalam batang dan daun genjer, selada, dan bayam merah dalam sampel antara 0,12±0,05 sampai 0,63±0,03 mg/kg. Kadar rata-rata kadmium dalam batang dan daun genjer, selada, dan bayam merah dalam sampel antara 0,001±0,006 sampai 0,009±0,001 mg/kg. Kadar rata-rata tembaga dalam batang dan daun genjer, selada, dan bayam merah dalam sampel antara 0,17±0,01 sampai 0,55±0,005mg/kg. Pada hasil analisis kadar cemaran timbal pada batang genjer melewati batas kadar aman.

Kata kunci : selada, bayam merah, genjer, timbal, tembaga, kadmium, SSA.

xv+105halaman : 17 gambar; 54 tabel; 6 lampiran

Daftar acuan : 48 (1975-2010)



## ABSTRACT

Name : Ratna Mukti Purnamisari  
Major : Ekstention of Pharmacy  
Title : Analysis of Lead, Copper, Cadmium in Leaf and Steam of Lettuce, Red Spinach and Genjer with Atomic Absorption Spectofotometry

Heavy metal contamination on natural environment is a process that closely related to human's using of heavy metal without paying attention to environmental safety. Contamination of lead (Pb), copper (Cu) and cadmium (Cd) in vegetables like lettuce, red spinach, and genjer will cause health problem if they exceed safety limit of contamination. This research was conducted to determine metal content in sampel (lettuce, red spinach, and genjer) from farm that located in Jalan Pramuka Jakarta Pusat. Samples were first washed and then dried in an oven at a temperature of 80° C for 4 hours, after ward blended into powder. Destruction of samples were done by microwave digestion system at 180° C for 25 minute with using concentrated nitric acid. After destruction process, samples were analyzed with atomic absorption spectrophotometry. The result showed average levels of lead in stems and leaf of genjer, lettuce, red spinach were between 0.12±0.05 to 0.63±0.03 mg/kg. The average levels of cadmium in stems and leaves of genjer, lettuce, red spinach were between 0.001±0.006 to 0.009±0.001 mg/kg. The average copper content in stems and leaves of genjer, lettuce, red spinach were between 0.17±0.01 to 0.55±0.005mg/kg. The result also showed that the level of lead contamination in the trunk of genjer over the safe limit for humans consumption.

Keyword : genjer, lettuce, red spinach, lead, cadmium, copper, AAS  
Xv+105 page : 17 picture, 54 table, 6 attachment  
List of reference : 48 (1975-2010)

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Ruang Lingkup.....	3
1.3 Metode penelitian.....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
2.1 Selada .....	4
2.2 Bayam Merah .....	8
2.3 Genjer.....	11
2.4 Pencemaran Logam Berat terhadap Makanan, Bahan Makanan, dan Tanaman .....	13
2.5 Timbal .....	15
2.6 Kadmium.....	15
2.7 Tembaga.....	16
2.8 Metode Penetapan Kadar Logam Berat Dengan Spektrofotometri Serapan Atom.....	16
2.9 Batas Cemar Timbal, Kadmium, dan Tembaga (BSN,2009).....	18

2.10 Destruksi Sampel.....	18
2.11 Spektrofotometri Serapan Atom.....	20
2.12 Validasi Metode.....	24
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN.....</b>	<b>28</b>
3.1 Bahan.....	28
3.2 Alat.....	28
3.3 Cara kerja .....	28
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>34</b>
4.1 Uji Pendahuluan .....	34
4.2 Pembuatan larutan standar .....	36
4.3 Validasi metode analisis.....	36
4.4 Penentuan kadar timbal, kadmium, dan tembaga dalam sampel.....	40
<b>BAB 5. KESIMPULAN .....</b>	<b>42</b>
5.1 Kesimpulan.....	42
5.2 Saran.....	43
<b>DAFTAR ACUAN.....</b>	<b>44</b>
<b>GAMBAR .....</b>	<b>48</b>
<b>TABEL .....</b>	<b>55</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>96</b>

## DAFTAR GAMBAR

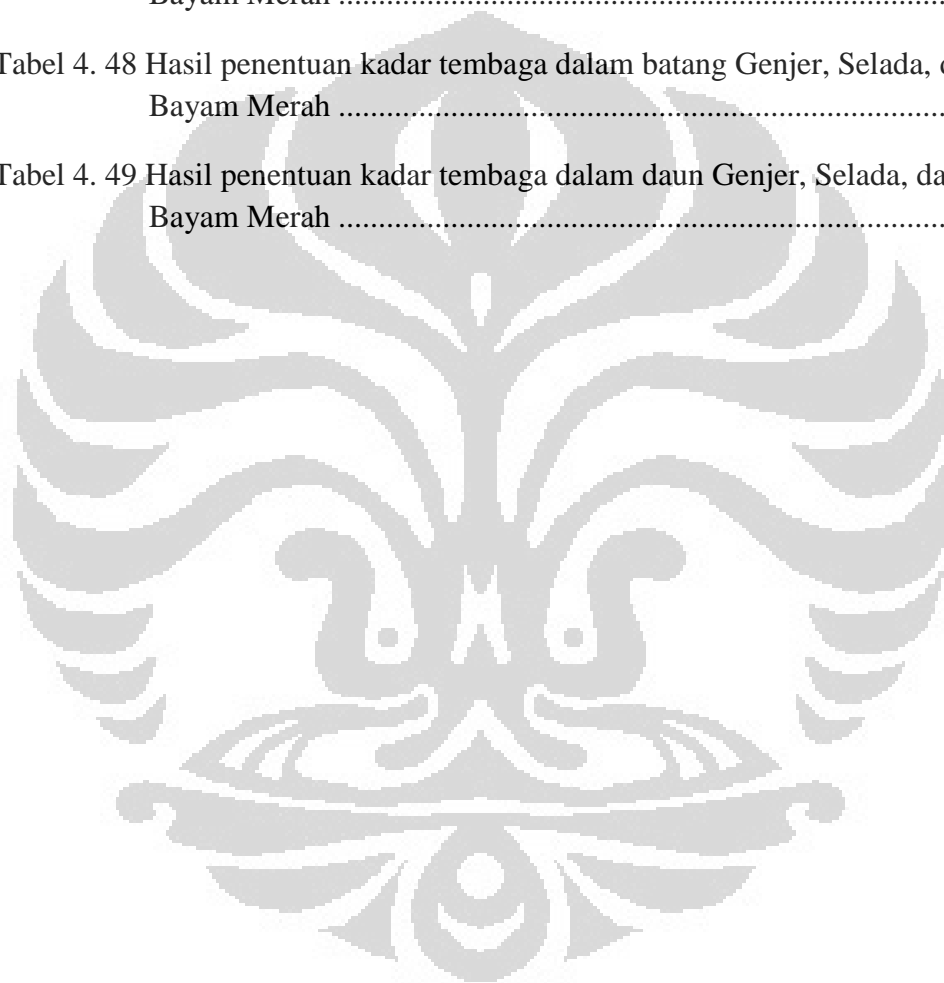
Gambar 2. 1 Selada Kepala Krispi.....	5
Gambar 2. 2 Selada kelapa mentega ( <i>butterhead</i> ).....	6
Gambar 2. 3 Selada ros ( <i>romaine</i> ).....	6
Gambar 2. 4 Selada daun keriting.....	7
Gambar 2. 5 Bayam Merah.....	10
Gambar 2. 6 Genjer.....	12
Gambar 2. 7 Diagram Spektrofotometri Serapan Atom.....	21
Gambar 2. 8 <i>Hollow Cathode Lamp</i> (HC Lamp).....	23
Gambar 4. 1 Hasil Destruksi Daun Selada, Bayam Merah, dan Genjer.....	49
Gambar 4. 2 Hasil Destruksi Batang Selada, Bayam Merah, dan Genjer.....	49
Gambar 4. 3 Spektrofotometer Serapan Atom (Shimadzu AA 6300).....	50
Gambar 4. 4 Unit-unit Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).....	51
Gambar 4. 5 <i>Microwave Digestion</i> .....	52
Gambar 4. 6 Komponen Bejana dalam <i>Microwave Digestion System</i> .....	52
Gambar 4. 7 Kurva kalibrasi standar timbal.....	53
Gambar 4. 8 Kurva kalibrasi standar kadmium.....	53
Gambar 4. 9 Kurva kalibrasi standar tembaga.....	54

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kandungan Gizi Selada.....	7
Tabel 2. 2 Kandungan gizi bayam merah.....	10
Tabel 2. 3 Kandungan gizi genjer dalam 10 g berat genjer .....	13
Tabel 3. 1 Rentang kesalahan yang diizinkan pada setiap konsentrasi analit pada matrik.....	56
Tabel 3. 2 Ketentuan spektrofotometer serapan atom untuk timbal .....	56
Tabel 4. 1 Data serapan timbal.....	57
Tabel 4. 2 Data serapan kadmium.....	57
Tabel 4. 3 Data serapan tembaga .....	58
Tabel 4. 4 Hasil penentuan batas deteksi (LOD) dan batas kuantitasi (LOQ) timbal.	59
Tabel 4. 5 Hasil penentuan batas deteksi (LOD) dan batas kuantitasi (LOQ) kadmium .....	60
Tabel 4. 6 Hasil penetapan batas deteksi (LOD) dan batas kuantitasi (LOQ) tembaga.....	61
Tabel 4. 7 Hasil uji presisi timbal pada batang Genjer .....	62
Tabel 4. 8 Hasil uji presisi timbal pada daun Genjer .....	62
Tabel 4. 9 Hasil uji presisi timbal pada batang Selada .....	63
Tabel 4. 10 Hasil uji presisi timbal pada daun Selada .....	63
Tabel 4. 11 Hasil uji presisi timbal pada batang Bayam Merah .....	64
Tabel 4. 12 Hasil uji presisi timbal pada daun Bayam Merah .....	64
Tabel 4. 13 Hasil uji presisi kadmium pada batang Genjer .....	65
Tabel 4. 14 Hasil uji presisi kadmium pada daun Genjer .....	65
Tabel 4. 15 Hasil uji presisi kadmium pada batang Selada .....	66
Tabel 4. 16 Hasil uji presisi kadmium pada daun Selada .....	66
Tabel 4. 17 Hasil uji presisi kadmium pada batang Bayam Merah .....	67

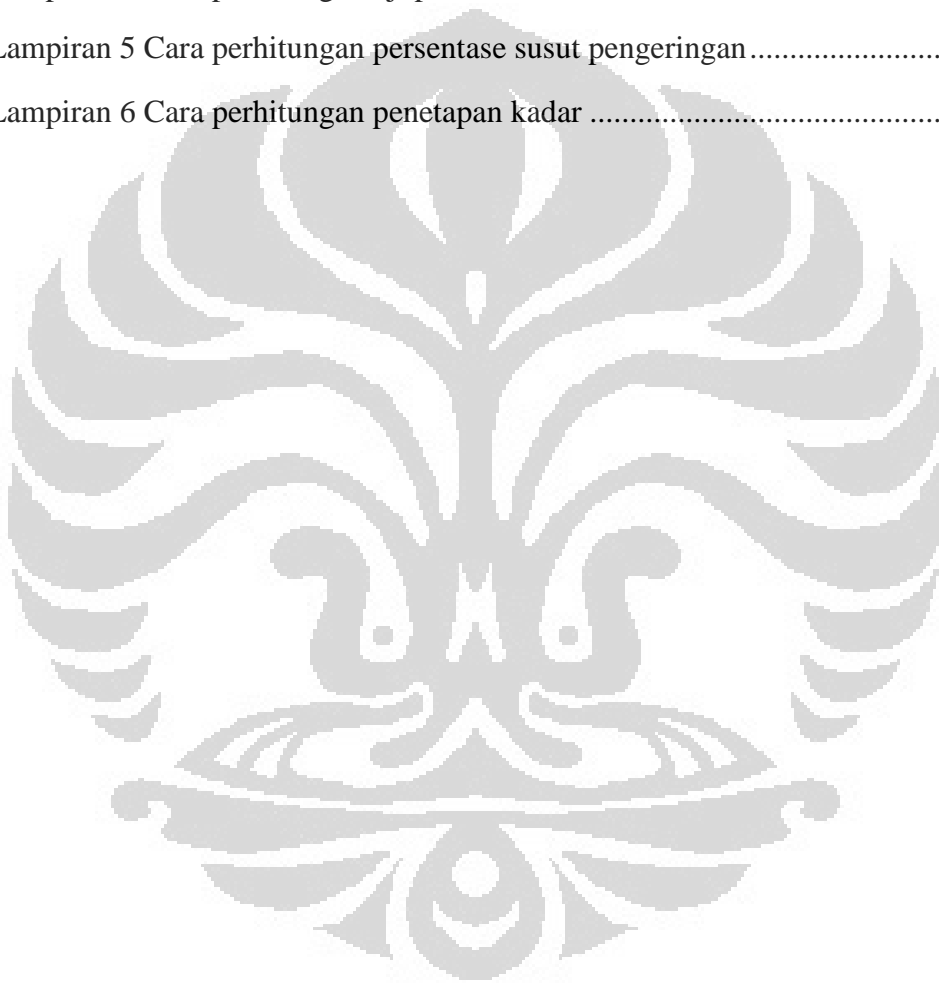
Tabel 4. 18 Hasil uji presisi kadmium pada daun Bayam Merah .....	67
Tabel 4. 19 Hasil uji presisi tembaga pada batang Genjer .....	68
Tabel 4. 20 Hasil uji presisi tembaga pada daun Genjer .....	68
Tabel 4. 21 Hasil uji presisi tembaga pada batang Selada .....	69
Tabel 4. 22 Hasil uji presisi tembaga pada daun Selada .....	69
Tabel 4. 23 Hasil uji presisi tembaga pada batang Bayam Merah .....	70
Tabel 4. 24 Hasil uji presisi tembaga pada daun Bayam Merah .....	70
Tabel 4. 25 Hasil uji perolehan kembali timbal pada batang Genjer .....	71
Tabel 4. 26 Hasil uji perolehan kembali timbal pada daun Genjer .....	72
Tabel 4. 27 Hasil uji perolehan kembali timbal pada batang Selada .....	73
Tabel 4. 28 Hasil uji perolehan kembali timbal pada daun Selada .....	74
Tabel 4. 29 Hasil uji perolehan kembali timbal pada batang Bayam Merah .....	75
Tabel 4. 30 Hasil uji perolehan kembali timbal pada daun Bayam Merah .....	76
Tabel 4. 31 Hasil uji perolehan kembali kadmium pada batang Genjer .....	77
Tabel 4. 32 Hasil uji perolehan kembali kadmium pada daun Genjer .....	78
Tabel 4. 33 Hasil uji perolehan kembali kadmium pada batang Selada .....	79
Tabel 4. 34 Hasil uji perolehan kembali kadmium pada daun Selada .....	80
Tabel 4. 35 Hasil uji perolehan kembali kadmium pada batang Bayam Merah .....	81
Tabel 4. 36 Hasil uji perolehan kembali kadmium pada daun Bayam Merah .....	82
Tabel 4. 37 Hasil uji perolehan kembali tembaga pada batang Genjer .....	83
Tabel 4. 38 Hasil uji perolehan kembali tembaga pada daun Genjer .....	84
Tabel 4. 39 Hasil uji perolehan kembali tembaga pada batang Selada .....	85
Tabel 4. 40 Hasil uji perolehan kembali tembaga pada daun Selada .....	86
Tabel 4. 41 Hasil uji perolehan kembali tembaga pada batang Bayam Merah .....	87
Tabel 4. 42 Hasil uji perolehan kembali tembaga pada daun Bayam Merah .....	88
Tabel 4. 43 Hasil susut pengeringan sampel .....	89

Tabel 4. 44 Hasil penentuan kadar timbal dalam batang Genjer, Selada, dan Bayam Merah .....	90
Tabel 4. 45 Hasil penentuan kadar timbal dalam daun Genjer, Selada, dan Bayam Merah.....	91
Tabel 4. 46 Hasil penentuan kadar kadmium dalam batang Genjer, Selada, dan Bayam Merah .....	92
Tabel 4. 47 Hasil penentuan kadar kadmium dalam daun Genjer, Selada, dan Bayam Merah .....	93
Tabel 4. 48 Hasil penentuan kadar tembaga dalam batang Genjer, Selada, dan Bayam Merah .....	94
Tabel 4. 49 Hasil penentuan kadar tembaga dalam daun Genjer, Selada, dan Bayam Merah .....	95



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Cara memperoleh persamaan garis linier .....	97
Lampiran 2 Cara perhitungan batas deteksi dan batas kuantitasi .....	98
Lampiran 3 Cara perhitungan simpangan baku dan koefisien variasi .....	99
Lampiran 4 Cara perhitungan uji perolehan kembali.....	100
Lampiran 5 Cara perhitungan persentase susut pengeringan.....	101
Lampiran 6 Cara perhitungan penetapan kadar .....	102





# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Semboyan atau motto empat sehat lima sempurna dicanangkan pada tahun 1950-an oleh bapak gizi Indonesia, Prof. Poerwo Soedarmo. Inti dari motto tersebut adalah suatu ajakan untuk membuat keseimbangan asupan gizi dalam konsumsi sehari-hari, yaitu empat sehat lima sempurna. Empat sehat lima sempurna terdiri dari: makanan pokok, lauk-pauk, sayur-mayur, buah-buahan, dan susu sebagai pelengkap dengan berbagai kandungan zat yang berguna bagi tubuh (Suhardjo, 1992).

Sayuran merupakan jenis makanan penting dalam menjaga kesehatan. Sayuran hijau dan merah sebagai contoh dan sebagai obyek penelitian kali ini yaitu selada, genjer, dan bayam merah, memiliki banyak kandungan zat gizi alami antara lain: vitamin A, B<sub>1</sub>, C, dan K, unsur-unsur mineral (Ca, Fe, dan P) serta antioksidan. Kandungan gizi dan serat alami dalam sayuran akan menjaga kesehatan serta melancarkan saluran pencernaan. Hal ini akan memudahkan sisa-sisa metabolisme yang tidak berguna keluar dari tubuh sehingga tidak mengendap dan menimbulkan penyakit.

Sayuran dapat menimbulkan penyakit apabila tercemar oleh logam berat atau mikroorganisme. Pencemaran logam berat pada sayur berasal dari penggunaan pupuk, pestisida, serta polusi udara dapat menurunkan kandungan vitamin dan unsur mineral yang diperlukan oleh tubuh. Pencemaran tersebut dapat menyebabkan gangguan kesehatan seperti diare, mual, muntah, sakit kepala, bahkan sampai kondisi terparah yaitu kematian (Almatsier, S, 2004).

Pada tahun 1994 diperoleh data bahwa sayuran yang ditanam di pinggir jalan raya mengandung kontaminan tetra ethyl lead sebesar 28,78 ppm yang berasal dari asap kendaraan bermotor (Winarno, 1994). Kadar tembaga di dalam sayuran dan buah-buahan dapat meningkat karena penggunaan secara berlebihan

insektisida yang mengandung tembaga (II) sulfat serta tingginya kadar tembaga di dalam tanah. Tingginya kadar tembaga dalam tanah disebabkan tingkat keasaman tanah yang tinggi sehingga absorpsi tembaga dari tanah meningkat (Rumampuk, 2008). Hasil penelitian menunjukkan terjadinya peningkatan kadar kadmium dalam tanah dan bijih barley dengan penggunaan pupuk fosfat. Pupuk fosfat yang digunakan petani untuk menyuburkan tanaman mengandung kadmium tidak kurang dari 20 mg/kg (Klaassen et al, 1986).

Kontaminasi timbal (Pb), tembaga (Cu) dan kadmium (Cd) dalam makanan dengan konsentrasi yang melebihi batas aman yang telah ditentukan dapat menimbulkan efek buruk terhadap kesehatan konsumen. Toksisitas akut dari logam-logam tersebut umumnya menimbulkan gangguan saluran cerna, seperti perut kaku, mual, muntah, dan diare, terutama pada anak-anak. Logam berat tersebut merupakan logam yang bersifat kumulatif di dalam tubuh. Paparan kronis timbal pada orang dewasa mengakibatkan hipertensi, anemia, dan ensefalopati sedangkan toksisitas kronis kadmium menimbulkan penyakit paru, emfisema, dan kerusakan tubular ginjal. Keracunan tembaga kronis pada tubuh mengakibatkan hemolisis darah (Darmono, 1995). Oleh karena itu, dipandang perlu dilakukan penelitian terhadap kandungan timbal, kadmium, dan tembaga dalam sayuran selada, genjer, dan bayam merah pada bagian daun dan batang di tempat tanam dengan tingkat polusi yang tinggi (pinggir jalan raya) dengan menggunakan metode spektrofotometri serapan atom.

Penelitian disertasi pada tahun 1997 terhadap cemaran kadmium pada kangkung, kemangi, dan caisim yang diperoleh dari lahan budidaya bekas tempat pembuangan akhir (TPA) yang ada di wilayah Lenteng Agung dengan menggunakan alat Spektrofotometer Serapan Atom. Dari hasil penelitian tersebut diperoleh kadar cemaran kadmium pada ketiga sayuran tersebut 1,56 ppm; 1,04 ppm; dan 1,86 ppm. Dari hasil penelitian dapat diketahui bahwa kadar kadmium pada sayuran yang di tanam di lahan budidaya bekas TPA cukup tinggi sehingga pemanfaatan lahan tersebut sebagai kebun sayur dapat menimbulkan dampak berupa tingginya kandungan kadmium (Syahril, B, 1997).

**Universitas Indonesia**

Berdasarkan hal-hal di atas, maka dilakukan penelitian tentang analisis logam berat timbal (Pb), tembaga (Cu), dan kadmium (Cd) dalam selada, bayam merah, dan genjer. Sampel sayuran tersebut didapat dari kebun pertanian di daerah Jakarta Pusat dianalisis menggunakan metode spektrofotometri serapan atom (SSA). Metode ini dipilih karena sangat spesifik untuk unsur yang dianalisis, sensitif, waktu pengerjaannya cepat, dan sudah banyak digunakan untuk menetapkan kadar logam berat sehingga metode validasinya telah dilakukan (Haris & Gunawan, 1992). Dengan penelitian ini, diharapkan cemaran logam berat timbal (Pb), tembaga (Cu), dan kadmium (Cd) pada makanan berada di bawah batas aman yang telah ditentukan oleh Standar Nasional Indonesia 7387-2009.

## **1.2 Ruang Lingkup**

Ruang lingkup penelitian kali ini adalah kimia farmasi.

## **1.3 Metode penelitian**

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental laboratorium.

## **1.4 Tujuan penelitian**

1. Menganalisis adanya cemaran timbal (Pb), tembaga (Cu), dan kadmium (Cd) pada daun dan batang selada, genjer, serta bayam merah secara spektrofotometri serapan atom.
2. Menilai kelayakan kandungan cemaran timbal (Pb), tembaga (Cu), dan kadmium (Cd) pada daun dan batang selada, bayam merah, dan genjer masih dalam batas aman sesuai dengan ketentuan Standar Nasional Indonesia.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Selada

Selada adalah tumbuhan sayur yang biasa ditanam di daerah beriklim sedang maupun daerah tropis yang diduga berasal dari Asia Barat dan Amerika. Daerah penyebaran selada antara lain Karibia, Malaysia, Afrika Timur, Afrika Tengah, Afrika Barat, dan Filipina. Di Indonesia, selada belum berkembang pesat sebagai sayuran komersial. Daerah yang banyak ditanami selada masih terbatas pada pusat-pusat produsen sayur seperti Cipanas dan Lembang (Haryanto, E, 2003).

##### 2.1.1 Klasifikasi Selada

Kerajaan	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Subdivisi	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledoneae
Bangsa	: Asterales
Suku	: Asteraceae
Marga	: Lactuca
Jenis	: <i>Lactuca sativa</i>

##### 2.1.2 Ciri-ciri

Selada merupakan jenis tanaman berumpun banyak, mengandung getah, mula-mula dengan roset akar, daun tersebar, duduk, memanjang atau lanset, sangat berubah-ubah bentuk bentuk dan ukurannya, bertepi rata atau bergigi tidak teratur, dengan pangkal menyempit dan ujung runcing, 5-35 kali 1-10cm. daun batang yang teratas bentuk garis dan makin keatas makin kecil. Bongkol bunga

cukup kecil, berkumpul dalam karangan bunga bentuk malai-rata yang besar, bercabang banyak. Bunga kuning cerah. Buah keras pipih, hitam berparuh pendek, pada puncaknya dengan berkas rambut-rambut putih yang rapat. Dari dataran rendah hingga pegunungan tinggi, kebanyakan ditanam sebagai sayuran (Bloembergen. S., Eyma, P.J. & Steenis, C.G.G.J., 1975).

### 2.1.3 Jenis

Selada yang umum dibudidayakan saat ini dapat dikelompokkan menjadi empat macam tipe, yaitu sebagai berikut:

1) Selada krispi

Ciri selada ini adalah daun agak lepas. Jenis ini sangat populer di Inggris dan juga Amerika Serikat. Dibandingkan tipe mentega, tipe krispi lebih tahan terhadap kekeringan dan kropnya lebih padat.



Sumber: Haryanto. E, 2003

**Gambar 2.1** Selada Kepala Krispi

2) Selada Mentega

Ciri selada tipe mentega ialah membentuk krop dengan daun yang tidak terlalu keriting. Jenis ini sangat terkenal di Amerika Serikat. Pertumbuhannya sangat cepat dan daunnya halus. Jenis selada memang didominasi oleh varietas musim panas sehingga cukup gampang beradaptasi dengan iklim Indonesia.



Sumber: Haryanto. E, 2003

**Gambar 2.2** Selada kelapa mentega ( *butterhead* )

- 3) Selada kepala rapuh atau selada cos  
 Konsumen luar negeri mengenalnya sebagai selada cos atau selada romaine lettuce. Selada jenis ini mempunyai krop yang lonjong, daunnya lebih tegak dibandingkan daun selada yang umumnya menjuntai kebawah. Ukurannya besar dengan daun berwarna hijau tua. Meskipun sedikit liat, selada jenis ini rasanya enak. Jenis selada ini tergolong lambat pertumbuhannya.



**Gambar 2.3** Selada cos ( *romaine* )

- 4) Selada daun atau selada potong  
 Nama internasional untuk jenis ini ialah *leaf lettuce* atau *cut lettuce*. Selada jenis ini helaian daunnya lepas dan tepiannya berombak atau bergerigi serta berwarna hijau atau merah. Selain dikonsumsi langsung, selada jenis ini banyak dipakai sebagai hiasan untuk aneka masakan.

**Universitas Indonesia**



Sumber: Haryanto. E, 2003

**Gambar 2.4** Selada daun keriting

#### 2.1.4 Kandungan Gizi

Menurut data yang tertera dalam daftar komposisi makanan yang diterbitkan oleh Direktorat Gizi Departemen Kesehatan, komposisi zat-zat makanan yang terkandung dalam setiap 100 g berat basah selada adalah seperti disajikan dalam tabel di bawah ini.

**Tabel 2.1** Kandungan Gizi Selada

Kandungan Gizi	Jumlah
Protein	1,2 g
Lemak	0,2 g
Karbohidrat	2,9 g
Vitamin A	162 mg
Vitamin B	0,04 mg
Vitamin C	0,8 mg
Kalsium	22 mg
Phospor	25 mg
Besi	0,5 mg

Sumber: Direktorat Gizi, Departemen Kesehatan RI, 1979

**Universitas Indonesia**

### 2.1.5 Kegunaan

Selain memiliki kandungan vitamin dan zat gizi yang penting bagi kesehatan, selada memiliki sifat dapat mendinginkan tubuh. Dengan demikian, selada berfungsi sebagai obat panas dalam.

## 2.2 Bayam Merah

Bayam merupakan tanaman sayuran yang dikenal dengan nama ilmiah *Amaranthus* spp. Kata “amaranth” dalam bahasa Yunani berarti “everlasting” (abadi). Tanaman bayam berasal dari daerah Amerika tropis, pada awalnya dikenal sebagai tumbuhan hias. Dalam perkembangan selanjutnya, tanaman bayam dipromosikan sebagai bahan pangan sumber protein, terutama untuk negara-negara berkembang. Diduga tanaman bayam masuk ke Indonesia pada abad ke XIX (Rukmana, R. 2005).

### 2.2.1 Klasifikasi Bayam Merah

Kerajaan	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Subdivisi	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledoneae
Bangsa	: Caryophyllales
Suku	: Amaranthaceae
Marga	: <i>Alternanthera</i>
Jenis	: <i>Alternanthera ficoides</i>

### 2.2.2 Ciri-ciri

Tanaman bayam berumpun kuat, tinggi 0,2-0,5 m. Batang berambut tipis yang merata. Daun bentuk solet sampai memanjang, kerap kali kemerah-merahan atau bernoda. Bunga dalam bongkol duduk, kadang seolah-olah bertangkai, tidak



berduri tempel, dalam ketiak dan garpu. Daun pelindung kecil, runcing, bertepi semacam selaput. Daun tenda bunga 5, runcing, keputih-putihan serupa selaput, bertulang daun 3, dari luar berambut. Benang sari 5. Tangkai sari pada pangkalnya bersatu seperti mangkuk yang pendek. Kepala sari berganti-ganti dengan taju yang berbentuk pita pada ujung yang berbagi dalam umbai. Tangkai putik pendek, kepala putik berbentuk tombol. Buah di Jawa tidak berkembang dengan sempurna (Bloembergen. S., Eyma, P.J. & Steenis, C.G.G.J. 1975).

### 2.2.3 Jenis

Bayam dibedakan atas 2 macam, yaitu bayam liar dan bayam budidaya. Bayam liar dikenal 2 jenis, yaitu bayam tanah (*A. blitum* L.) dan bayam berduri (*A. spinosus* L.). Ciri utama bayam liar adalah batangnya berwarna merah dan daunnya kaku. Jenis bayam budidaya dibedakan 2 macam, yaitu:

- 1) Bayam cabut atau bayam sekul atau juga bayam putih (*A. tricolor* L.). Ciri-ciri bayam cabut adalah memiliki batang berwarna kemerah-merahan atau hijau keputih-putihan, dan memiliki bunga yang keluar dari ketiak cabang. Bayam cabut yang batangnya merah disebut bayam merah, sedangkan yang batangnya putih disebut bayam putih.
- 2) Bayam tahun, bayam skop atau bayam kakap (*A. hybridus* L.) Ciri-ciri ini adalah memiliki daun lebar-lebar, yang dibedakan atas 2 spesies yaitu:
  - 1) *A. hybridus caudatus* L. , memiliki daun agak panjang dengan ujung runcing, berwarna hijau kemerah-merahan atau merah tua, dan bunganya tersusun dalam rangkaian panjang terkumpul pada ujung batang.
  - 2) *A. hybridus paniculatus* L. , mempunyai dasar daun yang lebar sekali, berwarna hijau, rangkaian bunga panjang tersusun secara teratur dan besar-besar pada ketiak daun.



Sumber: Rukmana. R, 2005

**Gambar 2.5** Bayam Merah

#### 2.2.4 Kandungan gizi

Menurut Direktorat Gizi Departemen Kesehatan Republik Indonesia, pada batang/daun bayam segar dalam 100 gram adalah sebagai berikut:

**Tabel 2. 2** Kandungan gizi bayam merah

Kandungan Gizi	Jumlah
Energi	36 kal
Protein	3,5 g
Lemak	0,5 g
Karbohidrat	6,5 g
Vitamin A	6090 SI
Vitamin B1	908 mg
Vitamin C	80 mg
Kalsium	267 mg
Phospor	67 mg
Besi	3,9 mg
Air	86,9 mg

Universitas Indonesia

### 2.2.5 Kegunaan

Bayam digunakan untuk membantu proses buang air besar karena kandungan seratnya cukup banyak. Makanan berserat seperti bayam, baik bagi penderita kanker usus besar, kencing manis, kolesterol tinggi dan untuk menurunkan berat badan.

## 2.3 Genjer

Genjer berasal dari daerah tropis Amerika, tetapi dapat tumbuh di daerah panas lainnya. Genjer tumbuh di tempat-tempat yang terendam air, seperti kolam dan sawah. Sawah merupakan tempat tumbuhnya genjer dalam jumlah yang sangat besar dan di berbagai daerah merupakan jenis rumput liar.

Di Indonesia genjer ditemukan di pulau Sumatera dan Jawa. Di Jawa genjer terdapat di dataran rendah bagian barat sampai dengan ketinggian 1300 meter di atas permukaan laut (Alfa, 2003).

### 2.3.1 Klasifikasi Genjer

Kerajaan	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Liliopsida
Bangsa	: Alismatales
Suku	: Limnocharitaceae
Marga	: Limnocharis
Jenis	: <i>Limnocharis flava</i>

### 2.3.2 Ciri-ciri

Genjer merupakan tanaman menahun, gundul, bergetah, herba yang hidup di rawa. Daun rozet akar, tangkai 20-65 cm, segitiga, diperlebar menjadi seludang, helaian daun bulat telur, 7,5-28 kali 5-22 cm, hijau muda, pada sisi belakang

ujung dengan pori air dengan tepi yang warnanya keungu-unguan. Bunga dalam payung bertangkai panjang terdiri dari 5-13 bunga, bunga masing-masing di atas tangkai yang persegitiga tajam, dan tebal. Daun kelopak hijau, panjang 1,7-2,5 cm. daun mahkota kuning muda dengan pangkal yang lebih tua, panjang 2-3 cm, dengan ujung yang membulat. Benang sari lebih dari 15, dikelilingi oleh karangan staminodia. Bakal buah 10-20, terhimpit, kuat berjejal rapat. Kepala putik duduk berbentuk coretan. Buah tertutup oleh daun kelopak, suatu keseluruhan yang berbentuk bola, diameter 1,5-2 cm. biji kecil, berbentuk tapal kuda (Bloembergen. S., Eyma, P.J. & Steenis, C.G.G.J. 1975).



Sumber: Alfa, 2003

**Gambar 2.6** Genjer

### 2.3.3 Klasifikasi

Kerajaan : Plantae

Divisi : Magnoliophyta

Kelas : Liliopsida

Bangsa : Alismatales

Suku : Limnocharitaceae

Marga : Limnocharis

Jenis : *Limnocharis flava*

### 2.3.4 Kandungan Gizi

**Tabel 2. 3** Kandungan gizi genjer dalam 10 g berat genjer

Kandungan Gizi	Jumlah
Kalori	30 kal
Protein	2,7 g
Kalsium	60 mg
Besi	2,5 mg
Karoten	2,9 mg
Vitamin C	45 mg

Sumber : Oomen, 1984

### 2.4 Pencemaran Logam Berat terhadap Makanan, Bahan Makanan, dan Tanaman

Pencemaran logam berat dalam lingkungan dapat menimbulkan bahaya bagi kesehatan, baik pada manusia, hewan, tumbuhan, maupun lingkungan. Polutan logam mencemari lingkungan, baik di lingkungan udara, air, dan tanah yang berasal dari proses alami dan kegiatan industri (Widowati, 2008). Tercemarnya makanan dan bahan makanan oleh logam berat dapat terjadi melalui berbagai cara, antara lain melalui bahan baku, proses produksi, dan pengemasan (Dahuri, 1996).

#### 1) Melalui bahan baku

Logam berat dapat masuk ke dalam tanaman melalui media tanam (tanah) atau substrat yang telah terkontaminasi oleh timbal (Pb), tembaga (Cu), dan kadmium (Cd) kemudian terserap oleh tanaman. Selain itu, penggunaan

**Universitas Indonesia**

pupuk yang berlebihan juga dapat menyebabkan tingginya kadar logam dalam tanaman.

2) Melalui proses produksi

Pencemaran oleh logam dapat disebabkan oleh penggunaan alat produksi dan bahan-bahan lain yang telah terkontaminasi oleh logam timbal (Pb), tembaga (Cu), dan kadmium (Cd) sehingga logam tersebut migrasi ke dalam makanan.

3) Melalui proses pengemasan

Wadah makanan yang terbuat dari kaleng dapat melepaskan unsur-unsur logam ke dalam makanan kaleng. Pelepasan unsur logam tersebut terutama akan terjadi jika bagian dalam kaleng tidak diberi lapisan pelindung yang baik atau dapat juga disebabkan karena cacat pada bagian dalam kaleng sehingga makanan kontak langsung dengan logam.

Sumber pencemaran logam berat pada tanaman, yaitu:

1) Air

Air yang tercemar logam akan diserap oleh akar tanaman bersama dengan nutrisi lainnya dan ditimbun oleh jaringan tanaman.

2) Tanah

Pencemaran logam berat pada tanah daratan sangat erat hubungannya dengan pencemaran udara dan air.

3) Pupuk

Pupuk TSP mengandung unsur fosfor (P) dan unsur logam berat lainnya, seperti kadmium (Cd) dan hampir seluruhnya larut dalam air sehingga dapat segera diserap oleh tanaman.

Penyebab utama logam berat menjadi bahan pencemar berbahaya adalah sifat logam berat yang tidak dapat dihancurkan (*nondegradable*) oleh organisme hidup yang ada di lingkungan sekitarnya. Akibatnya, logam-logam tersebut akan terakumulasi dan mengendap membentuk senyawa kompleks bersama bahan-bahan organik dan anorganik (Dahuri, 1996).

## 2.5 Timbal

Timbal sebagai gas buang kendaraan bermotor yang keluar dari knalpot dalam bentuk partikel yang sangat halus, adanya polutan timbal karena pada bensin diberikan bahan tambah berupa Tetra Ethil Lead (TEL) sebagai upaya untuk meningkatkan angka oktan. Partikel timbal dapat mencemari tanaman pangan dan bila hasil tanaman tersebut dikonsumsi manusia maka dapat menyebabkan keracunan.

Di dalam tubuh timbal dapat menyebabkan keracunan akut maupun kronik. Pada keracunan akut biasanya terjadi karena masuknya senyawa timbal yang larut asam. Gejala-gejala yang timbul berupa mual, muntah, sakit perut, kelainan fungsi fungsi otak, anemia berat, kerusakan ginjal, bahkan kematian (Santi, N.D, 2001).

## 2.6 Kadmium

Sumber kadmium terutama dari biji seng, timbal-tembaga-seng, dan timbale-seng. Kadmium digunakan secara meluas pada berbagai industri antara lain baterai, bahan bakar, dan pupuk superfosfat. Pada pupuk superfosfat ada yang mengandung kadmium sampai 170 ppm. Unsur kadmium yang masuk ke dalam tanah dapat mengurangi serapan ion-ion hara karena daya afinitas yang tinggi dari kadmium pada kompleks pertukaran kation. Pencemaran kadmium dapat mengkontaminasi tanaman dan lingkungan aktivitas manusia karena sifat kadmium yang akumulatif pada suatu jaringan organism serta sulit terurai.

Jika kadmium berakumulasi di dalam tubuh dalam jangka waktu yang lama dapat menghambat kerja paru-paru, pertumbuhan lambat, dan osteoporosis. Kadmium dapat menyebabkan keadaan melunaknya tulang yang umumnya diakibatkan kekurangan vitamin B yang dapat menyebabkan terjadinya gangguan daya keseimbangan kandungan kalsium dan fosfat dalam ginjal (Charlena, 2004).

## 2.7 Tembaga

Pestisida yang mengandung senyawa tembaga (II) sulfat bila disemprotkan ke tanaman sayur dan buah secara berlebihan dapat meningkatkan konsentrasi tembaga dalam tanah. Tembaga merupakan logam esensial untuk makhluk hidup. Dalam konsentrasi kecil dibutuhkan untuk mempertahankan kesehatan, namun dalam konsentrasi tinggi dapat bersifat toksik. Kebutuhan tubuh akan tembaga adalah 0,05 mg/kg, pada kadar tersebut tidak terjadi akumulasi di dalam tubuh.

Keracunan tembaga pada manusia dapat menimbulkan kerusakan otak, penurunan fungsi ginjal, muntah, diare akut, warna kehijauan pada rambut, dan alergi pada kulit (Palar, 1994).

## 2.8 Metode Penetapan Kadar Logam Berat Dengan Spektrofotometri Serapan Atom

### 2.8.1 Penentuan Fisikokimia Polutan dalam Air Limbah dan Sayur sepanjang Kanal Jakarta, Nigeria.

Sampel sayuran ditimbang untuk menentukan berat segar dan dikeringkan dalam oven pada 80° C selama 72 jam untuk menentukan berat kering. Sampel kering dihancurkan untuk dijadikan serbuk kemudian ditimbang 0,5 gram di dalam *crucible* lalu didestruksi dengan oven pengering pada suhu 500° C selama 4 jam. Setelah sampel menjadi abu ditambahkan 10 ml HCl 6M dipanaskan diatas penangas air selama 15 menit kemudian ditambahkan 1 ml HNO<sub>3</sub>, lanjutkan kembali proses destruksi selama 1 jam sampai diperoleh larutan sebanyak 5 ml dan tambahkan aquadest bebas mineral 10 ml dan panaskan kembali di atas penangas air. Setelah proses tersebut selesai, dinginkan sampai suhu kamar dan saring dengan kertas Whatman no. 41 dan tempatkan ke dalam labu ukur 50,0 ml cukupkan volume sampai garis batas dengan aquadest bebas mineral lalu penentuan logam tembaga, kadmium, dan timbal diukur dengan Spektrofotometri Serapan Atom (Abdulrahman, F.I., Akan, J.C., Dimari, G.A., & Ogugbuaja, V.O., 2008).



### 2.8.2 Tingkat Logam Berat dalam Sayuran dari Pasar di Lagos, Nigeria.

Sayuran yang digunakan adalah *Telfaria occidentalis* yang dibeli dari sepuluh pasar utama di Lagos, Nigeria. Sampel dicuci bersih dan dipotong-potong lalu dikeringkan di dalam oven pada suhu 80° C. Setelah sampel kering lalu ditumbuk menjadi serbuk. Timbang 1,0 gram serbuk sampel dan ditambahkan 10 ml HNO<sub>3</sub> 98% kemudian dipanaskan diatas penangas air selama 72 jam. Setelah proses destruksi selesai, didapatkan larutan berwarna kuning pucat dan dimasukkan ke dalam labu ukur 25,0 ml cukupkan volume sampai garis batas dengan aqua bebas mineral. Larutan sampel tersebut dianalisis logam timbal dan kadmium dengan menggunakan spektrofotometri erapan atom (Funmilayo, D.V., & Kudirat, L.M., 2011).

### 2.8.3 Penentuan Kadar Tembaga Pada Buah Pare

Semua sampel air dimasukkan ke dalam botol penyimpanan dan disaring terlebih dahulu untuk menghilangkan pengotor yang berupa padatan. Sampel sebanyak 100 ml dimasukkan ke dalam Erlenmeyer lalu ditambahkan 5 ml HNO<sub>3</sub> 1%, campuran diaduk hingga homogen lalu didihkan hingga campuran tinggal 10 ml. Larutan hasil destruksi didinginkan kemudian ditempatkan dalam labu ukur 100,0 ml dan ditambahkan HNO<sub>3</sub> 1% sampai tanda batas. Larutan hasil yang diperoleh ditentukan absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom pada panjang gelombang 324,8 nm (Pujiastuti, 2003).

### 2.8.4 Akumulasi Logam Kadmium (Cd) Pada Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*)

Tanaman eceng Gondok dipotong-potong halus, kemudian disimpan dalam oven dengan suhu 70° C selama tiga hari, sampai bobotnya tetap. Sampel eceng gondok yang telah dioven didestruksi dengan 6ml campuran asam pekat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 98%: HNO<sub>3</sub> 65%= 1:2), sehingga contoh terendam seluruhnya. Destruksi dilakukan sampai diperoleh cairan yang jernih. Setelah didinginkan ditambahkan aquadest bebas mineral, dan disaring dengan kertas saring Whatman no.42 dan kemudian larutan diencerkan dalam labu ukur 25,0 ml. kandungan kadmium

**Universitas Indonesia**

diukur dengan alat spektrofotometer serapan atom pada panjang gelombang 228,8 nm (Herawati, 1997).

## 2.9 Batas Cemaran Timbal, Kadmium, dan Tembaga (BSN,2009)

Adanya cemaran logam dalam makanan harus memenuhi batasan maksimal sehingga aman untuk dikonsumsi. Menurut Badan Standardisasi Nasional tahun 2009, ditetapkan batasan cemaran maksimal cemaran logam dalam makanan, yaitu sayuran dan hasil olahannya adalah untuk timbal= 0,5 mg/kg ; tembaga= 5,0 mg/kg ; kadmium= 0,2 mg/kg.

## 2.10 Destruksi Sampel

Destruksi sampel dilakukan untuk memutuskan ikatan antara unsur logam dengan matriks sampel agar diperoleh logam dalam bentuk bebas sehingga dapat dianalisis dengan spektrofotometri serapan atom (Raimon, 1993). Sebagian besar teknik analisis yang digunakan di laboratorium, termasuk spektrofotometer serapan atom membutuhkan sampel dalam bentuk cairan. Oleh karena itu, perlu dilakukan destruksi bila sampel yang digunakan adalah sampel padatan. Tiga teknik destruksi yang mendasar adalah destruksi kering, destruksi basah, dan *fusion*. Reaksi yang terjadi pada ketiga teknik ini dipengaruhi oleh panas yang berasal dari penangas listrik, *digestor block*, dan *microwave* (Anderson, 1999).

### 2.10.1 Destuksi kering.

Destruksi kering dilakukan dengan memanaskan sampel pada suhu 400<sup>o</sup> C–600<sup>o</sup> C selama 5–15 jam di dalam tungku atau tanur. Proses yang terjadi pada destruksi kering adalah penguapan kelembaban, penguapan bahan yang mudah menguap, dan oksidasi residu yang tidak mudah menguap sampai semua bahan organik menjadi hancur (Anderson, 1999).

Destruksi kering merupakan teknik yang mudah. Kemungkinan terjadinya kontaminasi akibat penggunaan pelarut sangat kecil karena pelarut digunakan

**Universitas Indonesia**

dalam jumlah sedikit. Kontaminasi yang cukup besar dapat berasal dari *crucible* terbuka yang memungkinkan debu dari udara dan tungku dapat masuk (Raimon, 1993).

#### 2.10.2 Destruksi basah

Destruksi basah dilakukan dengan menambahkan larutan asam pekat pada sampel. Larutan asam yang biasa digunakan adalah asam nitrat pekat, asam sulfat pekat, dan asam perklorat pekat. Larutan asam dapat digunakan secara tunggal maupun campuran larutan asam (Raimon, 1993).

Larutan asam nitrat pekat merupakan asam yang paling efektif dan paling sering digunakan dalam destruksi basah karena dapat memecah sampel menjadi senyawa yang mudah terurai dan larutan asam nitrat pekat sukar menguap. Asam nitrat digunakan sebagai oksidan primer untuk proses dekomposisi bahan organik dan dapat digunakan dengan berbagai teknik pemanasan, seperti dengan menggunakan penangas listrik. Asam sulfat dan asam perklorat merupakan asam-asam lain yang digunakan untuk destruksi, biasanya digunakan bersama dengan asam nitrat untuk menyempurnakan proses destruksi yang telah terjadi oleh asam perklorat, lalu dipanaskan pada suhu  $200^{\circ}\text{C} - 300^{\circ}\text{C}$  (Christian, 1994).

#### 2.10.3 *Fusion*

Teknik ini digunakan untuk senyawa anorganik. Sampel yang akan dianalisis ditambahkan dengan garam-garam, seperti natrium peroksida, natrium hidroksida, kalium fluorida, kalium pirosulfat, natrium nitrat, dan kalium nitrat, kemudian dipanaskan. Penambahan garam dalam jumlah yang cukup banyak dapat menimbulkan kontaminasi yang besar (Anderson, 1999).

#### 2.10.4 Destruksi dengan Menggunakan *Microwave*

Destruksi dengan menggunakan *microwave* merupakan modifikasi dari metode destruksi basah biasa. Metode destruksi ini telah banyak digunakan dalam proses penyiapan sampel sebelum dianalisis menggunakan spektrofotometer serapan atom. Larutan asam ditambahkan ke dalam sampel kemudian didestruksi selama 5 sampai 40 menit. Destruksi dengan *microwave* menggunakan bejana

**Universitas Indonesia**

yang cepat sehingga waktu yang digunakan untuk mendestruksi sampel lebih singkat dan dalam satu kali proses dapat langsung mendestruksi 8 sampai 12 sampel sehingga kerja peneliti menjadi lebih singkat. Inilah yang membedakan destruksi menggunakan *microwave* berbeda dengan destruksi basah biasa yang hanya menggunakan labu Erlenmeyer terbuka yang dipanaskan di atas penangas listrik (Anderson, 1999).

## 2.11 Spektrofotometri Serapan Atom

Peristiwa serapan atom pertama kali diamati oleh Fraunhofer, ketika menelaah garis hitam pada spektrum matahari. Sedangkan, yang memanfaatkan prinsip serapan atom pada bidang analisis adalah seorang Australia bernama Alan Walsh di tahun 1955. Sebelumnya banyak ahli tergantung pada cara-cara spektrofotometri atau metode analisis spektrografi. Cara ini sulit dan memakan waktu, kemudian segera digantikan dengan spektroskopi serapan atom (SSA) atau *atomic absorption spectroscopy* (AAS). Dan metode ini sangat tepat untuk analisis zat pada konsentrasi rendah. Teknik ini mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan metode spektroskopi emisi konvensional. Metode serapan sangatlah spesifik. Logam-logam yang membentuk campuran kompleks dapat dianalisis dan selain itu tidak selalu diperlukan sumber energi yang besar (Khopkar, 2007).

### 2.11.1 Hukum Dasar SSA

Teknik analisis SSA berdasarkan pada penguraian molekul menjadi atom (atomisasi) dengan energi dari api atau arus listrik. Atom-atom mengalami transisi bila menyerap energi. Sebagian besar atom akan berada pada *ground state*, dan sebagian kecil (tergantung suhu) yang tereksitasi akan memancarkan cahaya dengan panjang gelombang yang khas untuk atom tersebut ketika kembali ke *ground state*. Detektor akan mendeteksi energi terpancar tersebut. (Harmita, 2006).

Suhu yang dicapai dengan api tergantung dari campuran gas yang dipakai, 2450° K jika menggunakan campuran udara-asetilen (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>) dan 3200° K jika

**Universitas Indonesia**

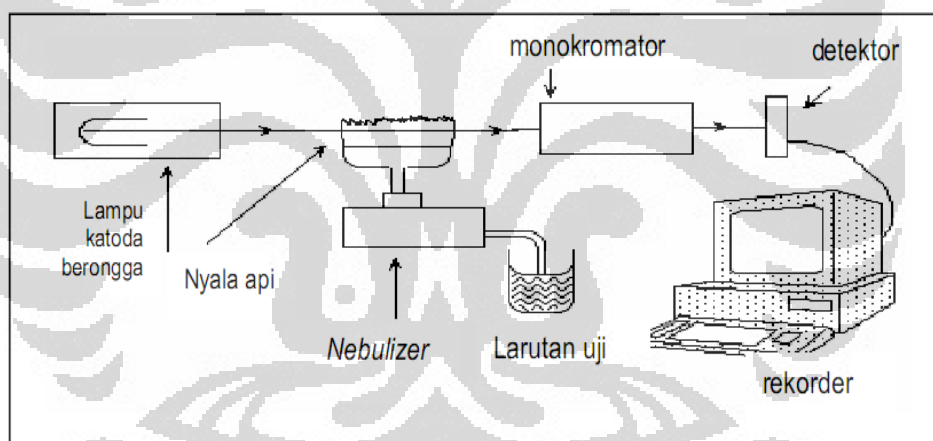
digunakan campuran  $N_2O-C_2H_2$ . Bahan yang dibakar dimasukkan ke dalam api dalam bentuk tetesan-tetesan kecil yang uniform dengan suatu *nebulizer*. Cara ini kurang efisien sebab banyak bahan yang tidak teratomisasi, tidak mencapai api karena tetesannya terlalu besar atau hanya sebentar di jalan cahaya. Pembakaran dengan listrik (*graphite furnace*) menghasilkan suhu yang lebih tinggi, hingga  $6000^{\circ}K$  dan lebih efisien dalam pemakaian bahan.

### 2.11.2 Instrumentasi

Terdiri dari :

#### 2.11.2.1 Spektrofotometer

Alat Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) atau *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) dapat dilihat pada Gambar 2.7 dibawah ini:



**Gambar 2. 7** Diagram Spektrofotometri Serapan Atom

Keterangan:

#### 1) Monokromator

Monokromator dimaksudkan untuk memisahkan dan memilih panjang gelombang yang digunakan dalam analisis. Di samping sistem optik, dalam monokromator juga terdapat suatu alat yang digunakan untuk memisahkan radiasi resonansi dan kontinyu yang disebut *chopper*.

#### 2) Detektor

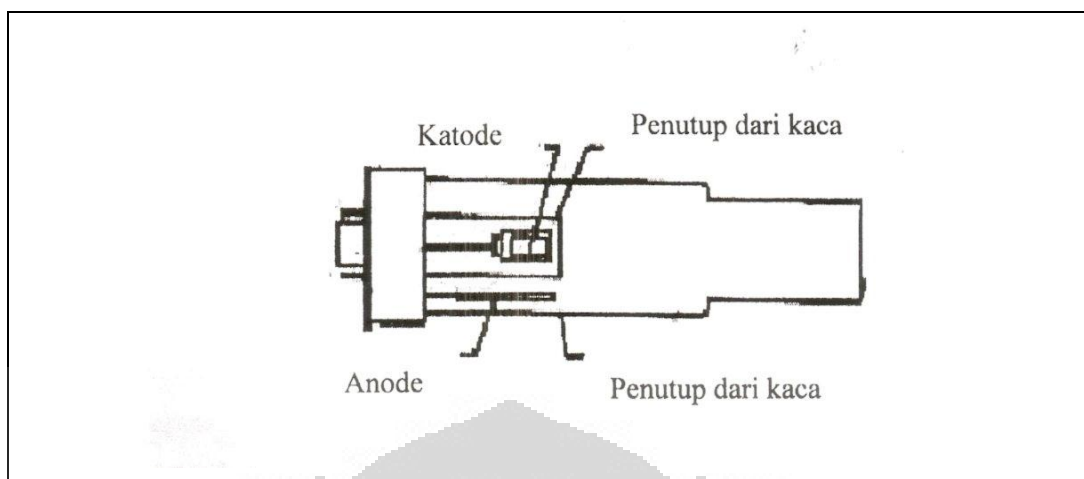
Suatu alat yang mengubah energi radiasi menjadi isyarat listrik yang cocok untuk diamati serta digunakan untuk mengukur intensitas cahaya yang melalui tempat pengamatan. Biasanya digunakan tabung penggandaan foton (*photomultiplier tube*). Ada dua cara yang dapat digunakan dalam sistem deteksi, yaitu cara yang memberikan respon terhadap radiasi resonansi dan radiasi kontinyu, serta cara yang hanya memberikan respon terhadap radiasi resonansi.

### 3) Rekorder

Sistem yang dapat menunjukkan besarnya syarat aliran listrik. Pencatatan hasil dilakukan dengan suatu alat yang telah dikalibrasi untuk pembacaan suatu transmisi atau absorpsi. Hasil pembacaan dapat berupa angka atau berupa kurva dari suatu rekorder yang menggambarkan absorpsi atau intensitas emis (Jeffrey, Basset, Mendham, Denney, 1989; BSN, 2009).

#### 2.11.2.2 Sumber cahaya

Sumber cahaya yang paling populer adalah *hollow cathode lamp* (HC *Lamp*). HCL ini terbuat dari kaca yang berbentuk silinder. Anoda terbuat dari tungsten. Bagian lampu mengandung gas inert, argon atau neon dibawah kondisi vakum (100-200 Pa). Voltase yang biasa diterapkan diantara elektrode berkisar 300 V, dengan 1-50mA. Inert gas akan terionisasi dan aliran ion positif dari gas akan dipercepat menuju katoda. Energi-energi yang berbenturan cukup untuk menyebabkan beberapa atom dalam katoda berubah menjadi atom-atom gas yang dihasilkan oleh suatu proses yang disebut *sputtering*. Atom ini selanjutnya akan tereksitasi karena adanya tabrakan dengan elektron dan ion yang kemudian akan memancarkan panjang gelombang spesifiknya. Beberapa HC *Lamp* terdiri dari multi elemen, katodenya mengandung beberapa logam.



**Gambar 2. 8** *Hollow Cathode Lamp (HC Lamp)*

#### 2.11.2.3 Alat atomisasi (atomizer unit)

*Atomizer* adalah tempat dimana sampel teratomisasi, berupa nyala, tabung *graphite*, atau tabung *quartz*. Unit *atomizer* sebagai tambahan *atomizer*, semua pemasangan diperlukan untuk operasi, sebagai contoh pembakar dengan *nebulizer* dan gas pensuplai, atau *graphite furnace* dengan *power supply*. Bagian *atomizer* yang melewati pengukur sinar radiasi dihubungkan dengan volume absorpsi dan volume observasi.

Fungsi *atomizer unit* adalah menghasilkan sebanyak mungkin atom bebas pada *ground state* dan mempertahankan volume absorpsi selama mungkin. Distribusi atom harus sebisa mungkin homogen dalam volume absorpsi agar sesuai dengan kebutuhan hukum Lambert-Beer. Jalannya atomisasi, seperti transfer sampel, khususnya analit, ke dalam bentuk atom bebas pada fase gas, adalah proses yang penting dalam analisis dengan spektrofotometer serapan atom. Keberhasilan atau kegagalan pemisahan tergantung pada cara atomisasi. Sensitivitas pemisahan berkaitan langsung dengan derajat atomisasi dan waktu tinggal analit atom pada volume absorpsi. Akhirnya, gangguan yang tidak dikenal pada spektrofotometer serapan atom tidak hanya mempengaruhi jumlah analit

atom yang dihasilkan, juga secara absolut persatuan waktu, atau distribusi ruangnya dalam *atomizer*.

Kriteria yang paling penting dalam pemilihan *atomizer* yang sesuai untuk analisis ditentukan dengan konsentrasi analit dalam sampel analisis, jumlah analit yang ada, dan bentuk sampel (padat, larutan). Teknik *furnace* memperlihatkan sensitivitas yang lebih baik dari nyala. Kriteria penting lainnya adalah sifat analit itu sendiri, pertimbangan *atomizer* bermacam-macam pada kesesuaiannya untuk mengatomisasi analit secara individual sebagai hasil temperatur dan reaksi kimia pada berbagai tipe *atomizer* (Khopkar, 2007; Harmita, 2006; Jeffrey, Basset, Mendham, Denney, 1989)

## 2.12 Validasi Metode

Validasi metode analisis adalah proses di mana suatu metode ditetapkan melalui serangkaian uji laboratorium untuk mengetahui bahwa parameter metode yang diuji memenuhi persyaratan untuk penerapan metode yang dimaksud. Tujuan utama validasi adalah untuk menjamin metode analisis yang digunakan mampu memberikan hasil yang cermat, handal, dan dapat dipercaya. Parameter metode analisis adalah kecermatan (akurasi), keseksamaan (presisi), selektivitas, linearitas, rentang, batas kuantitasi (LOQ) dan batas deteksi (LOD), ketangguhan, dan kekuatan (Horwitz, 1975).

### 2.12.1 Kecermatan (*accuracy*)

Kecermatan atau akurasi adalah ukuran yang menunjukkan derajat kedekatan hasil analisis dengan kadar analit yang sebenarnya. Biasanya dinyatakan sebagai persen perolehan kembali atau *recovery*. Ada tiga cara untuk menentukan kecermatan, yaitu metode perbandingan terhadap standar acuan, metode simulasi (*spike placebo recovery*), dan metode penambahan standar (*standard addition method*). Persen perolehan kembali dinyatakan sebagai rasio antara hasil kadar yang diperoleh dengan kadar yang sebenarnya. Kriteria cermat diberikan jika hasil analisis memberikan nilai antara 98%-102%. Untuk sampel

**Universitas Indonesia**



biologis dan nabati, syarat akurasi yang baik adalah  $\pm 10\%$  dari syarat akurasi untuk sediaan (98%-102%) (Fifield & Kealey, 2000).

#### 2.12.2 Keseksamaan (*precision*)

Keseksamaan atau presisi adalah ukuran yang menunjukkan derajat kesesuaian antara hasil uji individual yang diukur melalui penyebaran hasil individu dari hasil rata-rata jika prosedur ditetapkan secara berulang pada sampel-sampel yang diambil dari campuran yang homogen (Ganjar & Rohman, 2007).

Keseksamaan diukur sebagai simpangan baku atau simpangan baku relatif (koefisien variasi) dan dinyatakan sebagai keterulangan. Keterulangan adalah keseksamaan metode jika dilakukan berulang kali oleh analis yang sama, pada kondisi yang sama, dan dalam interval waktu yang pendek. Kriteria seksama diberikan jika metode memberikan simpangan baku relatif (koefisien variasi) sebesar 2% atau kurang (Ganjar & Rohman, 2007).

#### 2.12.3 Selektivitas (*Spesifitas*)

Selektivitas atau spesifitas adalah kemampuan yang hanya mengukur zat tertentu saja secara cermat dan seksama dengan adanya komponen lain yang mungkin ada dalam matriks sampel. Selektivitas seringkali dapat dinyatakan sebagai derajat penyimpangan (*degree of bias*) metode yang dilakukan terhadap sampel yang mengandung bahan yang ditambahkan berupa cecaran, hasil urai, senyawa sejenis, senyawa asing lainnya, dan dibandingkan dengan terhadap hasil analisis sampel yang tidak mengandung bahan lain yang ditambahkan (Fifield & Kealey, 2000).

#### 2.12.4 Linearitas dan rentang

Linearitas adalah kemampuan metode analisis untuk memberikan respon secara langsung atau dengan bantuan transformasi matematika yang baik dan proporsional terhadap konsentrasi analit dalam sampel. Linearitas dapat diperoleh dengan mengukur konsentrasi standar yang berbeda, minimal lima konsentrasi. Data yang diperoleh kemudian diproses menggunakan regresi linier, sehingga diperoleh nilai *slope*, intersep, dan koefisien korelasi. Nilai koefisien korelasi di

**Universitas Indonesia**

atas 0,9990 sangat diharapkan untuk suatu metode analisis yang baik. Selain koefisien korelasi, simpangan baku residual ( $S_y$ ) juga harus dihitung. Semua perhitungan matematika tersebut dapat diukur dengan menggunakan kalkulator atau perangkat lunak komputer (Anderson, 1999).

Syarat linearitas adalah sebagai berikut, (Burgess, 2000)

- 1) Koefisien korelasi ( $r \geq 0,9990$ )
- 2) Jumlah kuadrat sisa masing-masing titik temu ( $r_i$ ) mendekati nol atau nilai  $(r_i)^2$  sekecil mungkin  $\approx 0$

$$r_i = y_i - (bx_i + a) \quad (2.1)$$

- 3) Koefisien fungsi regresi ( $V_{x_0}$ )

Batas nilai  $V_{x_0}$  untuk sediaan farmasi dan sediaan biologi berbeda. Untuk sediaan farmasi,  $V_{x_0} \leq 2,0\%$ , sedangkan untuk sediaan biologi,  $V_{x_0} \leq 5,0\%$ .

- 4) Kepekaan analisis ( $\Delta y / \Delta x$ )

$$\Delta y / \Delta x = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \approx \frac{y_3 - y_2}{x_3 - x_2} \approx \frac{y_4 - y_3}{x_4 - x_3} \approx \frac{y_n - y_{n-1}}{x_n - x_{n-1}} \quad (2.2)$$

#### 2.12.5 Batas deteksi dan batas kuantitas

Batas kuantitasi merupakan parameter pada analisis renik dan diartikan sebagai jumlah terkecil analit dalam sampel yang masih dapat memenuhi kriteria cermat dan seksama. Batas deteksi adalah jumlah analit terkecil dalam sampel yang masih dapat dideteksi dan masih memberikan respon yang signifikan bila dibandingkan dengan blanko (Khopkar, 1990).

Penentuan batas deteksi pada analisis yang menggunakan instrumen, batas deteksi dapat dihitung dengan mengukur respon blanko beberapa kali lalu dihitung simpangan baku blanko. Simpangan baku blanko ( $S_b$ ) sama dengan simpangan baku residual ( $S_{y/x}$ ) (Khopkar, 1990).

Batas deteksi (LOD) dihitung dengan menggunakan rumus:

$$LOD = \frac{3 S_{y/x}}{b} \quad (2.3)$$

Batas kuantitasi (LOQ) dihitung dengan menggunakan rumus:

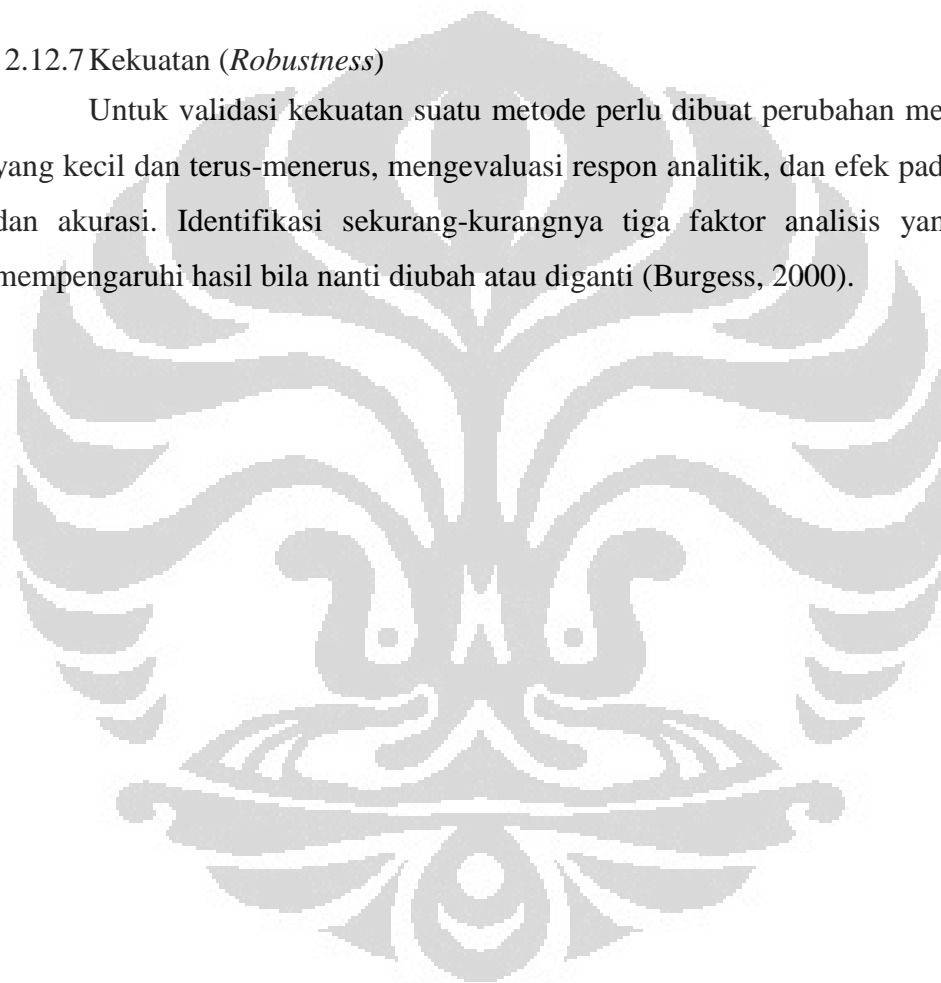
$$LOQ = \frac{10 S_{y/x}}{b} \quad (2.4)$$

#### 2.12.6 Ketangguhan metode (*Ruggedness*)

Ketangguhan metode adalah derajat ketertiruan hasil uji yang diperoleh dari analisis sampel yang sama dalam berbagai kondisi uji normal, seperti laboratorium, analisis, instrumen, bahan pereaksi, suhu, hari yang berbeda, dan lain-lain. Ketangguhan biasanya dinyatakan sebagai tidak adanya pengaruh perbedaan operasi atau lingkungan kerja pada hasil uji (Burgess, 2000).

#### 2.12.7 Kekuatan (*Robustness*)

Untuk validasi kekuatan suatu metode perlu dibuat perubahan metodologi yang kecil dan terus-menerus, mengevaluasi respon analitik, dan efek pada presisi dan akurasi. Identifikasi sekurang-kurangnya tiga faktor analisis yang dapat mempengaruhi hasil bila nanti diubah atau diganti (Burgess, 2000).



## BAB 3

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Bahan

Bahan yang digunakan adalah daun dan batang selada, bayam merah, dan genjer, larutan standar timbal (II) nitrat ( $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ) (Merck), larutan standar kadmium (II) nitrat ( $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ ) (Merck), larutan standar tembaga (II) nitrat ( $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ ) (Merck), asam nitrat pekat ( $\text{HNO}_3$  65%) (Merck), dan aquadest bebas mineral (Brataco).

#### 3.2 Alat

Alat yang digunakan adalah spektrofotometer serapan atom (Shimadzu AA-6300), HCL (*Hallow Cathode Lamp*) timbal, kadmium, dan tembaga, oven, timbangan analitik, batang penjepit, labu ukur, *beaker glass*, gelas ukur, pipet volume, mikro pipet (Socorex), pipet tetes, karet penghisap, batang pengaduk, lempeng pemanas (*hot plate*), cawan penguap, kertas saring Whatman no.41, botol vial, corong, botol semprot, masker, dan blender.

#### 3.3 Cara kerja

##### 3.3.1 Penyiapan sampel

##### 3.3.1.1 Metode pengambilan sampel

Sampel berupa batang dan daun genjer, selada, dan bayam merah segar yang diambil dari kebun sayur di jalan Pramuka Jakarta Pusat.

##### 3.3.1.2 Perlakuan genjer, selada, dan bayam merah segar sebelum didestruksi

Seluruh sampel dicuci terlebih dahulu, dipisahkan antara bagian batang dan daun. Sampel yang akan dianalisis timbal, kadmium, dan tembaga dihaluskan hingga homogen. Jika sampel tidak langsung dianalisa, simpan di dalam wadah tertutup rapat sampai saatnya untuk dianalisa.

### 3.3.1.3 Tahap Pengeringan Sampel

Timbang masing-masing sampel sayuran pada cawan penguap, selanjutnya masukkan ke dalam oven pada suhu  $80^{\circ}\text{C}$  selama 4 jam. Setelah kering pindahkan cawan penguap ke desikator selama 30 menit, kemudian lakukan penimbangan dan catat. Masukkan sampel basah kedalam cawan penguap, kemudian timbang berat sampel basah dan cawan penguap (Aditya Rahman, 2006). Setelah sampel menjadi kering, dinginkan dalam desikator selama 30 menit, lakukan penimbangan dan hitung kadar air.

### 3.3.1.4 Destruksi sampel

Destruksi dilakukan dengan menggunakan *microwave digestion sistem* dengan tahapan destruksi adalah sampel ditimbang  $\pm 2,0$  gram dalam bejana TFM yang telah ditara, kemudian tambahkan 10 ml  $\text{HNO}_3$  65%. Bejana tersebut dimasukkan ke dalam pelindung HTC, lalu ditutup dengan penutupnya dan dikencangkan. Bejana dimasukkan ke dalam *microwave digestion*, lalu disambungkan dengan sensor suhu dan dipasang *rotor top plate*. *Microwave* dinyalakan dengan suhu  $180^{\circ}\text{C}$  selama 25 menit (Milestone, 2005). Setelah proses destruksi selesai, bejana dikeluarkan dan didinginkan sampai suhu kamar, kemudian tutup bejana dibuka. Setelah dingin, larutan sampel kemudian disaring dengan menggunakan kertas saring Whatman no.41, lalu ditampung ke dalam labu ukur 10,0 ml dan dicukupkan dengan aquadest bebas mineral sampai garis batas (Yutiasari, 2010).

## 3.3.2 Pembuatan larutan standar

### 3.3.2.1 Larutan standar timbal

Larutan induk timbal 1000 ppm dipipet sebanyak 10,0 ml kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100,0 ml. Larutan diencerkan dengan  $\text{HNO}_3$  0,1 N sampai garis batas kemudian dikocok hingga homogen, sehingga didapatkan larutan dengan konsentrasi 100 ppm. Dari larutan 100 ppm dipipet sebanyak 10,0 ml kemudian di masukkan ke dalam labu ukur 100,0 ml dan larutan diencerkan dengan  $\text{HNO}_3$  0,1 N sampai garis batas kemudian dikocok sampai homogen, sehingga didapatkan larutan dengan konsentrasi 10 ppm

Dari larutan 10 ppm dipipet masing-masing sebanyak 0,5; 1,0; 2,0; 5,0; 8,0; dan 10,0 ml. Masing-masing larutan dimasukkan ke dalam enam buah labu ukur 100,0 ml yang berbeda, kemudian diencerkan dengan  $\text{HNO}_3$  0,1 N sampai garis batas, dan dikocok hingga homogen sehingga diperoleh larutan dengan konsentrasi 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 0,8; dan 1,0 ppm.

### 3.3.2.2 Larutan standar tembaga

Larutan induk tembaga 1000 ppm dipipet sebanyak 10,0 ml kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100,0 ml. Larutan diencerkan dengan  $\text{HNO}_3$  0,1 N sampai garis batas kemudian dikocok hingga homogen, sehingga didapatkan larutan dengan konsentrasi 100 ppm. Dari larutan 100 ppm dipipet sebanyak 10,0 ml kemudian di masukkan ke dalam labu ukur 100,0 ml dan larutan diencerkan dengan  $\text{HNO}_3$  0,1 N sampai garis batas kemudian dikocok sampai homogen, sehingga didapatkan larutan dengan konsentrasi 10 ppm.

Dari larutan 10 ppm dipipet masing-masing sebanyak 1,0; 5,0; 8,0; dan 10,0 ml dimasukkan ke dalam empat buah lakur 100,0 ml, serta pipet sebanyak 10,0 ml dan 15,0 ml dimasukkan ke dalam labu ukur 50,0 ml. Kemudian diencerkan dengan  $\text{HNO}_3$  0,1 N sampai garis batas, dan dikocok hingga homogen sehingga diperoleh larutan dengan konsentrasi 0,1; 0,5; 0,8; 1,0; 2,0; dan 3,0 ppm.

### 3.3.2.3 Larutan standar kadmium

Larutan induk kadmium 1000 ppm dipipet sebanyak 1,0 ml kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100,0 ml. Larutan diencerkan dengan  $\text{HNO}_3$  0,1 N sampai garis batas kemudian dikocok hingga homogen, sehingga didapatkan larutan dengan konsentrasi 10,0 ppm. Dari larutan 10,0 ppm dipipet sebanyak 10,0 ml kemudian di masukkan ke dalam labu ukur 100,0 ml dan larutan diencerkan dengan  $\text{HNO}_3$  0,1 N sampai garis batas kemudian dikocok sampai homogen, sehingga didapatkan larutan dengan konsentrasi 1,0 ppm.

Dari larutan 1,0 ppm dipipet masing-masing sebanyak 2,0; 10,0; 20,0 masukkan ke dalam labu ukur 100,0 ml dan pipet 15,0; 20,0 ml masukkan ke dalam labu ukur 50,0 ml, kemudian diencerkan dengan  $\text{HNO}_3$  0,1 N sampai garis

batas, dan dikocok hingga homogen sehingga diperoleh larutan dengan konsentrasi 0,01; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; dan 0,6 ppm.

### 3.3.3 Validasi metode analisis

#### 3.3.3.1 Pembuatan kurva kalibrasi dan pengujian linearitas

Dibuat larutan standar timbal (0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 0,8; dan 1,0 ppm), tembaga (0,1; 0,5; 0,8; 1,0; 2,0; dan 3,0 ppm), dan kadmium (0,01; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; dan 0,6). Masing-masing diukur dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom. Data serapan yang didapat kemudian diplot ke dalam sebuah kurva kalibrasi. Hasil plot kemudian dihitung untuk didapatkan faktor-faktor kelinearan garis, yaitu  $r$  dan  $V_{xo}$ . Cara perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 1.

#### 3.3.3.2 Penentuan batas deteksi (LOD) dan batas kuantitasi (LOQ)

Batas deteksi (LOD) dan batas kuantitasi (LOQ) dapat dihitung dengan metode statistik dari hasil kurva kalibrasi yang didapat. Cara perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 2.

#### 3.3.3.3 Uji presisi dan uji akurasi

Cara kerja uji presisi dan uji akurasi dapat dilakukan melalui cara kerja yang sama. Hasil yang diperoleh dapat digunakan untuk menghitung presisi dan akurasi. Presisi dapat dilihat dengan menghitung koefisien variasi. Cara perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 3. Akurasi dinyatakan dengan uji perolehan kembali (UPK). Cara perolehan kembali yang digunakan adalah dengan metode adisi. Cara perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 4.

Pada uji perolehan kembali timbal, larutan yang akan diuji dibagi menjadi tiga kelompok. Ditimbang  $\pm 2,0$  gram sampel dan tambahkan 10,0 mL  $\text{HNO}_3$  65% dalam bejana TFM. Kemudian, tambahkan dengan standar sehingga diperoleh konsentrasi akhir 0,05; 0,1; dan 1,0 ppm. Larutan kelompok pertama ditambahkan 50  $\mu\text{L}$  dari larutan standar 10,00 ppm. Larutan kelompok kedua ditambahkan 500  $\mu\text{L}$  dari larutan standar 10,00 ppm. Larutan kelompok ketiga ditambahkan 1000

$\mu\text{L}$  dari larutan standar 10,00 ppm. Kemudian, lakukan destruksi menggunakan *microwave digestion* dengan suhu  $180^{\circ}\text{C}$  selama 25 menit. Dinginkan dan pindahkan ke dalam labu ukur 10,0 mL. Kemudian, tambahkan aqua bebas mineral sampai volume tanda batas. Saring larutan dan pindahkan ke dalam botol vial. Dibuat enam kali ulangan untuk masing-masing kelompok. Masing-masing larutan diukur dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom. Catat serapan yang diperoleh.

Pada uji perolehan kembali tembaga, larutan yang akan diuji dibagi menjadi tiga kelompok. Ditimbang  $\pm 2,0$  gram sampel dan tambahkan 10,0 mL  $\text{HNO}_3$  65% dalam bejana TFM. Kemudian, tambahkan dengan standar sehingga diperoleh konsentrasi akhir 0,1; 1,0; dan 3,0 ppm. Larutan kelompok pertama ditambahkan 100  $\mu\text{L}$  dari larutan standar 10,00 ppm. Larutan kelompok kedua ditambahkan 1000  $\mu\text{L}$  dari larutan standar 10,00 ppm. Larutan kelompok ketiga ditambahkan 3,0 ml dari larutan standar 10,00ppm. Kemudian, lakukan destruksi menggunakan *microwave digestion* dengan suhu  $180^{\circ}\text{C}$  selama 25 menit. Dinginkan dan pindahkan ke dalam labu ukur 10,0 mL. Kemudian, tambahkan aquadest bebas mineral sampai volume tanda batas. Saring larutan dan pindahkan ke dalam botol vial. Dibuat enam kali ulangan untuk masing-masing kelompok. Masing-masing larutan diukur dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom. Catat serapan yang diperoleh.

Pada uji perolehan kembali kadmium, larutan yang akan diuji dibagi menjadi tiga kelompok. Ditimbang  $\pm 2,0$  gram sampel dan tambahkan 10,0 mL  $\text{HNO}_3$  65% dalam bejana TFM. Kemudian, tambahkan dengan standar sehingga diperoleh konsentrasi akhir 0,01; 0,2; dan 0,6 ppm. Larutan kelompok pertama ditambahkan 10  $\mu\text{L}$  dari larutan standar 10,00 ppm. Larutan kelompok kedua ditambahkan 200  $\mu\text{L}$  dari larutan standar 10,00 ppm. Larutan kelompok ketiga ditambahkan 600  $\mu\text{L}$  dari larutan standar 10,00 ppm. Kemudian, lakukan destruksi menggunakan *microwave digestion* dengan suhu  $180^{\circ}\text{C}$  selama 25 menit. Dinginkan dan pindahkan ke dalam labu ukur 10,0 mL. Kemudian, tambahkan aquadest bebas mineral sampai volume tanda batas. Saring larutan dan pindahkan ke dalam botol vial. Dibuat enam kali ulangan untuk masing-masing kelompok.



Masing-masing larutan diukur dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom. Catat serapan yang diperoleh.

### 3.3.3 Penentuan Kadar Kadmium, Timbal, dan Tembaga dalam sampel

#### 3.3.3.1 Timbal

Pengukuran dimulai dengan pengukuran larutan standar yang telah dipersiapkan terlebih dahulu sehingga didapatkan kurva kalibrasi dari larutan standar 0,0488; 0,1046; 0,2052; 0,4845; 0,8029; dan 1,0040 ppm, kemudian dilanjutkan dengan pengukuran serapan sampel dan dimasukkan ke dalam persamaan kurva kalibrasi sehingga didapatkan kadarnya. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom. Ketentuan spektrofotometri serapan atom untuk timbal dapat dilihat pada tabel 3.2.

#### 3.3.3.2 Kadmium

Pengukuran dimulai dengan pengukuran larutan standar yang telah dipersiapkan terlebih dahulu sehingga didapatkan kurva kalibrasi dari larutan standar 0,0171; 0,1009; 0,1994; 0,3013; 0,4054; dan 0,5959 ppm, kemudian dilanjutkan dengan pengukuran serapan sampel dan dimasukkan ke dalam persamaan kurva kalibrasi sehingga didapatkan kadarnya. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom. Ketentuan spektrofotometer serapan atom untuk kadmium dapat dilihat pada tabel 3.2.

#### 3.3.3.3 Tembaga

Pengukuran dimulai dengan pengukuran larutan standar yang telah dipersiapkan terlebih dahulu sehingga didapatkan kurva kalibrasi dari larutan standar 0,0733; 0,4800; 0,8395; 1,0227; 1,9954; dan 2,9892 ppm kemudian dilanjutkan dengan pengukuran serapan sampel dan dimasukkan ke dalam persamaan kurva kalibrasi sehingga didapatkan kadarnya. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom. Ketentuan spektrofotometer serapan atom untuk tembaga dapat dilihat pada tabel 3.2.

## **BAB 4**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis dan menetapkan kadar cemaran timbal, tembaga, kadmium dalam batang dan daun pada selada, bayam merah, dan genjer serta mengetahui apakah kandungan logam berat dalam sampel layak atau tidak untuk dikonsumsi. Untuk menilai kelayakan tersebut mengacu pada batas aman (batas maksimum cemaran) logam berat pada makanan dan hasil olahan yang tercantum pada Standardisasi Nasional Indonesia (SNI) yang ditetapkan oleh Badan Standardisasi Nasional (BSN). Untuk keperluan penelitian ini diambil sampel yang diperoleh dari kebun sayur di Jalan Pramuka Jakarta Pusat dan jenis dari sampel tersebut sudah dicocokkan pada pustaka (Bloembergen, S., Eyma, P.J. & Steenis, C.G.G.J. 1975). Penetapan kadar cemaran timbal, tembaga, dan kadmium dalam sayuran dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom karena waktu pengerjaan yang cepat, sensitif, dan sangat spesifik untuk unsur yang akan dianalisis (Haris & Gunawan, 1992). Tahapan-tahapan yang dilakukan untuk menganalisis dan menetapkan kadar cemaran logam dalam sayuran dimulai dengan pembuatan larutan standar dan kurva kalibrasi; destruksi sampel; validasi metode; dan pengukuran konsentrasi logam di dalam sampel.

#### **4.1 Uji Pendahuluan**

##### **4.1.1 Penyiapan sampel**

Sampel yang dipakai dalam penelitian diambil dari kebun sayuran yang terletak di Jalan Pramuka Jakarta Pusat bertujuan agar sampel yang diperoleh dari petani dan dipasarkan secara langsung kepada masyarakat karena diduga adanya kontaminasi di kebun ini yang semakin meningkat. Sumber pencemar utama yaitu berasal dari asap kendaraan bermotor, pupuk TSP, dan penggunaan insektisida. Asap kendaraan bermotor yang mengandung tetra ethyl lead, penggunaan

insektisida Curacon yang mengandung tembaga (II) sulfat, serta pupuk TSP yang mengandung kadmium. Diasumsikan bahwa setiap sampel sayuran mendapatkan perlakuan yang sama pada saat ditanam.

Sampel dicuci bersih dengan menggunakan air dimaksudkan agar tanah dan debu yang melekat hilang lalu dipisahkan antara bagian batang dengan daun kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 80<sup>o</sup> C selama 4 jam. Setelah proses pengeringan selesai, sampel dijadikan serbuk dengan menggunakan blender.

#### 4.1.2 Destruksi Sampel

Dilakukan penimbangan pada sampel basah dan sampel kering sebelum didestruksi agar didapatkan persentase susut pengeringan. Perhitungan terhadap persentase susut pengeringan dilakukan agar didapatkan kadar logam dalam sampel basah. Batas kadar logam yang disyaratkan oleh Standar Nasional Indonesia merupakan kadar logam dalam sampel basah. Persentase susut pengeringan pada sampel batang dan daun genjer, selada, dan bayam merah berturut-turut adalah 93,44; 90,87; 95,84; 90,82; 87,67; 90,99 %. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.43.

Sampel kering dijadikan serbuk dengan menggunakan *blender* untuk memudahkan proses destruksi. Cara destruksi sampel adalah destruksi basah dengan menggunakan asam nitrat pekat dan dengan bantuan alat, yaitu *Microwave Digestion System* seperti pada Gambar 4.5. Tujuan dari proses destruksi ini adalah untuk menghancurkan materi organik dan mengubah sampel dari bentuk serbuk menjadi bentuk larutan sehingga dapat dianalisis dengan spektrofotometer serapan atom. Gambar spektrofotometer yang digunakan untuk analisis dapat dilihat pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4 untuk masing-masing unitnya.

Proses destruksi dilakukan dengan menimbang  $\pm 2,0$  gram serbuk kering dan dimasukkan ke dalam bejana destruksi, lalu ditambahkan 10 ml asam nitrat pekat, ditutup dengan *protection shield*, dan didestruksi pada suhu 180<sup>o</sup> C selama 25 menit. Gambar komponen bejana dalam *Microwave Digestion System* dapat dilihat pada Gambar 4.6. Hasil destruksi yang diperoleh berupa larutan berwarna kuning jernih. Larutan hasil destruksi ini kemudian disaring dengan kertas saring Whatman no. 41 dan diencerkan dengan aqua bebas mineral dalam labu ukur 10,0

ml. Destruksi sampel dilakukan sebanyak tiga kali ulangan. Contoh larutan hasil destruksi dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2.

#### 4.1.3 Pengukuran kadar sampel

Larutan sampel yang sudah didestruksi akan diukur kadar cemaran logam timbal, tembaga, dan kadmium dengan menggunakan spektrofotometri serapan atom dengan ketetapan masing-masing logam dapat dilihat pada tabel 3.2.

## 4.2 Pembuatan larutan standar

Dilakukan pengenceran menggunakan aquadest bebas mineral terhadap larutan standar timbal 1000 ppm, sehingga diperoleh tingkatan konsentrasi 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 0,8; dan 1,0 ppm. Dari larutan standar tembaga 1000 ppm, diperoleh konsentrasi larutan 0,1; 0,5; 0,8; 1,0; 2,0; dan 3,0 ppm. Dari larutan kadmium 1000 ppm, diperoleh konsentrasi larutan 0,01; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; dan 0,6 ppm.

Rentang konsentrasi dalam pembuatan kurva kalibrasi disesuaikan sedemikian rupa sehingga konsentrasi logam dalam sampel yang diteliti berada dalam rentang tersebut. Larutan standar yang digunakan dalam kurva kalibrasi dan validasi metode menggunakan larutan induk 1000 ppm.

## 4.3 Validasi metode analisis

### 4.3.1 Pembuatan kurva kalibrasi dan pengujian linearitas

Pembuatan kurva kalibrasi diawali dengan pembuatan larutan standar timbal, tembaga, dan kadmium. Untuk mendapatkan konsentrasi yang diinginkan, dilakukan pengenceran dari larutan standar masing-masing logam dengan teliti dan hati-hati untuk menghindari kesalahan dalam pengenceran.

Data serapan yang didapat untuk masing-masing logam kemudian diplot ke dalam sebuah kurva kalibrasi. Persamaan garis linier yang diperoleh untuk standar timbal adalah  $y = 0,00082671 + 0,017902x$  dengan koefisien korelasi ( $r$ ) adalah 0,9999. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada gambar 4.7 dan tabel 4.1. Persamaan garis linier yang diperoleh untuk standar tembaga adalah  $y = 0,031583$

+ 0,14630x dengan koefisien korelasi (r) adalah 0,9997. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada gambar 4.7 dan tabel 4.3. Persamaan garis linier yang diperoleh untuk standar kadmium adalah  $y = 0,5722x - 0,0021258$  dengan koefisien korelasi (r) adalah 0,9998. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada gambar 4.8 dan tabel 4.2.

Validasi metode analisis dilakukan bertujuan untuk memastikan dan mengkonfirmasi bahwa metode analisis tersebut sudah sesuai untuk peruntukannya. Pada penelitian ini dilakukan beberapa parameter validasi metode analisis. Parameter validasi yang pertama dilakukan adalah pembuatan kurva kalibrasi dan pengujian linearitas. Kurva kalibrasi dibuat dengan tujuan untuk mengetahui kelinieran antara konsentrasi analit dengan serapan yang dihasilkan. Linearitas merupakan kemampuan suatu metode untuk memperoleh hasil-hasil uji yang secara langsung proporsional dengan konsentrasi analit pada kisaran yang diberikan. Linearitas suatu metode merupakan ukuran seberapa baik kurva kalibrasi yang menghubungkan antara respon (y) dan konsentrasi (x) dengan persamaan  $y = a + bx$ . Hubungan linier yang ideal dicapai jika nilai  $b = 0$  dan  $r = +1$  atau  $r = -1$  bergantung pada arah garis. Sedangkan nilai a menunjukkan kepekaan analisis terutama instrumen yang digunakan (Harmita, 2006). Rentang konsentrasi larutan standar yang dipakai dalam pembuatan kurva kalibrasi, dibuat penulis sedemikian rupa sehingga konsentrasi timbal, kadmium, dan logam dalam sampel dapat terukur pada rentang konsentrasi larutan standar yang dibuat. Pada enam buah larutan standar timbal, tembaga, dan kadmium dihasilkan nilai r berturut-turut 0,9999; 0,9997; dan 0,9998. Nilai r menunjukkan hasil yang baik karena mendekati 1. Hal ini menginformasikan bahwa terdapat hubungan yang proporsional antara respon analitik (serapan) dengan konsentrasi yang diukur. Cara perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 1.

#### 4.3.2 Penentuan batas deteksi (LOD) dan batas kuantitasi (LOQ)

Batas deteksi (LOD) dan batas kuantitasi (LOQ) timbal berturut-turut yaitu 0,0118 ppm dan 0,0395 ppm. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.4. Batas deteksi (LOD) dan batas kuantitasi (LOQ) kadmium berturut-turut yaitu 0,009 dan 0,03 ppm. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.5. Batas

deteksi (LOD) dan batas kuantitasi (LOQ) tembaga berturut-turut yaitu 0,0265 dan 0,0866 ppm. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.6.

Dari kurva kalibrasi dapat pula ditentukan batas deteksi (LOD) dan batas kuantitas (LOQ) dengan perhitungan matematis. Batas deteksi (LOD) adalah jumlah terkecil analit dalam sampel yang dideteksi yang masih memberikan respon signifikan dibandingkan dengan blanko. Batas kuantisasi (LOQ) merupakan parameter pada analisis renik dan diartikan sebagai kuantiasi terkecil analit dalam sampel yang masih dapat memenuhi kriteria cermat dan seksama. Cara perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 2.

#### 4.3.3 Uji Presisi

Uji presisi ditentukan dengan nilai koefisien variasi. Koefisien variasi untuk timbal pada masing-masing sampel dengan penambahan konsentrasi 0,0488; 0,4845; 1,0040 ppm, memberikan hasil yang berada pada rentang 0,22-1,97%. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.7-4.12. Koefisien variasi tembaga pada masing-masing sampel dengan penambahan konsentrasi 0,0733; 1,0227; 2,9892 memberikan hasil yang berada pada rentang 0,24-0,98%. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.19-4.24. Koefisien variasi kadmium pada masing-masing sampel dengan penambahan konsentrasi 0,0171; 0,1994; 0,5959 ppm memberikan hasil yang berada pada rentang 0,22-1,91%. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.13-4.18.

Presisi merupakan ukuran yang menunjukkan derajat kesesuaian antara hasil uji individual, diukur melalui penebaran hasil individual dari rata-rata jika prosedur diterapkan secara berulang pada sampel-sampel yang diambil dari campuran yang homogen. Pada uji presisi, dilakukan analisis terhadap tiga rentang konsentrasi, yaitu konsentrasi rendah, konsentrasi sedang, dan konsentrasi tinggi yang mewakili rentang kalibrasi yang terdapat dalam kurva kalibrasi. Untuk masing-masing rentang konsentrasi dilakukan pengulangan enam kali.

Presisi diukur sebagai simpangan baku atau simpangan baku relatif (koefisien variasi). Berdasarkan hasil yang diperoleh, masing-masing logam pada seluruh sampel yang diteliti memberikan nilai koefisien variasi kurang dari 2%. Hal ini menginformasikan bahwa sistem operasional alat dan analisis memiliki

presisi yang baik terhadap metode dengan respon yang relatif konstan, sehingga hasil pengukuran memiliki nilai presisi yang memenuhi syarat yaitu kurang dari 2% untuk kadar yang kecil (ppm). Cara perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 3.

#### 4.3.4 Uji akurasi

Penentuan kecermatan atau akurasi ditentukan dengan uji perolehan kembali. Uji perolehan kembali untuk timbal pada masing-masing sampel dengan penambahan konsentrasi 0,0488; 0,4845; 1,0040 ppm, memberikan hasil yang berada pada rentang 70,56-109,22 %. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.25-4.30. Uji perolehan kembali tembaga pada masing-masing sampel dengan penambahan konsentrasi 0,0733; 1,0227; 2,9892 ppm memberikan hasil yang berada pada rentang 70,26-111,60%. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.37-4.42. Uji perolehan kembali kadmium pada masing-masing sampel dengan penambahan konsentrasi 0,0171; 0,1994; 0,5959 ppm memberikan hasil yang berada pada rentang 70,17-111,54%. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.31-4.36.

Pada uji akurasi, dilakukan analisis terhadap tiga rentang konsentrasi, yaitu konsentrasi rendah, konsentrasi sedang, dan konsentrasi tinggi yang mewakili rentang kalibrasi yang terdapat dalam kurva kalibrasi. Untuk masing-masing rentang konsentrasi dilakukan pengulangan enam kali.

Akurasi ditentukan dengan uji perolehan kembali (UPK) dengan metode adisi. UPK dengan metode adisi kurang akurat bila dibandingkan dengan metode absolut. Namun dalam penelitian kali ini tidak memungkinkan untuk melakukan UPK dengan metode absolut karena matriks timbal, kadmium, dan tembaga dalam seluruh sampel tidak diketahui dan tidak adanya blanko atau sampel genjer, selada, dan bayam merah plasebo yang tidak mengandung timbal, kadmium, dan tembaga sama sekali. Metode adisi merupakan metode penambahan standar dengan jumlah tertentu ke dalam sampel. Metode ini digunakan juga dalam uji presisi, namun dengan perhitungan parameter yang berbeda.

Untuk uji akurasi, serapan yang diperoleh kemudian dimasukkan ke dalam persamaan garis kurva kalibrasi dan didapatkan konsentrasi sampel yang

ditambahkan dengan standar. Hasil tersebut dikurangi dengan konsentrasi sampel yang tidak ditambahkan dengan standar. Selisih yang didapat dibandingkan dengan konsentrasi standar yang ditambahkan ke dalam sampel.

Hasil UPK untuk timbal, tembaga, dan kadmium memiliki nilai lebih kecil dari 70% dan lebih besar dari 110%. Hal ini dikarenakan konsentrasi standar sangat rendah, sehingga perbedaan serapan sedikit memberikan perbedaan hasil konsentrasi yang signifikan. Tetapi, hasil UPK tersebut masih dapat diterima karena semakin kecil jumlah analit dalam matriks, semakin besar rentang kesalahan yang diijinkan.

Hal ini dapat dilihat pada tabel 4.1. Cara perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 4. Faktor yang mungkin menyebabkan hasil UPK bernilai lebih kecil dari 70% dan lebih besar dari 110%, yaitu:

- 1) Pembilasan terhadap kertas saring Whatman No. 41 dan bejana destruksi tidak sempurna sehingga terdapat sisa hasil destruksi yang masih tertinggal.
- 2) Penambahan larutan standar yang tidak akurat
- 3) Penimbangan sampel yang kurang saksama
- 4) Kesalahan dalam mencukupkan volume sampel yang telah didestruksi dalam labu ukur sehingga menghasilkan konsentrasi dan absorbansi yang berbeda.

#### **4.4 Penentuan kadar timbal, kadmium, dan tembaga dalam sampel**

Rata-rata kadar timbal dalam batang dan daun genjer, selada, dan bayam merah dalam sampel yang diteliti berturut-turut adalah  $0,63 \pm 0,03$ ;  $0,12 \pm 0,05$ ;  $0,15 \pm 0,01$ ;  $0,34 \pm 0,01$ ;  $0,29 \pm 0,01$ ;  $0,22 \pm 0,01$  mg/kg. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.44 dan 4.45.

Rata-rata kadar tembaga dalam batang dan daun genjer, selada, dan bayam merah dalam sampel yang diteliti berturut-turut adalah  $0,35 \pm 0,005$ ;  $0,56 \pm 0,005$ ;  $0,17 \pm 0,01$ ;  $0,38 \pm 0,005$ ;  $0,55 \pm 0,005$ ;  $0,43 \pm 0,005$  mg/kg. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.48 dan 4.49.

Rata-rata kadar kadmium dalam batang dan daun genjer, selada, dan bayam merah dalam sampel yang diteliti berturut-turut adalah  $0,006 \pm 0,001$ ;



0,006±0,001; 0,003±0,001; 0,007±0,001; 0,009±0,001; 0,001±0,006 mg/kg. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.46 dan 4.47.

Penentuan kadar timbal, kadmium, dan tembaga pada masing-masing sampel dilakukan tiga kali ulangan. Timbal, kadmium, dan tembaga terdeteksi pada seluruh sampel yang diteliti. Kadar timbal, kadmium, dan tembaga dalam sampel masih dalam batas aman untuk dikonsumsi oleh masyarakat. Kadar yang disyaratkan Standar Nasional Indonesia yaitu sebesar berturut-turut 0,5mg/kg, 0,2mg/kg, dan 5,0mg/kg, tetapi untuk cemaran timbal pada batang genjer memiliki kadar 0,063±0,03 melewati batas aman yang disyaratkan oleh Standar Nasional Indonesia 7387-2009 sebesar 0,5mg/kg. Hal ini dikarenakan genjer merupakan salah satu tanaman air yang berfungsi sebagai penjerap logam berat yang dapat mencemari air (Arman, B dan Nisma, F, 2008).

Terdeteksinya timbal dan kadmium di dalam sayuran dikatakan sebagai kontaminasi makanan karena timbal dan kadmium merupakan logam yang berbahaya bagi tubuh. Adanya cemaran logam timbal pada sayuran dapat terjadi pencemaran tanah oleh kendaraan bermotor juga akibat penggunaan alat-alat pertanian yang berbahan logam sehingga dapat terjadi migrasi timbal ke sayur, sedangkan adanya cemaran kadmium mungkin disebabkan oleh penggunaan pupuk fosfat yaitu TSP yang dapat mencemari tanah.

Berbeda dengan timbal dan kadmium, tembaga merupakan logam yang cukup dibutuhkan dalam tubuh dalam kadar tertentu, tetapi jika kadarnya di atas batas yang ditentukan, tembaga dapat dinyatakan cemaran juga. Cemaran tembaga pada sampel sayuran mungkin disebabkan penggunaan insektisida Curacon tetapi kadar cemaran yang diperoleh tidak melewati batas aman.

## BAB 5

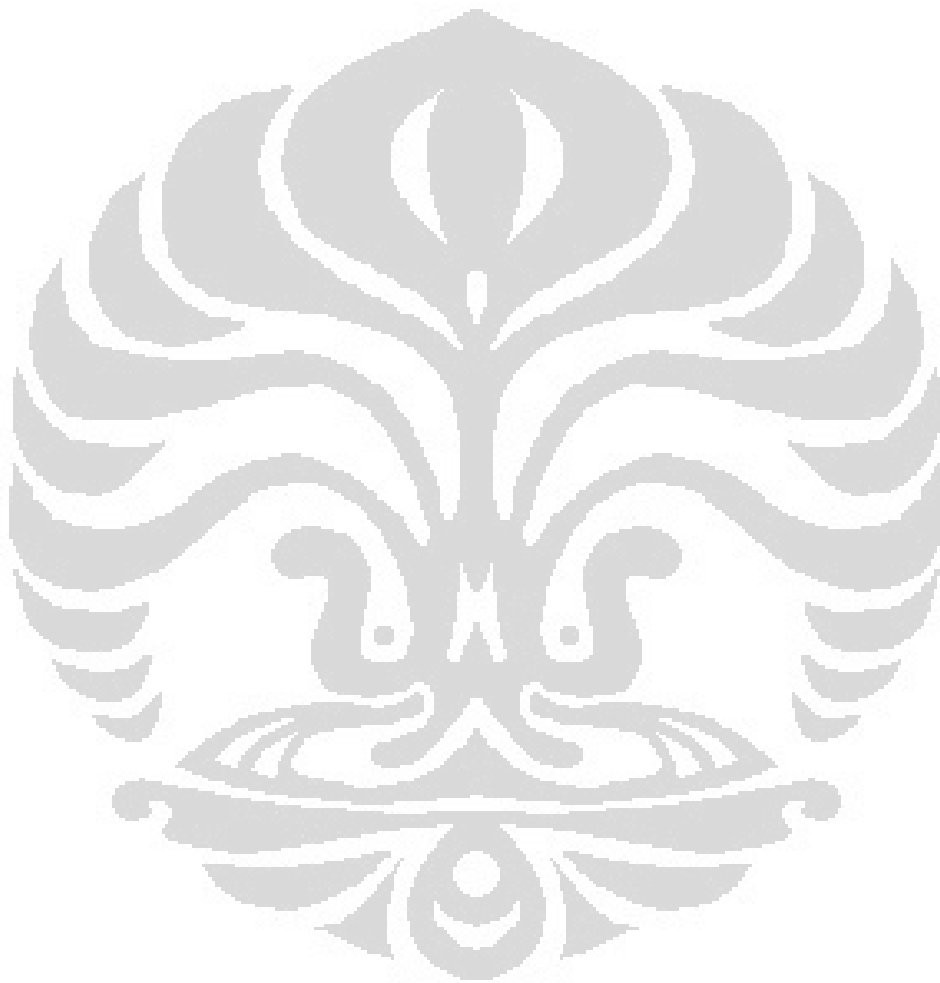
### KESIMPULAN

#### 5.1 KESIMPULAN

- 1) Cemaran timbal, kadmium, dan tembaga terdeteksi pada seluruh bagian sampel yang dianalisis, yaitu daun dan batang selada, bayam merah, serta genjer. Kadar rata-rata cemaran tembaga untuk daun dan batang selada, bayam merah dan genjer yang dianalisis berturut-turut adalah  $0,38 \pm 0,005 \text{ mg/kg}$  dan  $0,17 \pm 0,01 \text{ mg/kg}$ ;  $0,43 \pm 0,005 \text{ mg/kg}$  dan  $0,55 \pm 0,005 \text{ mg/kg}$ ;  $0,56 \pm 0,005 \text{ mg/kg}$  dan  $0,35 \pm 0,005 \text{ mg/kg}$ . Kadar rata-rata cemaran kadmium untuk daun dan batang selada, bayam merah dan genjer yang dianalisis berturut-turut adalah  $0,007 \pm 0,001 \text{ mg/kg}$  dan  $0,003 \pm 0,001 \text{ mg/kg}$ ;  $0,006 \pm 0,001 \text{ mg/kg}$  dan  $0,009 \pm 0,001 \text{ mg/kg}$ ;  $0,006 \pm 0,001 \text{ mg/kg}$  dan  $0,006 \pm 0,001 \text{ mg/kg}$ . Kadar rata-rata cemaran timbal untuk daun dan batang selada, bayam merah serta daun genjer yang dianalisis berturut-turut adalah  $0,34 \pm 0,01 \text{ mg/kg}$  dan  $0,15 \pm 0,01 \text{ mg/kg}$ ;  $0,22 \pm 0,01 \text{ mg/kg}$  dan  $0,29 \pm 0,01 \text{ mg/kg}$ ;  $0,12 \pm 0,05 \text{ mg/kg}$ .
- 2) Kadar rata-rata cemaran timbal untuk batang genjer ialah  $0,63 \pm 0,03 \text{ mg/kg}$  melewati batas aman yang disyaratkan oleh Standar Nasional Indonesia 7387-2009 yaitu  $0,5 \text{ mg/kg}$ . Besarnya kadar rata-rata cemaran ini disebabkan karena tanaman genjer batang berpori yang berfungsi sebagai penjerap cemaran dalam air, sehingga air terbebas dari cemaran logam berat.
- 3) Kadar timbal, tembaga, dan kadmium dalam daun dan batang selada, bayam merah serta daun genjer yang diteliti masih dalam batas aman untuk dikonsumsi oleh masyarakat. Kadar yang disyaratkan Standar Nasional Indonesia 7387-2009 yaitu sebesar berturut-turut  $0,5 \text{ mg/kg}$ ,  $0,2 \text{ mg/kg}$ , dan  $5,0 \text{ mg/kg}$ .

## 5.2 Saran

- 1) Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap cemaran logam berat pada sayuran yang sama di lokasi tanam yang berbeda dan dilakukan perbandingan dengan sayuran organik.



## DAFTAR ACUAN

- Abdulrahman, F.I., Akan, J.C., Dimari, G.A., & Ogugbuaja, V.O. (2008). Physicochemical Determination of Pollutants in Waste Water and Vegetables Samples Along the Jakara Waste Water Channelin, Nigeria. *ISSN 1450-216X Vol.23(1) pp.122-133*. January 12, 2012. <http://www.eurojournals.com/ejsr.htm>
- Achmad, R. (2004). *Kimia Lingkungan*. Yogyakarta: Andi.
- Almatsier, S. (2004). *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Anderson, K. (1999). *Analytical Techniques for Inorganic Contaminants*. Gaithersburg : AOAC International. 79 – 83.
- Arman, B., & Nisma, F. (2008). *Seleksi Beberapa Tumbuhan Air Sebagai Penyerap Logam Berat Cd, Pb dan Cu Di Kolam Buatan FMIPA UHAMKA*. Jakarta: Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka.
- Badan Standardisasi Nasional. (1998). SNI 01-2896-1998. *Cara Uji Cemaran Logam Dalam Makanan*. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2009). SNI 7387-2009. *Batas Maksimum Cemaran Logam Berat Dalam Pangan*. Jakarta: BSN.
- Blasvhe G., & Roth H.J. (1988). *Analisis Farmasi*. Diterjemahkan oleh Kisman S, Ibrahim S. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press. 367-9.
- Bloembergen, S., Eyma, P.J., & Steenis, C.G.G.J. (1975). *Flora Untuk Sekolah di Indonesia*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita. Hal: 106.
- Burgess, C. (2000). *Valid Analytical Methods and Procedures*. UK: *The Royal Society of Chemistry*.
- Cahyadi, B. (2009). *Studi Tentang Kesensitifan Spektrofotometer Serapan Atom*
- Cantle, J. (1982). *Atomic Absorption Spectrometry*. Vol. 5. Netherland: Elsevier
- Charlena. (2004). *Pencemaran Logam Berat Timbal(Pb) dan Kadmium(Cd) Pada Sayur-sayuran*. Falsafah Sains (PSL 702) Program Pascasarjana/S3/Institut Pertanian Bogor.
- Christian., G. D. (1994). *Analytical Methods for Atomic Absorption Spectroscopy*. United State of America : The Perkin-Elmer Corporation.

- Dahuri, R. (1996). *Pengelolaan Sumber Daya Wilayah Pesisir dan Lautan secara Terpadu*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Darmono. (1995). *Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Jakarta: UI-PRESS.
- Day, R.A.Jr., & Underwood, A.L. (1986). *Analisis Kimia Kuantitatif Edisi Kelima*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Denney, R.C., Basset, J., Jeffrey, G.H., & Mendham, J. (1989). *Vogel's Textbook of Quantitative Chemical Analysis Fifth Edition*. England: Longman Scientific & Technical.
- Ebdon, L. (1998). *An Introduction to Analytical Atomic Spectrometry*. UK: University of Plymouth.
- Faizin, A. (2006). *Efektivitas Tanaman Sansevieratri fisciata "Golden Hahnii" sebagai Tanaman Penyerap Logam Berat Timbal (Pb)*. Jimbaran – Bali : Universitas Udayana Bali.
- Fifield, F. W., & Kealey, D. (2000). *Principles and Practice of Analytical Chemistry*. London: University of Kingston.
- Fitriany, D. (2003). *Kemampuan Genjer, Kangkung Air, dan Selada Air Untuk Menurunkan Konsentrasi Logam Timbal (Pb) Di Dalam Air*. Bogor: Jurusan Kimia FMIPA Institut Pertanian Bogor.
- Funmilayo, D.V., & Kudirat, L.M. (January 24, 2011). Heavy Metal levels in Vegetables from selected market in Lagos, Nigeria. *African Journal of Food Science and Technology (ISSN: 2141-5455) Vol. 2(1) pp. 018-021*. January 12, 2011. <http://www.intersjournals.org/ajfst>
- Ganiswara, G.(1995). *Farmakologi dan Terapi ed. 4*. Jakarta: Bagian Farmakologi Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia.
- Ganjar, I.G., & Rohman, A.(2007). *Kimia Farmasi Analisis*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Hanson, M.W.(1973). *Official Standardized and Recomenanded Methodes of Analysis. Second Edition*. London: Heffers Plinters.
- Haris, A. (1992). *Prinsip Dasar Spektrofotometri Atom*. Semarang : Badan Pengelola MIPA-UNDIP.

- Harmita., (2004). *Petunjuk Pelaksanaan Validasi Metode Dan Cara Perhitungannya*. Depok: Departemen Farmasi FMIPA UI.
- Harmita., (2006). *Buku Ajar Analisis Fisikokimia*. Depok: Departemen Farmasi
- Hartati, P., Inge, I., & Kohar, I. (2005). *Studi Kandungan Logam Pb Dalam Tanaman Kangkung Umur 3 Dan 6 Minggu Yang Ditanam Di Media Yang Mengandung Pb*. Makara Sains. 9: 56-59
- Haryanto, E. (2003). *Sawi dan Selada (edisi revisi)*. Depok: Penebar Swadaya, 8-24.
- Herawati, T. (1997). *Akumulasi Logam Kadmium (Cd) Pada Tanaman Eceng Gondok (Eichornia crassipes)*. Bogor: Jurusan Kimia Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor.
- Kementrian Kesehatan Republik Indonesia. (1998). *Kumpulan Peraturan Perundang-undangan di Bidang Makanan dan Minuman*. Jakarta : Direktorat Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan.
- Khopkar, S.M. (2007). *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Diterjemahkan oleh A. Saptorahardjo. Jakarta: UI-Press.
- Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. (2004). *Tanaman Air Kebun Raya Bogor*. Volume I No.5. Bogor: Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Milestone. (2005). *Digestion Application Note DG-FO-62*. Milestone Microwave Laboratory Sistem.
- Palar, H. (1994). *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Pears, P. (2005). *HDRA Encyclopedia of Organic Gardening*. London: Dorling Kindersley.
- Raimon. (1993). Perbandingan metoda destruksi basah dan kering secara spektrofotometri serapan atom. *Pros. Lok. Nas. Spektrofotometri Serapan Atom*.
- Roechan, S. (1982). *Peranan Kadmium dalam Sistem Tanah-Tanaman pada Padi-padian*. Risalah Hasil Penelitian Tanaman Pangan 1, Balai Penelitian Tanaman Pangan, Bogor.
- Rukmana, R. (2005). *Bayam, Bertanam dan Pengolahan Pasca Panen*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius. Hal:10-15.

- Saeni, M.S., & Wuryandari, H.R. (2010). *Pencemaran Pb, Cd, dan Cu dalam kangkung, Bayam, Air Terhadap Pencemaran Rambut di Kotamadya Bogor*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Santi, N.D. (2001). *Pencemaran Udara Oleh Timbal (Pb) Serta Penanggulangannya*. Fakultas Kedokteran Sumatera Utara. Medan.
- Setyawan, A. (2004). Pencemaran Logam Berat Fe, Cd, Cr, dan Pb pada Lingkungan Mangrove di propinsi Jawa Tengah. *ISSN: 1411-4402. Enviro.*, Vol. 4(2), 45-49.
- Syahri, B. (1997). *Kandungan Kadmium Dalam Sayuran Hasil Budidaya Pada Kompos TPA Limbah Padat*. Program Pascasarjana Studi Ilmu Lingkungan. Jakarta : Universitas Indonesia.
- Widowati, W. (2006). *Penanggulangan Pencemaran dan Toksisitas Kadmium*. Pemberitaan Ilmiah Percikan. Ikatan Keluarga Besar Universitas Jambi. Volume 64 Edisi April 2006, hal 61-70, ISSN : 0854-8986.
- Williams, B.L., & Wilson, K. (1975). *Principles And Techniques Of Practical Biochemistry*. London : Edward Arnold
- Yutiasari, E. (2009). *Analisis Arsen, Tembaga, dan Timbal Dalam Daun, Batang Bayam Hijau (Amaranthus hybridus Linn) dan Kangkung Darat (Ipomoes reptana Poir) Dengan Spektrofotometer Serapan Atom*. Depok: Departemen Farmasi FMIPA Universitas Indonesia.

The image features a large, light gray watermark of the Universitas Indonesia logo in the background. The logo is a stylized, symmetrical emblem with a central vertical axis, resembling a traditional Indonesian motif. Overlaid on this watermark is the word "GAMBAR" in a large, bold, black, serif font, centered horizontally.

# GAMBAR





**Gambar 4. 1** Hasil Destruksi Daun Selada, Bayam Merah, dan Genjer



**Gambar 4. 2** Hasil Destruksi Batang Selada, Bayam Merah, dan Genjer



**Gambar 4. 3** Spektrofotometer Serapan Atom (Shimadzu AA 6300)



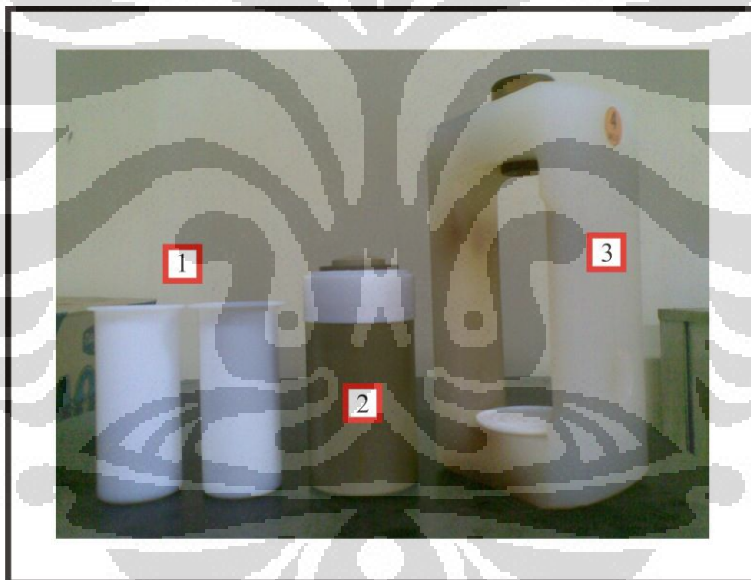
Keterangan :

- |                         |                                  |
|-------------------------|----------------------------------|
| 1. <i>Burner head</i>   | 5. <i>Drain sensor</i>           |
| 2. <i>Nebulizer</i>     | 6. <i>Saluran masuk sampel</i>   |
| 3. <i>Spray chamber</i> | 7. <i>Saluran tempat buangan</i> |
| 4. <i>Drain tank</i>    | 8. <i>Flame monitor</i>          |

**Gambar 4. 4** Unit-unit Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

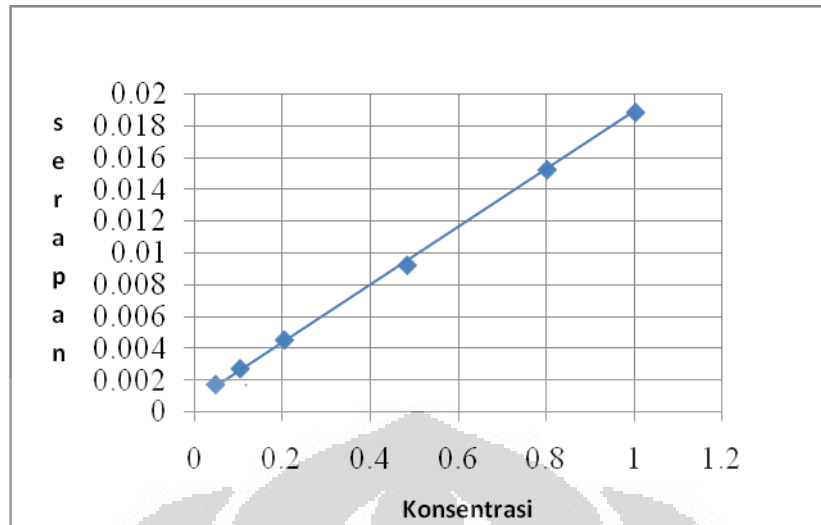


**Gambar 4. 5** *Microwave Digestion*



- Keterangan :
1. Bejana destruksi
  2. *Protection shield*
  3. *Segment*

**Gambar 4. 6** Komponen Bejana dalam *Microwave Digestion System*

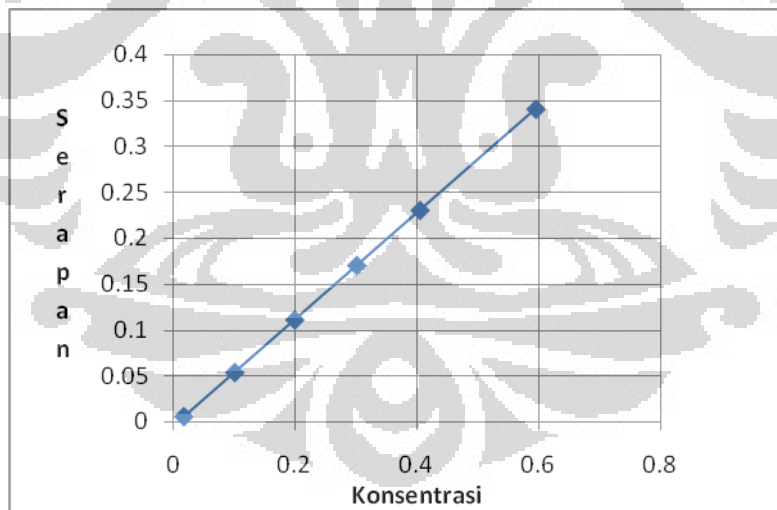


Keterangan :

$$y = 0,00082671 + 0,017902x$$

$$r = 0,9999$$

**Gambar 4.7** Kurva kalibrasi standar timbal

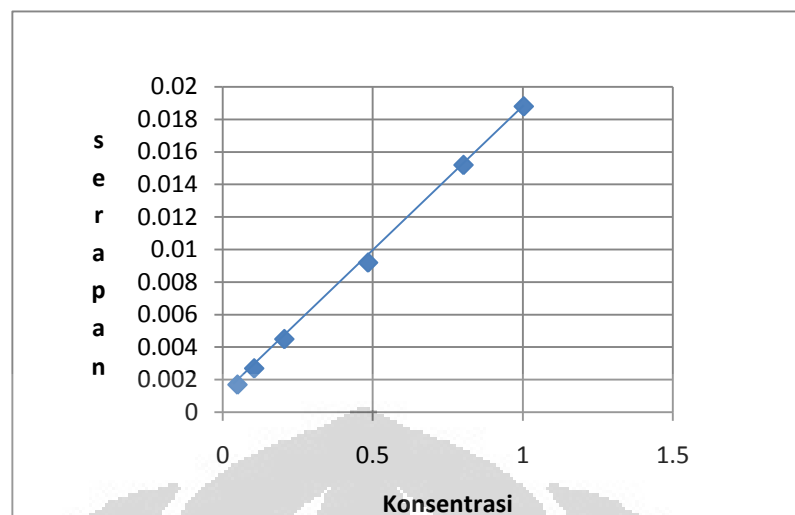


Keterangan :

$$y = 0,5722x - 0,0021258$$

$$r = 0,9998$$

**Gambar 4.8** Kurva kalibrasi standar kadmium

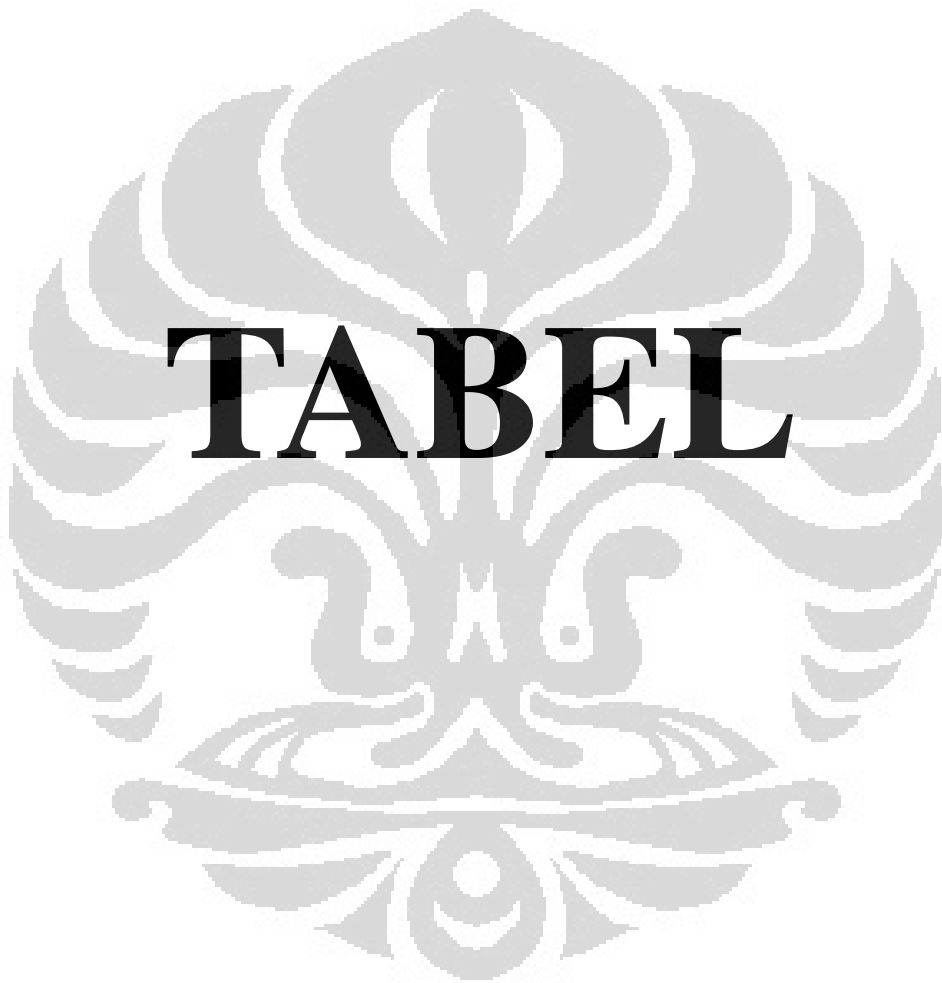


Keterangan :

$$y = 0,031583 + 0,14630x$$

$$r = 0,9997$$

**Gambar 4. 9** Kurva kalibrasi standar tembaga



**Tabel 3.1** Rentang kesalahan yang diizinkan pada setiap konsentrasi analit pada matriks

Analit pada matriks sampel (%)	Rata-rata yang diperoleh (%)
100	98-102
>10	98-102
>1	97-103
>0,1	95-105
0,01	90-107
0,001	80-107
0,0001 (1 ppm)	70-110
0,00001 (100 ppb)	60-110
0,000001 (10 ppb)	50-115
0,0000001 (1 ppb)	40-120

**Tabel 3.2** Ketentuan spektrofotometer serapan atom untuk timbal

	Timbal	Tembaga	Kadmium
Panjang Gelombang	283,3 nm	328,4 nm	228,8 nm
Gas pembakar-Oksidan	Asetilen-Udara	Asetilen-Udara	Asetilen-Udara
Kecepatan aliran Asetilen	2,0 L/menit	1,8 L/menit	1,8 L/menit
Kecepatan aliran Oksidan	15,0 L/menit	15,0 L/menit	15,0 L/menit
Tinggi burner	7 mm	7 mm	7 mm



**Tabel 4. 1** Data serapan timbal

Konsentrasi (ppm)	Serapan
0,05	0,0017
0,10	0,0027
0,20	0,0045
0,50	0,0095
0,80	0,0152
1,00	0,0188

Keterangan :

$$y = 0,0008 + 0,0179x$$

$$r = 0,9999$$

**Tabel 4. 2** Data serapan kadmium

Konsentrasi (ppm)	Serapan
0,01	0,0171
0,10	0,0532
0,20	0,1105
0,30	0,1698
0,40	0,2298
0,60	0,3400

Keterangan :

$$y = 0,5722x - 0,0021$$

$$r = 0,9998$$

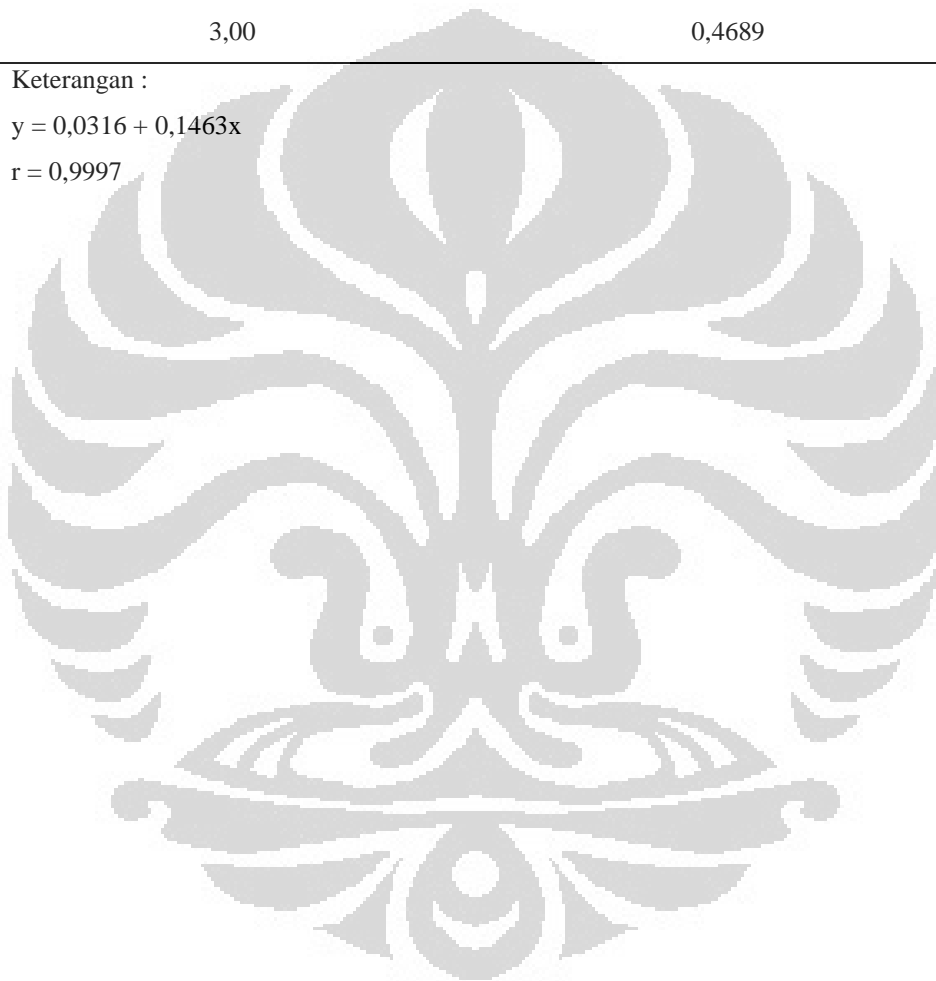
**Tabel 4. 3** Data serapan tembaga

Konsentrasi (ppm)	Serapan
0,10	0,0423
0,50	0,1018
0,80	0,1544
1,00	0,1812
2,00	0,3235
3,00	0,4689

Keterangan :

$$y = 0,0316 + 0,1463x$$

$$r = 0,9997$$



**Tabel 4. 4** Hasil penentuan batas deteksi (LOD) dan batas kuantitasi (LOQ) timbal

Konsentrasi (ppm)	Serapan	$y_i$	$(y-y_i)^2$	$\Delta y/\Delta x$
0,0488	0,0017	$1,7004 \times 10^{-3}$	$1,6 \times 10^{-13}$	
0,1046	0,0027	$2,6993 \times 10^{-3}$	$4,9 \times 10^{-13}$	0,0179
0,2052	0,0045	$4,5002 \times 10^{-3}$	$4,0 \times 10^{-14}$	0,0178
0,4845	0,0095	$9,5002 \times 10^{-3}$	$4,0 \times 10^{-14}$	0,0179
0,8029	0,0152	$1,5300 \times 10^{-2}$	$1,0 \times 10^{-8}$	0,0179
1,0040	0,0188	$1,8900 \times 10^{-2}$	$1,0 \times 10^{-8}$	0,0179
Jumlah			$2,0 \times 10^{-8}$	

Keterangan:

$$S(y/x) = 7,0711 \times 10^{-5}$$

$$V_{x0} = 1,43\%$$

$$\text{Batas deteksi (LOD)} = 0,0118 \text{ ppm}$$

$$\text{Batas kuantitasi (LOQ)} = 0,0395 \text{ ppm}$$

**Tabel 4. 5** Hasil penentuan batas deteksi (LOD) dan batas kuantitasi (LOQ) kadmium

Konsentrasi (ppm)	Serapan	$y_i$	$(y-y_i)^2$	$\Delta y/\Delta x$
0,0171	0,0171	0,0076	$5,2900 \times 10^{-5}$	
0,1009	0,0532	0,0556	$5,7600 \times 10^{-6}$	0,4307
0,1994	0,1105	0,1119	$1,9600 \times 10^{-6}$	0,5817
0,3013	0,1698	0,1702	$1,6000 \times 10^{-7}$	0,5819
0,4054	0,2298	0,2298	0	0,5763
0,5959	0,3400	0,3388	$1,4400 \times 10^{-6}$	0,5784
Jumlah			$1,4600 \times 10^{-5}$	

Keterangan:

$$S(y/x) = 1,9412 \times 10^{-3}$$

$$V_{x0} = 1,24 \%$$

$$\text{Batas deteksi (LOD)} = 0,0090 \text{ ppm}$$

$$\text{Batas kuantitasi (LOQ)} = 0,0300 \text{ ppm}$$

**Tabel 4. 6** Hasil penetapan batas deteksi (LOD) dan batas kuantitasi (LOQ) tembaga

Konsentrasi (ppm)	Serapan	$y_i$	$(y-y_i)^2$	$\Delta y/\Delta x$
0,0733	0,0423	$9,4838 \times 10^{-3}$	$2,6244 \times 10^{10}$	
0,4800	0,1018	$1,7897 \times 10^{-2}$	$4,8268 \times 10^{-6}$	0,1440
0,8395	0,1544	$3,6176 \times 10^{-2}$	$5,7633 \times 10^{10}$	0,1463
1,0227	0,1812	$5,6292 \times 10^{-2}$	$6,475 \times 10^{-11}$	0,1462
1,9954	0,3235	$1,1407 \times 10^{-1}$	$9,0012 \times 10^{10}$	0,1462
2,9892	0,4689	$3,9507 \times 10^{-1}$	$4,2689 \times 10^{-6}$	0,1463
Jumlah			$9,1135 \times 10^{-6}$	
Keterangan:				
$S(y/x)$	$= 1,5094 \times 10^{-3}$			
$V_{x0}$	$= 0,84\%$			
Batas deteksi (LOD)	$= 0,0309$ ppm			
Batas kuantitasi (LOQ)	$= 0,1030$ ppm			

**Tabel 4. 7** Hasil uji presisi timbal pada batang Genjer

Konsentrasi (ppm)	Konsentrasi sampel (ppm)	Serapan	Konsentrasi Pengukuran (ppm)	Konsentrasi [pengukuran – sampel] (ppm)	$\bar{x}$ (ppm)	SD	KV (%)
0,0488	0,1382	0,0042	0,1894	0,0512	0,1875	0,0029	1,59
		0,0042	0,1894	0,0512			
		0,0041	0,1836	0,0454			
		0,0042	0,1894	0,0512			
		0,0041	0,1836	0,0454			
		0,0042	0,1894	0,0512			
0,4845		0,0121	0,6318	0,4936	0,6258	0,0115	1,78
		0,0121	0,6285	0,4903			
		0,0121	0,6285	0,4903			
		0,0123	0,6409	0,5027			
		0,0118	0,6127	0,4745			
		0,0118	0,6127	0,4745			
1,0040		0,0208	1,1145	0,9763	1,1169	0,0025	0,22
		0,0208	1,1145	0,9763			
		0,0208	1,1148	0,9766			
		0,0208	1,1183	0,9801			
		0,0209	1,1197	0,9815			
		0,0229	1,1197	0,9815			

**Tabel 4. 8** Hasil uji presisi timbal pada daun Genjer

Konsentrasi (ppm)	Konsentrasi sampel (ppm)	Serapan	Konsentrasi Pengukuran (ppm)	Konsentrasi [pengukuran – sampel] (ppm)	$\bar{x}$ (ppm)	SD	KV (%)
0,0488	0,1549	0,0044	0,1996	0,0447	0,2018	0,0026	1,28
		0,0044	0,1983	0,0434			
		0,0045	0,2024	0,0475			
		0,0044	0,2015	0,0466			
		0,0045	0,2038	0,0489			
		0,0045	0,2053	0,0504			
0,4845		0,0122	0,6349	0,4800	0,6375	0,0058	0,91
		0,0122	0,6336	0,4787			
		0,0122	0,6336	0,4787			
		0,0123	0,6401	0,4852			
		0,0124	0,6482	0,4933			
		0,0122	0,6349	0,4800			
1,0040		0,0214	1,1475	0,9926	1,1420	0,0067	0,59
		0,0211	1,1334	0,9785			
		0,0211	1,1334	0,9785			
		0,0213	1,1452	0,9903			
		0,0214	1,1475	0,9926			
		0,0213	1,1452	0,9903			

**Tabel 4. 9** Hasil uji presisi timbal pada batang Selada

Konsentrasi (ppm)	Konsentrasi sampel (ppm)	Serapan	Konsentrasi Pengukuran (ppm)	Konsentrasi [pengukuran – sampel] (ppm)	$\bar{x}$ (ppm)	SD	KV (%)
0,0488	0,7430	0,0149	0,7870	0,0440	0,7902	0,0029	0,37
		0,0150	0,7912	0,0482			
		0,0150	0,7936	0,0506			
		0,0149	0,7870	0,0440			
		0,0150	0,7892	0,0462			
		0,0150	0,7933	0,0503			
0,4845		0,0232	1,2497	0,5067	1,2312	0,0152	1,24
		0,0229	1,2350	0,4920			
		0,0226	1,2136	0,4706			
		0,0227	1,2207	0,4777			
		0,0227	1,2207	0,4777			
		0,0232	1,2477	0,5047			
1,0040		0,0317	1,7222	0,9792	1,7387	0,0302	1,74
		0,0318	1,7274	0,9844			
		0,0313	1,7014	0,9584			
		0,0328	1,7846	1,0416			
		0,0324	1,7638	1,0208			
		0,0318	1,7326	0,9896			

**Tabel 4. 10** Hasil uji presisi timbal pada daun Selada

Konsentrasi (ppm)	Konsentrasi sampel (ppm)	Serapan	Konsentrasi Pengukuran (ppm)	Konsentrasi [pengukuran – sampel] (ppm)	$\bar{x}$ (ppm)	SD	KV (%)
0,0488	0,7654	0,0152	0,8013	0,0359	0,8063	0,0069	0,86
		0,0154	0,8157	0,0503			
		0,0151	0,7997	0,0343			
		0,0151	0,7997	0,0343			
		0,0153	0,8112	0,0458			
		0,0153	0,8104	0,0450			
0,4845		0,0235	1,2654	0,5000	1,2543	0,0247	1,97
		0,0209	1,1226	0,4572			
		0,0236	1,2703	0,5049			
		0,0227	1,2226	0,4572			
		0,0236	1,2703	0,5049			
		0,0236	1,2747	0,5093			
1,0040		0,0331	1,8035	1,0381	1,8071	0,0092	0,51
		0,0330	1,7996	1,0342			
		0,0333	1,8142	1,0488			
		0,0331	1,8035	0,9593			
		0,0330	1,7996	0,9336			
		0,0335	1,8224	1,0570			

**Tabel 4. 11** Hasil uji presisi timbal pada batang Bayam Merah

Konsentrasi (ppm)	Konsentrasi sampel (ppm)	Serapan	Konsentrasi Pengukuran (ppm)	Konsentrasi [pengukuran – sampel] (ppm)	$\bar{x}$ (ppm)	SD	KV (%)
0,0488	0,4789	0,0103	0,5297	0,0508	0,5253	0,0039	0,76
		0,0101	0,5188	0,0398			
		0,0102	0,5263	0,0472			
		0,0103	0,5284	0,0492			
		0,0102	0,5263	0,0470			
		0,0102	0,5227	0,0433			
0,4845		0,0181	0,9645	0,4856	0,9682	0,0119	1,23
		0,0180	0,9572	0,4783			
		0,0184	0,9831	0,5040			
		0,0184	0,9831	0,4853			
		0,0181	0,9645	0,4779			
		0,0180	0,9572	0,4783			
1,0040		0,0280	1,5193	1,0404	1,5021	0,0143	0,95
		0,0273	1,4806	1,0016			
		0,0276	1,4973	1,0184			
		0,0277	1,5012	1,0220			
		0,0276	1,4973	1,0180			
		0,0280	1,5169	1,0375			

**Tabel 4. 12** Hasil uji presisi timbal pada daun Bayam Merah

Konsentrasi (ppm)	Konsentrasi sampel (ppm)	Serapan	Konsentrasi Pengukuran (ppm)	Konsentrasi [pengukuran – sampel] (ppm)	$\bar{x}$ (ppm)	SD	KV (%)
0,0488	0,5292	0,0111	0,5729	0,0437	0,5753	0,0054	0,95
		0,0110	0,5701	0,0408			
		0,0112	0,5806	0,0512			
		0,0113	0,5825	0,0530			
		0,0110	0,5694	0,0398			
		0,0111	0,5763	0,0466			
0,4845		0,0191	1,0194	0,4902	1,0238	0,8269	0,81
		0,0193	1,0293	0,5000			
		0,0192	1,0284	0,4990			
		0,0192	1,0266	0,4971			
		0,0192	1,0258	0,4962			
		0,0191	1,0188	0,4891			
1,0040		0,0289	1,5697	1,0405	1,5738	0,0235	1,49
		0,0295	1,6012	1,0719			
		0,0294	1,5980	1,0686			
		0,0291	1,5785	1,0490			
		0,0285	1,5436	1,0140			
		0,0286	1,5521	1,0224			



**Tabel 4. 13** Hasil uji presisi kadmium pada batang Genjer

Konsentrasi (ppm)	Konsentrasi sampel (ppm)	Serapan	Konsentrasi Pengukuran (ppm)	Konsentrasi [pengukuran – sampel] (ppm)	$\bar{x}$ (ppm)	SD	KV (%)
0,0171	0,0198	0,0165	0,0326	0,0128	0,0321	0,0005	1,43
		0,0161	0,0318	0,0120			
		0,0162	0,0321	0,0123			
		0,0158	0,0313	0,0115			
		0,0164	0,0323	0,0125			
0,1994		0,0164	0,0323	0,0125	0,2194	0,0042	1,91
		0,1250	0,2221	0,2023			
		0,1244	0,2211	0,2013			
		0,1260	0,2239	0,2041			
		0,1200	0,2134	0,1936			
0,5959		0,1209	0,2150	0,1952	0,6170	0,0061	0,98
		0,0672	0,1211	0,2013			
		0,3426	0,6124	0,5926			
		0,3454	0,6174	0,5976			
		0,3966	0,6269	0,6071			
		0,4832	0,6182	0,5984			
		0,4551	0,6090	0,5892			
		0,3631	0,6182	0,5984			

**Tabel 4. 14** Hasil uji presisi kadmium pada daun Genjer

Konsentrasi (ppm)	Konsentrasi sampel (ppm)	Serapan	Konsentrasi Pengukuran (ppm)	Konsentrasi [pengukuran – sampel] (ppm)	$\bar{x}$ (ppm)	SD	KV (%)
0,0171	0,0156	0,0196	0,0379	0,0223	0,0380	0,0004	1,15
		0,0199	0,0385	0,0229			
		0,0193	0,0374	0,0218			
		0,0197	0,0381	0,0225			
		0,0199	0,0385	0,0229			
0,1994		0,0194	0,0377	0,0221	0,2152	0,0021	1,00
		0,1231	0,2169	0,2013			
		0,1194	0,2143	0,1987			
		0,1141	0,2132	0,1976			
		0,1234	0,2154	0,1998			
0,5959		0,1230	0,2186	0,2030	0,6111	0,0059	0,96
		0,1141	0,2132	0,1976			
		0,3914	0,6177	0,6021			
		0,3977	0,6088	0,5932			
		0,3430	0,6131	0,5975			
		0,3930	0,6006	0,5850			
		0,3542	0,6127	0,5971			
		0,3950	0,6141	0,5985			

**Tabel 4. 15** Hasil uji presisi kadmium pada batang Selada

Konsentrasi (ppm)	Konsentrasi sampel (ppm)	Serapan	Konsentrasi Pengukuran (ppm)	Konsentrasi [pengukuran – sampel] (ppm)	$\bar{x}$ (ppm)	SD	KV (%)
0,0171	0,0139	0,0185	0,0360	0,0221	0,0364	0,0004	1,19
		0,0189	0,0368	0,0229			
		0,0186	0,0363	0,0224			
		0,0190	0,0370	0,0231			
		0,0184	0,0359	0,0220			
		0,0187	0,0364	0,0250			
0,1994		0,1206	0,2145	0,2006	0,2129	0,0037	1,17
		0,1194	0,2123	0,1984			
		0,1206	0,2145	0,2006			
		0,1156	0,2058	0,1919			
		0,1215	0,2161	0,2022			
		0,1206	0,2145	0,2006			
0,5959		0,3154	0,6179	0,6040	0,6137	0,0034	0,55
		0,3487	0,6131	0,6092			
		0,3470	0,6102	0,6063			
		0,3514	0,6178	0,6039			
		0,3488	0,6133	0,6094			
		0,3470	0,6102	0,6063			

**Tabel 4. 16** Hasil uji presisi kadmium pada daun Selada

Konsentrasi (ppm)	Konsentrasi sampel (ppm)	Serapan	Konsentrasi Pengukuran (ppm)	Konsentrasi [pengukuran – sampel] (ppm)	$\bar{x}$ (ppm)	SD	KV (%)
0,0171	0,0150	0,0196	0,0379	0,0229	0,0374	0,0005	1,37
		0,0194	0,0377	0,0227			
		0,0197	0,0381	0,0231			
		0,0190	0,0369	0,0219			
		0,0192	0,0373	0,0223			
		0,0190	0,0369	0,0219			
0,1994		0,0629	0,1136	0,1986	0,2126	0,0024	1,11
		0,1193	0,2122	0,1972			
		0,1190	0,2117	0,1967			
		0,1220	0,2169	0,2019			
		0,1188	0,2114	0,1964			
		0,1182	0,2102	0,1952			
0,5959		0,3491	0,6139	0,6589	0,6145	0,0033	0,53
		0,3503	0,6160	0,6710			
		0,3510	0,6171	0,6521			
		0,3495	0,6145	0,5895			
		0,3517	0,6184	0,5834			
		0,3510	0,6171	0,6521			

**Tabel 4. 17** Hasil uji presisi kadmium pada batang Bayam Merah

Konsentrasi (ppm)	Konsentrasi sampel (ppm)	Serapan	Konsentrasi Pengukuran (ppm)	Konsentrasi [pengukuran – sampel] (ppm)	$\bar{x}$ (ppm)	SD	KV (%)
0,0171	0,0196	0,0160	0,0317	0,0121	0,0321	0,0004	1,55
		0,0165	0,0326	0,0130			
		0,0162	0,0320	0,0124			
		0,0166	0,0327	0,0131			
		0,0159	0,0315	0,0119			
0,1994		0,0162	0,0320	0,0124	0,2138	0,0038	1,77
		0,1172	0,2086	0,1890			
		0,1230	0,2186	0,1990			
		0,1186	0,2110	0,1914			
		0,1195	0,2126	0,1930			
0,5959		0,1204	0,2142	0,1946	0,6168	0,0017	0,27
		0,1225	0,2178	0,1982			
		0,3518	0,6186	0,5990			
		0,3523	0,6194	0,5998			
		0,3500	0,6154	0,6758			
		0,3505	0,6162	0,6366			
		0,3500	0,6154	0,6758			
		0,3505	0,6162	0,6166			

**Tabel 4. 18** Hasil uji presisi kadmium pada daun Bayam Merah

Konsentrasi (ppm)	Konsentrasi sampel (ppm)	Serapan	Konsentrasi Pengukuran (ppm)	Konsentrasi [pengukuran – sampel] (ppm)	$\bar{x}$ (ppm)	SD	KV (%)
0,0171	0,0218	0,0173	0,0339	0,0121	0,0344	0,0005	1,45
		0,0177	0,0347	0,0129			
		0,0175	0,0343	0,0125			
		0,0177	0,0347	0,0129			
		0,0172	0,0337	0,0119			
0,1994		0,0178	0,0348	0,0130	0,2263	0,0027	1,19
		0,1247	0,2216	0,1898			
		0,1276	0,2268	0,1850			
		0,1272	0,2260	0,2042			
		0,1286	0,2284	0,1966			
0,5959		0,1272	0,2260	0,2042	0,6238	0,0101	1,61
		0,1291	0,2294	0,1976			
		0,3491	0,6138	0,5920			
		0,3534	0,6214	0,5996			
		0,3619	0,6362	0,6144			
		0,3619	0,6362	0,6144			
		0,3491	0,6138	0,6520			
		0,3534	0,6214	0,5996			

**Tabel 4. 19** Hasil uji presisi tembaga pada batang Genjer

Konsentrasi (ppm)	Konsentrasi sampel (ppm)	Serapan	Konsentrasi Pengukuran (ppm)	Konsentrasi [pengukuran – sampel] (ppm)	$\bar{x}$ (ppm)	SD	KV (%)
0,0733	1,1133	0,2058	1,1905	0,0772	1,1913	0,0092	0,77
		0,2072	1,2004	0,0871			
		0,2035	1,1754	0,0621			
		0,2060	1,1921	0,0788			
		0,2056	1,1892	0,0759			
		0,2072	1,2004	0,0871			
1,0227		0,3458	2,1479	0,9846	2,1391	0,0075	0,35
		0,3442	2,1365	0,8521			
		0,3458	2,1479	0,9846			
		0,3458	2,1304	1,0171			
		0,3406	2,1125	0,9992			
		0,3446	2,1398	0,8521			
2,9892		0,6417	4,1704	3,0571	4,0933	0,0751	1,84
		0,6265	4,0663	2,9530			
		0,6410	4,1652	3,0519			
		0,6225	4,0391	2,9258			
		0,6145	3,9847	2,8714			
		0,6364	4,1341	3,0208			

**Tabel 4. 20** Hasil uji presisi tembaga pada daun Genjer

Konsentrasi (ppm)	Konsentrasi sampel (ppm)	Serapan	Konsentrasi Pengukuran (ppm)	Konsentrasi [pengukuran – sampel] (ppm)	$\bar{x}$ (ppm)	SD	KV (%)
0,0733	1,4621	0,2554	1,5298	0,0677	1,5295	0,0036	0,24
		0,2546	1,5246	0,0625			
		0,2549	1,5263	0,0642			
		0,2558	1,5326	0,0705			
		0,2554	1,5298	0,0677			
		0,2561	1,5344	0,0723			
1,0227		0,3947	2,4819	1,0198	2,4629	0,0177	0,72
		0,3875	2,4326	0,9705			
		0,3935	2,4740	1,0119			
		0,3911	2,4577	0,9956			
		0,3953	2,4740	1,0119			
		0,3911	2,4574	0,9956			
2,9892		0,6778	4,4174	2,9553	4,4396	0,0402	0,91
		0,6871	4,4807	3,0186			
		0,6778	4,4174	2,9553			
		0,6798	4,4309	2,9688			
		0,6895	4,4971	3,0350			
		0,6745	4,3945	2,9324			

**Tabel 4. 21** Hasil uji presisi tembaga pada batang Selada

Konsentrasi (ppm)	Konsentrasi sampel (ppm)	Serapan	Konsentrasi Pengukuran (ppm)	Konsentrasi [pengukuran – sampel] (ppm)	$\bar{x}$ (ppm)	SD	KV (%)
0,0733	0,8074	0,1588	0,8699	0,0625	0,8764	0,0054	0,63
		0,1607	0,8823	0,0749			
		0,1598	0,8761	0,0687			
		0,1599	0,8774	0,0670			
		0,1607	0,8826	0,0752			
1,0227		0,1589	0,8703	0,0629	1,8313	0,0293	1,59
		0,3002	1,8364	1,0291			
		0,2971	1,8147	1,0073			
		0,3004	1,8650	1,0576			
		0,2951	1,8015	0,9941			
2,9892		0,3046	1,8662	1,0588	3,7564	0,0306	0,82
		0,2955	1,8041	0,9967			
		0,5793	3,7441	2,9367			
		0,2801	3,7493	2,9414			
		0,5740	3,7076	2,9002			
		0,5872	3,7980	2,9906			
		0,5828	3,7675	2,9601			
		0,5835	3,7724	2,9650			

**Tabel 4. 22** Hasil uji presisi tembaga pada daun Selada

Konsentrasi (ppm)	Konsentrasi sampel (ppm)	Serapan	Konsentrasi Pengukuran (ppm)	Konsentrasi [pengukuran – sampel] (ppm)	$\bar{x}$ (ppm)	SD	KV (%)
0,0733	0,8862	0,1701	0,9471	0,0609	0,9568	0,0075	0,76
		0,1727	0,9647	0,0785			
		0,1718	0,9584	0,0722			
		0,1716	0,9573	0,0711			
		0,1727	0,9647	0,0785			
1,0227		0,1704	0,9490	0,0628	1,9061	0,0103	0,54
		0,3107	1,9081	1,0219			
		0,3102	1,9047	1,0185			
		0,3121	1,9173	1,0311			
		0,3087	1,8945	1,0083			
2,9892		0,3121	1,9173	1,0311	3,8991	0,0227	0,58
		0,3078	1,8945	1,0083			
		0,6014	3,8946	3,0884			
		0,6009	3,8912	3,0050			
		0,5997	3,8831	2,9969			
		0,6087	3,9450	3,0588			
		0,6009	3,8912	3,0050			
		0,6006	3,8897	3,0035			

**Tabel 4. 23** Hasil uji presisi tembaga pada batang Bayam Merah

Konsentrasi (ppm)	Konsentrasi sampel (ppm)	Serapan	Konsentrasi Pengukuran (ppm)	Konsentrasi [pengukuran – sampel] (ppm)	$\bar{x}$ (ppm)	SD	KV (%)
0,0733	0,9360	0,1776	0,9981	0,0621	0,9963	0,0070	0,71
		0,1786	1,0047	0,0687			
		0,1780	1,0006	0,0646			
		0,1761	0,9875	0,0515			
		0,1781	1,0017	0,0657			
		0,1763	0,9890	0,0530			
1,0227		0,3181	1,9587	1,0227	1,9558	0,0195	0,99
		0,3181	1,9581	1,0221			
		0,3174	1,9539	1,0179			
		0,3223	1,9874	1,0514			
		0,3134	1,9265	0,9905			
		0,3170	1,9507	1,0147			
2,9892		0,6192	4,0167	3,0807	4,0049	0,0264	0,66
		0,6132	3,9752	3,0392			
		0,6219	4,0352	3,0992			
		0,6167	3,9995	3,0635			
		0,6210	4,0288	3,0938			
		0,6216	3,9713	3,0383			

**Tabel 4. 24** Hasil uji presisi tembaga pada daun Bayam Merah

Konsentrasi (ppm)	Konsentrasi sampel (ppm)	Serapan	Konsentrasi Pengukuran (ppm)	Konsentrasi [pengukuran – sampel] (ppm)	$\bar{x}$ (ppm)	SD	KV (%)
0,0733	1,0531	0,1937	1,1085	0,0554	1,1148	0,0117	1,05
		0,1975	1,1347	0,0844			
		0,1924	1,0999	0,0468			
		0,1941	1,1113	0,0582			
		0,1946	1,1148	0,0617			
		0,1953	1,1196	0,0665			
1,0227		0,3380	2,0948	1,0417	2,0604	0,0343	0,82
		0,3355	2,0771	1,0240			
		0,3016	2,0439	0,9908			
		0,3424	2,1245	0,9908			
		0,3253	2,0083	0,9952			
		0,3381	2,0948	1,0417			
2,9892		0,6184	4,0109	2,9578	4,0595	0,0332	0,82
		0,6203	4,0243	2,9712			
		0,6278	4,0754	3,0335			
		0,6295	4,0866	3,0335			
		0,6276	4,0737	3,0206			
		0,6295	4,0866	3,0335			

**Tabel 4. 25** Hasil uji perolehan kembali timbal pada batang Genjer

Konsentrasi (ppm)	Serapan	C <sub>1</sub> (ppm)	C <sub>2</sub> (ppm)	S (ppm)	UPK (%)
0,05	0,0017	-	-	0,0488	106,96
	0,0033	0,1382	-	-	
	0,0042	-	0,1904	-	
	0,0017	-	-	0,0488	104,91
	0,0033	0,1382	-	-	
	0,0041	-	0,1894	-	
	0,0017	-	-	0,0488	108,60
	0,0033	0,1382	-	-	
	0,0043	-	0,1912	-	
	0,0017	-	-	0,0488	82,58
	0,0033	0,1382	-	-	
	0,0040	-	0,1785	-	
0,5	0,0017	-	-	0,0488	93,03
	0,0033	0,1382	-	-	
	0,0041	-	0,1836	-	
	0,0017	-	-	0,0488	104,91
	0,0033	0,1382	-	-	
	0,0042	-	0,1894	-	
	0,0095	-	-	0,4845	101,87
	0,0033	0,1382	-	-	
	0,0121	-	0,6318	-	
	0,0095	-	-	0,4845	104,42
	0,0033	0,1382	-	-	
	0,0124	-	0,6441	-	
1,0	0,0095	-	-	0,4845	101,19
	0,0033	0,1382	-	-	
	0,0120	-	0,6285	-	
	0,0095	-	-	0,4845	103,75
	0,0033	0,1382	-	-	
	0,0123	-	0,6409	-	
	0,0095	-	-	0,4845	97,93
	0,0033	0,1382	-	-	
	0,0117	-	0,6127	-	
	0,0095	-	-	0,4845	98,32
	0,0033	0,1382	-	-	
	0,0118	-	0,6146	-	
1,0	0,0188	-	-	1,0040	97,24
	0,0033	0,1382	-	-	
	0,0207	-	1,1145	-	
	0,0188	-	-	1,0040	98,59
	0,0033	0,1382	-	-	
	0,0210	-	1,1281	-	
	0,0188	-	-	1,0040	106,17
	0,0033	0,1382	-	-	
	0,0223	-	1,2042	-	
	0,0188	-	-	1,0040	105,45
	0,0033	0,1382	-	-	
	0,0222	-	1,1969	-	
1,0	0,0188	-	-	1,0040	97,75
	0,0033	0,1382	-	-	
	0,0208	-	1,1197	-	
	0,0188	-	-	1,0040	105,46
	0,0033	0,1382	-	-	
	0,0222	-	1,1969	-	

**Tabel 4. 26** Hasil uji perolehan kembali timbal pada daun Genjer

Konsentrasi (ppm)	Serapan	C <sub>1</sub> (ppm)	C <sub>2</sub> (ppm)	S (ppm)	UPK (%)
0,05	0,0017	-	-	0,0488	91,59
	0,0035	0,1549	-	-	
	0,0044	-	0,1996	-	
	0,0017	-	-	0,0488	88,93
	0,0035	0,1549	-	-	
	0,0043	-	0,1983	-	
	0,0017	-	-	0,0488	97,33
	0,0035	0,1549	-	-	
	0,0045	-	0,2024	-	
	0,0017	-	-	0,0488	95,49
	0,0035	0,1549	-	-	
	0,0044	-	0,2015	-	
0,5	0,0017	-	-	0,0488	108,20
	0,0035	0,1549	-	-	
	0,0045	-	0,2038	-	
	0,0017	-	-	0,0488	103,27
	0,0035	0,1549	-	-	
	0,0045	-	0,2053	-	
	0,0095	-	-	0,4845	99,07
	0,0035	0,1549	-	-	
	0,0125	-	0,6459	-	
	0,0095	-	-	0,4845	98,80
	0,0035	0,1549	-	-	
	0,0121	-	0,6336	-	
1,0	0,0095	-	-	0,4845	98,80
	0,0035	0,1549	-	-	
	0,0121	-	0,6336	-	
	0,0095	-	-	0,4845	101,14
	0,0035	0,1549	-	-	
	0,0127	-	0,6401	-	
	0,0095	-	-	0,4845	101,81
	0,0035	0,1549	-	-	
	0,0106	-	0,6482	-	
	0,0095	-	-	0,4845	99,07
	0,0035	0,1549	-	-	
	0,0110	-	0,6349	-	
1,0	0,0188	-	-	1,0040	98,85
	0,0035	0,1549	-	-	
	0,0222	-	1,1475	-	
	0,0188	-	-	1,0040	97,46
	0,0035	0,1549	-	-	
	0,0211	-	1,1334	-	
	0,0188	-	-	1,0040	97,46
	0,0035	0,1549	-	-	
	0,0211	-	1,1334	-	
	0,0188	-	-	1,0040	98,64
	0,0035	0,1549	-	-	
	0,0223	-	1,1452	-	
1,0	0,0188	-	-	1,0040	98,85
	0,0035	0,1549	-	-	
	0,0217	-	1,1475	-	
	0,0188	-	-	1,0040	98,61
	0,0035	0,1549	-	-	
	0,0213	-	1,1452	-	



**Tabel 4. 27** Hasil uji perolehan kembali timbal pada batang Selada

Konsentrasi (ppm)	Serapan	C <sub>1</sub> (ppm)	C <sub>2</sub> (ppm)	S (ppm)	UPK (%)
0,05	0,0017	-	-	0,0488	90,16
	0,0141	0,7430	-	-	
	0,0149	-	0,7870	-	
	0,0017	-	-	0,0488	98,77
	0,0141	0,7430	-	-	
	0,0150	-	0,7912	-	
	0,0017	-	-	0,0488	103,69
	0,0141	0,7430	-	-	
	0,0151	-	0,7936	-	
	0,0017	-	-	0,0488	90,16
	0,0141	0,7430	-	-	
	0,0149	-	0,7870	-	
0,5	0,0017	-	-	0,0488	94,67
	0,0141	0,7430	-	-	
	0,0150	-	0,7892	-	
	0,0017	-	-	0,0488	103,07
	0,0141	0,7430	-	-	
	0,0151	-	0,7933	-	
	0,0095	-	-	0,4845	104,39
	0,0141	0,7430	-	-	
	0,0231	-	1,2497	-	
	0,0095	-	-	0,4845	101,56
	0,0141	0,7430	-	-	
	0,0229	-	1,2350	-	
1,0	0,0095	-	-	0,4845	97,13
	0,0141	0,7430	-	-	
	0,0225	-	1,2136	-	
	0,0095	-	-	0,4845	98,60
	0,0141	0,7430	-	-	
	0,0226	-	1,2207	-	
	0,0095	-	-	0,4845	98,60
	0,0141	0,7430	-	-	
	0,0226	-	1,2207	-	
	0,0095	-	-	0,4845	104,17
	0,0141	0,7430	-	-	
	0,0231	-	1,2477	-	
1,0	0,0188	-	-	1,0040	97,53
	0,0141	0,7430	-	-	
	0,0316	-	1,7222	-	
	0,0188	-	-	1,0040	98,05
	0,0141	0,7430	-	-	
	0,0317	-	1,7274	-	
	0,0188	-	-	1,0040	95,46
	0,0141	0,7430	-	-	
	0,0312	-	1,7014	-	
	0,0188	-	-	1,0040	103,75
	0,0141	0,7430	-	-	
	0,0327	-	1,7846	-	
1,0	0,0188	-	-	1,0040	101,67
	0,0141	0,7430	-	-	
	0,0324	-	1,7638	-	
	0,0188	-	-	1,0040	98,57
	0,0141	0,7430	-	-	
	0,0318	-	1,7326	-	

**Tabel 4. 28** Hasil uji perolehan kembali timbal pada daun Selada

Konsentrasi (ppm)	Serapan	C <sub>1</sub> (ppm)	C <sub>2</sub> (ppm)	S (ppm)	UPK (%)
0,05	0,0017	-	-	0,0488	73,56
	0,0145	0,7654	-	-	
	0,0151	-	0,8013	-	
	0,0017	-	-	0,0488	103,67
	0,0145	0,7654	-	-	
	0,0154	-	0,8157	-	
	0,0017	-	-	0,0488	70,28
	0,0145	0,7654	-	-	
	0,0151	-	0,7997	-	
	0,0017	-	-	0,0488	70,28
	0,0145	0,7654	-	-	
	0,0151	-	0,7997	-	
0,5	0,0017	-	-	0,0488	93,85
	0,0145	0,7654	-	-	
	0,0153	-	0,8112	-	
	0,0017	-	-	0,0488	92,21
	0,0145	0,7654	-	-	
	0,0152	-	0,8104	-	
	0,0095	-	-	0,04845	103,19
	0,0145	0,7654	-	-	
	0,0234	-	1,2654	-	
	0,0095	-	-	0,04845	94,37
	0,0145	0,7654	-	-	
	0,0222	-	1,2226	-	
0,0095	-	-	0,04845	104,21	
0,0145	0,7654	-	-		
0,0235	-	1,2703	-		
0,0095	-	-	0,04845	94,36	
0,0145	0,7654	-	-		
0,0227	-	1,2226	-		
0,0095	-	-	0,04845	89,47	
0,0145	0,7654	-	-		
0,0223	-	1,1989	-		
0,0095	-	-	0,04845	104,21	
0,0145	0,7654	-	-		
0,0236	-	1,2703	-		
1,0	0,0188	-	-	1,0040	103,39
	0,0145	0,7654	-	-	
	0,0331	-	1,8035	-	
	0,0188	-	-	1,0040	103,01
	0,0145	0,7654	-	-	
	0,0330	-	1,7996	-	
	0,0188	-	-	1,0040	104,46
	0,0145	0,7654	-	-	
	0,0333	-	1,8142	-	
	0,0188	-	-	1,0040	103,39
	0,0145	0,7654	-	-	
	0,0317	-	1,8035	-	
0,0188	-	-	1,0040	103,01	
0,0145	0,7654	-	-		
0,0312	-	1,7996	-		
0,0188	-	-	1,0040	105,27	
0,0145	0,7654	-	-		
0,0334	-	1,8224	-		

**Tabel 4. 29** Hasil uji perolehan kembali timbal pada batang Bayam Merah

Konsentrasi (ppm)	Serapan	C <sub>1</sub> (ppm)	C <sub>2</sub> (ppm)	S (ppm)	UPK (%)
0,05	0,0017	-	-	0,0488	104,09
	0,0094	0,4789	-	-	
	0,0103	-	0,5297	-	
	0,0017	-	-	0,0488	81,76
	0,0094	0,4789	-	-	
	0,0101	-	0,5188	-	
	0,0017	-	-	0,0488	97,13
	0,0094	0,4789	-	-	
	0,0102	-	0,5263	-	
	0,0017	-	-	0,0488	101,43
	0,0094	0,4789	-	-	
	0,0103	-	0,5284	-	
0,5	0,0017	-	-	0,0488	97,13
	0,0094	0,4789	-	-	
	0,0102	-	0,5263	-	
	0,0017	-	-	0,0488	89,76
	0,0094	0,4789	-	-	
	0,0102	-	0,5227	-	
	0,0017	-	-	0,0488	100,23
	0,0094	0,4789	-	0,4845	
	0,0168	-	0,9645	-	
	0,0095	-	-	0,4845	98,72
	0,0094	0,4789	-	-	
	0,0176	-	0,9572	-	
1,0	0,0095	-	-	0,4845	104,06
	0,0094	0,4789	-	-	
	0,0184	-	0,9831	-	
	0,0095	-	-	0,4845	104,06
	0,0094	0,4789	-	-	
	0,0184	-	0,9831	-	
	0,0095	-	-	0,4845	100,22
	0,0094	0,4789	-	-	
	0,0180	-	0,9645	-	
	0,0095	-	-	0,4845	98,72
	0,0094	0,4789	-	-	
	0,0179	-	0,9572	-	
1,0	0,0188	-	-	1,0040	103,62
	0,0094	0,4789	-	-	
	0,0280	-	1,5193	-	
	0,0188	-	-	1,0040	99,77
	0,0094	0,4789	-	-	
	0,0273	-	1,4806	-	
	0,0188	-	-	1,0040	101,43
	0,0094	0,4789	-	-	
	0,0259	-	1,4973	-	
	0,0188	-	-	1,0040	101,82
	0,0094	0,4789	-	-	
	0,0277	-	1,5012	-	
0,0188	-	-	1,0040	101,43	
0,0094	0,4789	-	-		
0,0276	-	1,4973	-		
0,0188	-	-	1,0040	103,37	
0,0094	0,4789	-	-		
0,0279	-	1,5168	-		

**Tabel 4. 30** Hasil uji perolehan kembali timbal pada daun Bayam Merah

Konsentrasi (ppm)	Serapan	C <sub>1</sub> (ppm)	C <sub>2</sub> (ppm)	S (ppm)	UPK (%)
0,05	0,0017	-	-	0,0488	89,54
	0,0103	0,5292	-	-	
	0,0110	-	0,5729	-	
	0,0017	-	-	0,0488	83,81
	0,0103	0,5292	-	-	
	0,0109	-	0,5701	-	
	0,0017	-	-	0,0488	105,32
	0,0103	0,5292	-	-	
	0,0112	-	0,5806	-	
	0,0017	-	-	0,0488	109,22
	0,0103	0,5292	-	-	
	0,0113	-	0,5825	-	
	0,0017	-	-	0,0488	82,37
	0,0103	0,5292	-	-	
	0,0108	-	0,5694	-	
0,0017	-	-	0,0488	96,52	
0,0103	0,5292	-	-		
0,0114	-	0,5763	-		
0,5	0,0095	-	-	0,4845	101,17
	0,0103	0,5292	-	-	
	0,0190	-	1,0194	-	
	0,0095	-	-	0,4845	103,29
	0,0103	0,5292	-	-	
	0,0192	-	1,0293	-	
	0,0095	-	-	0,4845	103,63
	0,0103	0,5292	-	-	
	0,0191	-	1,0284	-	
	0,0095	-	-	0,4845	102,67
	0,0103	0,5292	-	-	
	0,0192	-	1,0266	-	
	0,0095	-	-	0,4845	102,49
	0,0103	0,5292	-	-	
	0,0191	-	1,0258	-	
0,0095	-	-	0,4845	101,60	
0,0103	0,5292	-	-		
0,0190	-	1,0188	-		
1,0	0,0188	-	-	1,0040	103,63
	0,0103	0,5292	-	-	
	0,0289	-	1,5697	-	
	0,0188	-	-	1,0040	106,75
	0,0103	0,5292	-	-	
	0,0294	-	1,6012	-	
	0,0188	-	-	1,0040	106,45
	0,0103	0,5292	-	-	
	0,0295	-	1,5980	-	
	0,0188	-	-	1,0040	104,51
	0,0103	0,5292	-	-	
	0,0290	-	1,5785	-	
	0,0188	-	-	1,0040	101,03
	0,0103	0,5292	-	-	
	0,0284	-	1,5436	-	
0,0188	-	-	1,0040	101,88	
0,0103	0,5292	-	-		
0,0286	-	1,5521	-		

**Tabel 4. 31** Hasil uji perolehan kembali kadmium pada batang Genjer

Konsentrasi (ppm)	Serapan	C <sub>1</sub> (ppm)	C <sub>2</sub> (ppm)	S (ppm)	UPK (%)	
0,01	0,0095	-	-	0,0171	74,85	
	0,0178	0,0198	-	-		
	0,0191	-	0,0226	-		
	0,0095	-	-	0,0171	70,17	
	0,0178	0,0198	-	-		
	0,0187	-	0,0218	-		
	0,0095	-	-	0,0171	71,92	
	0,0178	0,0198	-	-		
	0,0189	-	0,0221	-		
	0,0095	-	-	0,0171	67,25	
	0,0178	0,0198	-	-		
	0,0185	-	0,0213	-		
0,1	0,0095	-	-	0,0171	73,09	
	0,0178	0,0198	-	-		
	0,0190	-	0,0223	-		
	0,0095	-	-	0,0171	73,09	
	0,0178	0,0198	-	-		
	0,0190	-	0,0223	-		
	0,2	0,0563	-	-	0,1994	101,45
		0,0178	0,0198	-	-	
		0,0672	-	0,2221	-	
		0,0563	-	-	0,1994	100,95
		0,0178	0,0198	-	-	
		0,0667	-	0,2211	-	
0,0563		-	-	0,1994	102,35	
0,0178		0,0198	-	-		
0,0681		-	0,2239	-		
0,0563		-	-	0,1994	97,09	
0,0178		0,0198	-	-		
0,0630		-	0,2134	-		
0,3	0,0563	-	-	0,1994	97,89	
	0,0178	0,0198	-	-		
	0,0638	-	0,2150	-		
	0,0563	-	-	0,1994	100,95	
	0,0178	0,0198	-	-		
	0,0667	-	0,2211	-		
	0,6	0,3930	-	-	0,5959	97,10
		0,0178	0,0198	-	-	
		0,3913	-	0,6024	-	
		0,3930	-	-	0,5959	98,98
		0,0178	0,0198	-	-	
		0,3986	-	0,6074	-	
0,3930		-	-	0,5959	85,69	
0,0178		0,0198	-	-		
0,3452		-	0,6074	-		
0,3930		-	-	0,5959	104,11	
0,0178		0,0198	-	-		
0,4183		-	0,8482	-		
0,3930	-	-	0,5959	97,93		
0,0178	0,0198	-	-			
0,3945	-	0,7990	-			
0,3930	-	-	0,5959	102,60		
0,0178	0,0198	-	-			
0,4125	-	0,8362	-			

**Tabel 4. 32** Hasil uji perolehan kembali kadmium pada daun Genjer

Konsentrasi (ppm)	Serapan	C <sub>1</sub> (ppm)	C <sub>2</sub> (ppm)	S (ppm)	UPK (%)
0,01	0,0095	-	-	0,0053	88,46
	0,0157	0,0198	-	-	
	0,0168	-	0,0179	-	
	0,0095	-	-	0,0053	111,54
	0,0157	0,0198	-	-	
	0,0171	-	0,0185	-	
	0,0095	-	-	0,0053	69,23
	0,0157	0,0198	-	-	
	0,0166	-	0,0174	-	
	0,0095	-	-	0,0053	96,15
	0,0157	0,0198	-	-	
	0,0169	-	0,0181	-	
	0,0095	-	-	0,0053	111,54
	0,0157	0,0198	-	-	
	0,0171	-	0,0185	-	
0,2	0,0095	-	-	0,0053	80,77
	0,0157	0,0198	-	-	
	0,0167	-	0,0177	-	
	0,0563	-	-	0,1994	93,86
	0,0157	0,0198	-	-	
	0,0608	-	0,1089	-	
	0,0563	-	-	0,1994	97,28
	0,0157	0,0198	-	-	
	0,0625	-	0,1123	-	
	0,0563	-	-	0,1994	88,13
	0,0157	0,0198	-	-	
	0,0581	-	0,1032	-	
	0,0563	-	-	0,1994	104,43
	0,0157	0,0198	-	-	
	0,0659	-	0,1194	-	
0,6	0,0563	-	-	0,1994	103,62
	0,0157	0,0198	-	-	
	0,0655	-	0,1186	-	
	0,0563	-	-	0,1994	88,13
	0,0157	0,0198	-	-	
	0,0581	-	0,1032	-	
	0,3930	-	-	0,5959	112,08
	0,0157	0,0198	-	-	
	0,3891	-	0,6877	-	
	0,3930	-	-	0,5959	113,94
	0,0157	0,0198	-	-	
	0,3944	-	0,6988	-	
	0,3930	-	-	0,5959	97,88
	0,0157	0,0198	-	-	
	0,3965	-	0,6031	-	
0,3930	-	-	0,5959	112,56	
0,0157	0,0198	-	-		
0,3905	-	0,6906	-		
0,3930	-	-	0,5959	101,17	
0,0157	0,0198	-	-		
0,4060	-	0,6227	-		
0,3930	-	-	0,5959	113,15	
0,0157	0,0198	-	-		
0,3922	-	0,6941	-		

**Tabel 4. 33** Hasil uji perolehan kembali kadmium pada batang Selada

Konsentrasi (ppm)	Serapan	C <sub>1</sub> (ppm)	C <sub>2</sub> (ppm)	S (ppm)	UPK (%)	
0,01	0,0095	-	-	0,0171	129,23	
	0,0149	0,0139	-	-		
	0,0159	-	0,0360	-		
	0,0095	-	-	0,0053	133,91	
	0,0149	0,0139	-	-		
	0,0163	-	0,0168	-		
	0,0095	-	-	0,0053	130,99	
	0,0149	0,0139	-	-		
	0,0161	-	0,0363	-		
	0,0095	-	-	0,0053	135,08	
	0,0149	0,0139	-	-		
	0,0164	-	0,0370	-		
0,01	0,0095	-	-	0,0053	128,65	
	0,0149	0,0139	-	-		
	0,0159	-	0,0359	-		
	0,0095	-	-	0,0053	131,57	
	0,0149	0,0139	-	-		
	0,0162	-	0,0364	-		
	0,2	0,0563	-	-	0,1994	100,60
		0,0149	0,0139	-	-	
		0,0539	-	0,2145	-	
		0,0563	-	-	0,1994	99,49
		0,0149	0,0139	-	-	
		0,0625	-	0,2123	-	
0,0563		-	-	0,1994	100,60	
0,0149		0,0139	-	-		
0,0678		-	0,2145	-		
0,0563		-	-	0,1994	96,24	
0,0149		0,0139	-	-		
0,0593		-	0,2058	-		
0,2	0,0563	-	-	0,1994	101,40	
	0,0149	0,0139	-	-		
	0,0643	-	0,2161	-		
	0,0563	-	-	0,1994	100,60	
	0,0149	0,0139	-	-		
	0,0616	-	0,2145	-		
	0,6	0,3930	-	-	0,5959	101,35
		0,0149	0,0139	-	-	
		0,3747	-	0,6179	-	
		0,3930	-	-	0,5959	100,55
		0,0149	0,0139	-	-	
		0,4352	-	0,6131	-	
0,3930		-	-	0,5959	100,07	
0,0149		0,0139	-	-		
0,4096		-	0,6102	-		
0,3930		-	-	0,5959	101,33	
0,0149		0,0139	-	-		
0,3940		-	0,6178	-		
0,6	0,3930	-	-	0,5959	100,58	
	0,0149	0,0139	-	-		
	0,3773	-	0,6133	-		
	0,3930	-	-	0,5959	100,07	
	0,0149	0,0139	-	-		
	0,4096	-	0,6102	-		

**Tabel 4. 34** Hasil uji perolehan kembali kadmium pada daun Selada

Konsentrasi (ppm)	Serapan	C <sub>1</sub> (ppm)	C <sub>2</sub> (ppm)	S (ppm)	UPK (%)
0,01	0,0095	-	-	0,0053	133,91
	0,0154	0,0150	-	-	
	0,0168	-	0,0379	-	
	0,0095	-	-	0,0053	132,75
	0,0154	0,0150	-	-	
	0,0167	-	0,0377	-	
	0,0095	-	-	0,0053	135,08
	0,0154	0,0150	-	-	
	0,0169	-	0,0381	-	
	0,0095	-	-	0,0053	128,07
	0,0154	0,0150	-	-	
	0,0163	-	0,0369	-	
0,0095	-	-	0,0053	130,40	
0,0154	0,0150	-	-		
0,0165	-	0,0373	-		
0,0095	-	-	0,0053	128,07	
0,0154	0,0150	-	-		
0,0163	-	0,0369	-		
0,2	0,0563	-	-	0,1994	99,59
	0,0154	0,0150	-	-	
	0,0631	-	0,2136	-	
	0,0563	-	-	0,1994	98,89
	0,0154	0,0150	-	-	
	0,0576	-	0,2122	-	
	0,0563	-	-	0,1994	98,64
	0,0154	0,0150	-	-	
	0,0622	-	0,2117	-	
	0,0563	-	-	0,1994	98,64
	0,0154	0,0150	-	-	
	0,0647	-	0,2169	-	
	0,0563	-	-	0,1994	101,25
	0,0154	0,0150	-	-	
	0,0669	-	0,2214	-	
	0,0563	-	-	0,1994	98,60
	0,0154	0,0150	-	-	
	0,0663	-	0,2202	-	
0,6	0,3930	-	-	0,5959	100,50
	0,0154	0,0150	-	-	
	0,3872	-	0,6139	-	
	0,3930	-	-	0,5959	100,85
	0,0154	0,0150	-	-	
	0,3931	-	0,6160	-	
	0,3930	-	-	0,5959	101,04
	0,0154	0,0150	-	-	
	0,3840	-	0,6171	-	
	0,3930	-	-	0,5959	100,60
	0,0154	0,0150	-	-	
	0,4020	-	0,6145	-	
	0,3930	-	-	0,5959	101,26
	0,0154	0,0150	-	-	
	0,3991	-	0,6184	-	
	0,3930	-	-	0,5959	101,04
	0,0154	0,0150	-	-	
	0,3840	-	0,6771	-	



**Tabel 4. 35** Hasil uji perolehan kembali kadmium pada batang Bayam Merah

Konsentrasi (ppm)	Serapan	C <sub>1</sub> (ppm)	C <sub>2</sub> (ppm)	S (ppm)	UPK (%)
0,01	0,0095	-	-	0,0053	70,76
	0,0177	0,0196	-	-	
	0,0187	-	0,0317	-	
	0,0095	-	-	0,0053	105,38
	0,0177	0,0196	-	-	
	0,0191	-	0,0326	-	
	0,0095	-	-	0,0053	82,31
	0,0177	0,0196	-	-	
	0,0188	-	0,0320	-	
	0,0095	-	-	0,0053	109,23
	0,0177	0,0196	-	-	
	0,0192	-	0,0327	-	
	0,0095	-	-	0,0053	63,08
	0,0177	0,0196	-	-	
	0,0186	-	0,0315	-	
0,0095	-	-	0,0053	82,31	
0,0177	0,0196	-	-		
0,00188	-	0,0320	-		
0,2	0,0563	-	-	0,1994	94,78
	0,0177	0,0196	-	-	
	0,0704	-	0,2086	-	
	0,0563	-	-	0,1994	99,79
	0,0177	0,0196	-	-	
	0,0704	-	0,2186	-	
	0,0563	-	-	0,1994	95,98
	0,0177	0,0196	-	-	
	0,0570	-	0,2110	-	
	0,0563	-	-	0,1994	96,79
	0,0177	0,0196	-	-	
	0,0675	-	0,2126	-	
	0,0563	-	-	0,1994	97,59
	0,0177	0,0196	-	-	
	0,0634	-	0,2142	-	
0,0563	-	-	0,1994	99,39	
0,0177	0,0196	-	-		
0,0651	-	0,2178	-		
0,6	0,3930	-	-	0,5959	100,52
	0,0177	0,0196	-	-	
	0,3943	-	0,6186	-	
	0,3930	-	-	0,5959	100,65
	0,0177	0,0196	-	-	
	0,3560	-	0,6194	-	
	0,3930	-	-	0,5959	99,98
	0,0177	0,0196	-	-	
	0,4412	-	0,6154	-	
	0,3930	-	-	0,5959	100,11
	0,0177	0,0196	-	-	
	0,3738	-	0,6162	-	
	0,3930	-	-	0,5959	99,98
	0,0177	0,0196	-	-	
	0,4412	-	0,6154	-	
0,3930	-	-	0,5959	100,11	
0,0177	0,0196	-	-		
0,4125	-	0,6162	-		

**Tabel 4. 36** Hasil uji perolehan kembali kadmium pada daun Bayam Merah

Konsentrasi (ppm)	Serapan	C <sub>1</sub> (ppm)	C <sub>2</sub> (ppm)	S (ppm)	UPK (%)	
0,01	0,0095	-	-	0,0053	70,76	
	0,0187	0,0218	-	-		
	0,0197	-	0,0339	-		
	0,0095	-	-	0,0053	101,54	
	0,0187	0,0218	-	-		
	0,0201	-	0,0347	-		
	0,0095	-	-	0,0053	86,15	
	0,0187	0,0218	-	-		
	0,0199	-	0,0343	-		
	0,0095	-	-	0,0053	105,54	
	0,0187	0,0218	-	-		
	0,0201	-	0,0347	-		
0,1	0,0095	-	-	0,0053	63,08	
	0,0187	0,0218	-	-		
	0,0196	-	0,0337	-		
	0,0095	-	-	0,0053	105,38	
	0,0187	0,0218	-	-		
	0,0202	-	0,0348	-		
	0,2	0,0563	-	-	0,1994	100,20
		0,0187	0,0218	-	-	
		0,0621	-	0,2216	-	
		0,0563	-	-	0,1994	102,81
		0,0187	0,0218	-	-	
		0,0598	-	0,2268	-	
0,0563		-	-	0,1994	102,41	
0,0187		0,0218	-	-		
0,0691		-	0,2260	-		
0,0563		-	-	0,1994	103,61	
0,0187		0,0218	-	-		
0,0654		-	0,2284	-		
0,3	0,0563	-	-	0,1994	102,41	
	0,0187	0,0218	-	-		
	0,0691	-	0,2260	-		
	0,0563	-	-	0,1994	104,61	
	0,0187	0,0218	-	-		
	0,0659	-	0,2294	-		
	0,6	0,3930	-	-	0,5959	99,34
		0,0187	0,0218	-	-	
		0,3340	-	0,6138	-	
		0,3930	-	-	0,5959	100,64
		0,0187	0,0218	-	-	
		0,3909	-	0,6214	-	
0,3930		-	-	0,5959	103,10	
0,0187		0,0218	-	-		
0,4319		-	0,6362	-		
0,3930		-	-	0,5959	103,10	
0,0187		0,0218	-	-		
0,3642		-	0,6362	-		
0,3930	-	-	0,5959	99,35		
0,0187	0,0218	-	-			
0,3994	-	0,6138	-			
0,3930	-	-	0,5959	100,62		
0,0187	0,0218	-	-			
0,4365	-	0,6214	-			

**Tabel 4. 37** Hasil uji perolehan kembali tembaga pada batang Genjer

Konsentrasi (ppm)	Serapan	C <sub>1</sub> (ppm)	C <sub>2</sub> (ppm)	S (ppm)	UPK (%)
0,1	0,0423	-	-	0,0733	105,32
	0,1944	1,1133	-	-	
	0,2057	-	1,1905	-	
	0,0423	-	-	0,0733	118,82
	0,1944	1,1133	-	-	
	0,2072	-	1,2004	-	
	0,0423	-	-	0,0733	84,72
	0,1944	1,1133	-	-	
	0,2035	-	1,1754	-	
	0,0423	-	-	0,0733	107,50
	0,1944	1,1133	-	-	
	0,2059	-	1,1921	-	
	0,0423	-	-	0,0733	103,54
	0,1944	1,1133	-	-	
	0,2055	-	1,1892	-	
0,0423	-	-	0,0733	118,82	
0,1944	1,1133	-	-		
0,2072	-	1,2004	-		
1,0	0,1812	-	-	1,0227	101,16
	0,1944	1,1133	-	-	
	0,3385	-	2,1479	-	
	0,1812	-	-	1,0227	100,04
	0,1944	1,1133	-	-	
	0,3191	-	2,1365	-	
	0,1812	-	-	1,0227	101,16
	0,1944	1,1133	-	-	
	0,3385	-	2,1479	-	
	0,1812	-	-	1,0227	99,45
	0,1944	1,1133	-	-	
	0,3432	-	2,1304	-	
	0,1812	-	-	1,0227	99,65
	0,1944	1,1133	-	-	
	0,3406	-	2,1325	-	
0,1812	-	-	1,0227	100,37	
0,1944	1,1133	-	-		
0,3191	-	2,1398	-		
3,0	0,4689	-	-	2,9892	102,27
	0,1944	1,1133	-	-	
	0,6417	-	4,1704	-	
	0,4689	-	-	2,9892	98,78
	0,1944	1,1133	-	-	
	0,6264	-	4,0663	-	
	0,4689	-	-	2,9892	102,09
	0,1944	1,1133	-	-	
	0,6409	-	4,1652	-	
	0,4689	-	-	2,9892	97,87
	0,1944	1,1133	-	-	
	0,6225	-	4,0391	-	
	0,4689	-	-	2,9892	96,05
	0,1944	1,1133	-	-	
	0,6145	-	3,9847	-	
0,4689	-	-	2,9892	101,05	
0,1944	1,1133	-	-		
0,6364	-	4,1341	-		

**Tabel 4. 38** Hasil uji perolehan kembali tembaga pada daun Genjer

Konsentrasi (ppm)	Serapan	C <sub>1</sub> (ppm)	C <sub>2</sub> (ppm)	S (ppm)	UPK (%)	
0,1	0,0423	-	-	0,0733	92,36	
	0,2454	1,4621	-	-		
	0,2553	-	1,5298	-		
	0,0423	-	-	0,0733	85,26	
	0,2454	1,4621	-	-		
	0,2546	-	1,5246	-		
	0,0423	-	-	0,07	87,58	
	0,2454	1,4621	-	-		
	0,2548	-	1,5263	-		
	0,0423	-	-	0,0733	96,18	
	0,2454	1,4621	-	-		
	0,2558	-	1,5326	-		
0,1	0,0423	-	-	0,0733	92,36	
	0,2454	1,4621	-	-		
	0,2553	-	1,5298	-		
	0,0423	-	-	0,0733	98,63	
	0,2454	1,4621	-	-		
	0,2554	-	1,5344	-		
	1,0	0,1812	-	-	1,0227	99,71
		0,2454	1,4621	-	-	
		0,3829	-	2,4819	-	
		0,1812	-	-	1,0227	94,89
		0,2454	1,4621	-	-	
		0,3874	-	2,4326	-	
0,1812		-	-	1,0227	98,94	
0,2454		1,4621	-	-		
0,3788		-	2,4740	-		
0,1812		-	-	1,0227	98,94	
0,2454		1,4621	-	-		
0,3911		-	2,4577	-		
1,0	0,1812	-	-	1,0227	97,35	
	0,2454	1,4621	-	-		
	0,3782	-	2,4740	-		
	0,1812	-	-	1,0227	98,94	
	0,2454	1,4621	-	-		
	0,3988	-	2,4577	-		
	3,0	0,4689	-	-	2,9892	97,35
		0,2454	1,4621	-	-	
		0,6608	-	4,4174	-	
		0,4689	-	-	2,9892	98,86
		0,2454	1,4621	-	-	
		0,6139	-	4,4807	-	
0,4689		-	-	2,9892	100,98	
0,2454		1,4621	-	-		
0,6778		-	4,4174	-		
0,4689		-	-	2,9892	99,31	
0,2454		1,4621	-	-		
0,6359		-	4,4309	-		
3,0	0,4689	-	-	2,9892	101,53	
	0,2454	1,4621	-	-		
	0,6163	-	4,4971	-		
	0,4689	-	-	2,9892	98,09	
	0,2454	1,4621	-	-		
	0,6744	-	4,3945	-		

**Tabel 4. 39** Hasil uji perolehan kembali tembaga pada batang Selada

Konsentrasi (ppm)	Serapan	C <sub>1</sub> (ppm)	C <sub>2</sub> (ppm)	S (ppm)	UPK (%)
0,1	0,0423	-	-	0,0733	85,26
	0,1497	0,8074	-	-	
	0,1588	-	0,8699	-	
	0,0423	-	-	0,0733	102,18
	0,1497	0,8074	-	-	
	0,1606	-	0,8823	-	
	0,0423	-	-	0,0733	93,72
	0,1497	0,8074	-	-	
	0,1597	-	0,8761	-	
	0,0423	-	-	0,0733	95,49
	0,1497	0,8074	-	-	
	0,1599	-	0,8774	-	
	0,0423	-	-	0,0733	102,59
	0,1497	0,8074	-	-	
	0,1607	-	0,8826	-	
0,0423	-	-	0,0733	85,81	
0,1497	0,8074	-	-		
0,1589	-	0,8703	-		
1,0	0,1812	-	-	1,0227	100,62
	0,1497	0,8074	-	-	
	0,2856	-	1,8365	-	
	0,1812	-	-	1,0227	98,49
	0,1497	0,8074	-	-	
	0,2970	-	1,8147	-	
	0,1812	-	-	1,0227	103,41
	0,1497	0,8074	-	-	
	0,2898	-	1,8650	-	
	0,1812	-	-	1,0227	97,20
	0,1497	0,8074	-	-	
	0,3097	-	1,8015	-	
	0,1812	-	-	1,0227	103,52
	0,1497	0,8074	-	-	
	0,2899	-	1,8662	-	
0,1812	-	-	1,0227	97,45	
0,1497	0,8074	-	-		
0,3101	-	1,8041	-		
3,0	0,4689	-	-	2,9892	99,58
	0,1497	0,8074	-	-	
	0,5939	-	3,7841	-	
	0,4689	-	-	2,9892	98,41
	0,1497	0,8074	-	-	
	0,6093	-	3,7493	-	
	0,4689	-	-	2,9892	97,02
	0,1497	0,8074	-	-	
	0,5008	-	3,7076	-	
	0,4689	-	-	2,9892	100,04
	0,1497	0,8074	-	-	
	0,5287	-	3,7980	-	
	0,4689	-	-	2,9892	99,02
	0,1497	0,8074	-	-	
	0,6120	-	3,7675	-	
0,4689	-	-	2,9892	99,19	
0,1497	0,8074	-	-		
0,5981	-	3,7724	-		

**Tabel 4. 40** Hasil uji perolehan kembali tembaga pada daun Selada

Konsentrasi (ppm)	Serapan	C <sub>1</sub> (ppm)	C <sub>2</sub> (ppm)	S (ppm)	UPK (%)
0,1	0,0423	-	-	0,0733	83,08
	0,1612	0,8862	-	-	
	0,1701	-	0,9471	-	
	0,0423	-	-	0,0733	107,09
	0,1612	0,8862	-	-	
	0,1727	-	0,9647	-	
	0,0423	-	-	0,0733	98,49
	0,1612	0,8862	-	-	
	0,1717	-	0,9584	-	
	0,0423	-	-	0,0733	96,99
	0,1612	0,8862	-	-	
	0,1716	-	0,9573	-	
1,0	0,0423	-	-	0,0733	107,09
	0,1612	0,8862	-	-	
	0,1727	-	0,9647	-	
	0,0423	-	-	0,0733	85,67
	0,1612	0,8862	-	-	
	0,1704	-	0,9490	-	
	0,1812	-	-	1,0227	99,92
	0,1612	0,8862	-	-	
	0,3253	-	1,9081	-	
	0,1812	-	-	1,0227	99,58
	0,1612	0,8862	-	-	
	0,3248	-	1,9047	-	
3,0	0,1812	-	-	1,0227	100,28
	0,1612	0,8862	-	-	
	0,3135	-	1,9173	-	
	0,1812	-	-	1,0227	98,59
	0,1612	0,8862	-	-	
	0,3087	-	1,8945	-	
	0,1812	-	-	1,0227	98,59
	0,1612	0,8862	-	-	
	0,3139	-	1,8945	-	
	0,1812	-	-	1,0227	100,82
	0,1612	0,8862	-	-	
	0,3078	-	1,9173	-	
3,0	0,4689	-	-	2,9892	100,64
	0,1612	0,8862	-	-	
	0,5867	-	3,8946	-	
	0,4689	-	-	2,9892	100,52
	0,1612	0,8862	-	-	
	0,6301	-	3,8912	-	
	0,4689	-	-	2,9892	100,25
	0,1612	0,8862	-	-	
	0,5704	-	3,8831	-	
	0,4689	-	-	2,9892	102,32
	0,1612	0,8862	-	-	
	0,6087	-	3,9450	-	
3,0	0,4689	-	-	2,9892	100,52
	0,1612	0,8862	-	-	
	0,5395	-	3,8912	-	
	0,4689	-	-	2,9892	100,47
	0,1612	0,8862	-	-	
	0,6299	-	3,8897	-	

**Tabel 4. 41** Hasil uji perolehan kembali tembaga pada batang Bayam Merah

Konsentrasi (ppm)	Serapan	C <sub>1</sub> (ppm)	C <sub>2</sub> (ppm)	S (ppm)	UPK (%)
0,1	0,0423	-	-	0,0733	84,72
	0,1685	0,9360	-	-	
	0,1776	-	0,9981	-	
	0,0423	-	-	0,0733	93,72
	0,1685	0,9360	-	-	
	0,1785	-	1,0047	-	
	0,0423	-	-	0,0733	88,13
	0,1685	0,9360	-	-	
	0,1779	-	1,0006	-	
	0,0423	-	-	0,0733	70,26
	0,1685	0,9360	-	-	
	0,1760	-	0,9875	-	
	0,0423	-	-	0,0733	89,63
	0,1685	0,9360	-	-	
	0,1781	-	1,0017	-	
0,0423	-	-	0,0733	72,30	
0,1685	0,9360	-	-		
0,1762	-	0,9890	-		
1,0	0,1812	-	-	1,0227	100
	0,1685	0,9360	-	-	
	0,3165	-	1,9587	-	
	0,1812	-	-	1,0227	99,94
	0,1685	0,9360	-	-	
	0,3399	-	1,9581	-	
	0,1812	-	-	1,0227	99,53
	0,1685	0,9360	-	-	
	0,3247	-	1,9539	-	
	0,1812	-	-	1,0227	102,80
	0,1685	0,9360	-	-	
	0,3223	-	1,9874	-	
	0,1812	-	-	1,0227	96,85
	0,1685	0,9360	-	-	
	0,3134	-	1,9265	-	
0,1812	-	-	1,0227	99,21	
0,1685	0,9360	-	-		
0,3096	-	1,9507	-		
3,0	0,4689	-	-	2,9892	103,06
	0,1685	0,9360	-	-	
	0,6192	-	4,0167	-	
	0,4689	-	-	2,9892	101,67
	0,1685	0,9360	-	-	
	0,5989	-	3,9752	-	
	0,4689	-	-	2,9892	103,67
	0,1685	0,9360	-	-	
	0,6129	-	4,0352	-	
	0,4689	-	-	2,9892	102,48
	0,1685	0,9360	-	-	
	0,5874	-	3,9995	-	
	0,4689	-	-	2,9892	103,46
	0,1685	0,9360	-	-	
	0,6209	-	4,0288	-	
0,4689	-	-	2,9892	101,64	
0,1685	0,9360	-	-		
0,5545	-	3,9743	-		

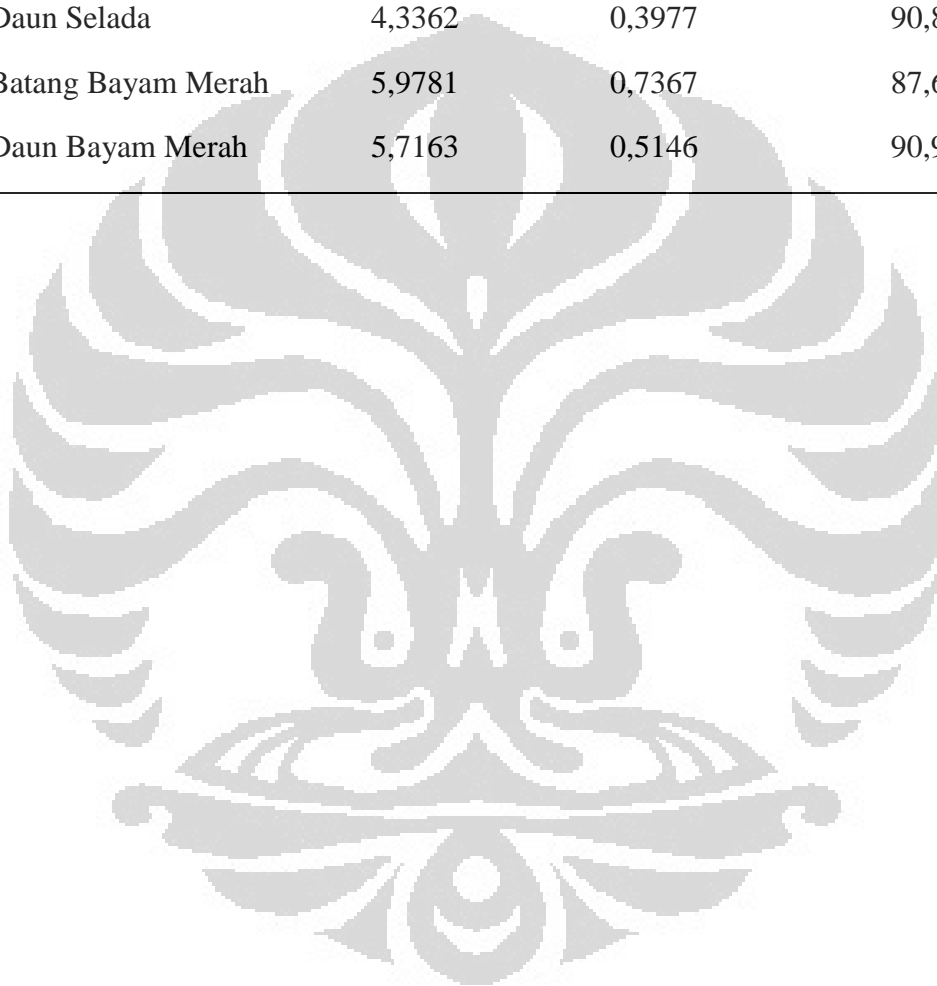
**Tabel 4. 42** Hasil uji perolehan kembali tembaga pada daun Bayam Merah

Konsentrasi (ppm)	Serapan	C <sub>1</sub> (ppm)	C <sub>2</sub> (ppm)	S (ppm)	UPK (%)
0,1	0,0423	-	-	0,0733	75,57
	0,1856	1,0531	-	-	
	0,1937	-	1,1085	-	
	0,0423	-	-	0,0733	111,32
	0,1856	1,0531	-	-	
	0,1975	-	1,1347	-	
	0,0423	-	-	0,0733	63,84
	0,1856	1,0531	-	-	
	0,1924	-	1,0999	-	
	0,0423	-	-	0,0733	79,39
	0,1856	1,0531	-	-	
	0,1941	-	1,1113	-	
	0,0423	-	-	0,0733	84,17
	0,1856	1,0531	-	-	
	0,1946	-	1,1148	-	
0,0423	-	-	0,0733	90,72	
0,1856	1,0531	-	-		
0,1953	-	1,1196	-		
1,0	0,1812	-	-	1,0227	101,85
	0,1856	1,0531	-	-	
	0,3380	-	2,0948	-	
	0,1812	-	-	1,0227	100,12
	0,1856	1,0531	-	-	
	0,3028	-	2,0771	-	
	0,1812	-	-	1,0227	96,88
	0,1856	1,0531	-	-	
	0,3013	-	2,0439	-	
	0,1812	-	-	1,0227	93,39
	0,1856	1,0531	-	-	
	0,3423	-	2,0439	-	
	0,1812	-	-	1,0227	101,85
	0,1856	1,0531	-	-	
	0,3253	-	2,0083	-	
0,1812	-	-	1,0227	98,94	
0,1856	1,0531	-	-		
0,3178	-	2,0948	-		
3,0	0,4689	-	-	2,9892	99,39
	0,1856	1,0531	-	-	
	0,6327	-	4,0109	-	
	0,4689	-	-	2,9892	101,11
	0,1856	1,0531	-	-	
	0,6349	-	4,0243	-	
	0,4689	-	-	2,9892	101,48
	0,1856	1,0531	-	-	
	0,6131	-	4,0754	-	
	0,4689	-	-	2,9892	101,05
	0,1856	1,0531	-	-	
	0,6294	-	4,0866	-	
	0,4689	-	-	2,9892	101,64
	0,1856	1,0531	-	-	
	0,5836	-	4,0737	-	
0,4689	-	-	2,9892	93,39	
0,1856	1,0531	-	-		
0,5940	-	3,8449	-		



**Tabel 4. 43** Hasil susut pengeringan sampel

Sampel	Bobot basah (gram)	Bobot kering (gram)	susut pengeringan (%)
Batang Genjer	4,9434	0,3239	93,44
Daun Genjer	5,2238	0,4768	90,87
Batang Selada	7,5928	0,3132	95,84
Daun Selada	4,3362	0,3977	90,82
Batang Bayam Merah	5,9781	0,7367	87,67
Daun Bayam Merah	5,7163	0,5146	90,99



**Tabel 4. 44** Hasil penentuan kadar timbal dalam batang Genjer, Selada, dan Bayam Merah

Sampel	Serapan	Kadar (ppm)	Berat (gram)	Kadar timbal dalam sampel (bobot kering) (mg/kg)	persentase susut pengeringan (%)	Kadar timbal dalam sampel (bobot basah) (mg/kg)	Kadar timbal rata-rata dalam sampel $\pm$ SD (mg/kg)
Batang Genjer	0,0034 0,0033 0,0036	0,1398 0,1382 0,1567	2,0207 2,0188 2,0860	0,69 0,68 0,75	93,44	0,62 0,61 0,68	0,63 $\pm$ 0,03
Batang Selada	0,0141 0,0152 0,0140	0,7447 0,8059 0,7430	2,0984 2,1065 2,0971	3,55 3,82 3,54	95,84	0,15 0,16 0,14	0,15 $\pm$ 0,01
Batang Bayam Merah	0,0093 0,0095 0,0094	0,4760 0,4885 0,4789	2,0185 2,0221 2,0193	2,35 2,41 2,37	87,67	0,28 0,30 0,29	0,29 $\pm$ 0,01

**Tabel 4. 45** Hasil penentuan kadar timbal dalam daun Genjer, Selada, dan Bayam Merah

Sampel	Serapan	Kadar (ppm)	Berat (gram)	Kadar timbal dalam sampel (bobot kering) (mg/kg)	persentase susut pengeringan (%)	Kadar timbal dalam sampel (bobot basah) (mg/kg)	Kadar timbal rata-rata dalam sampel $\pm$ SD (mg/kg)
Daun Genjer	0,0036	0,1549	2,0034	0,77	90,87	0,07	0,12 $\pm$ 0,05
	0,0057	0,2722	2,0837	1,31		0,12	
	0,0041	0,1864	2,0471	0,91		0,17	
Daun Selada	0,0139	0,7343	2,0256	3,63	90,82	0,33	0,34 $\pm$ 0,01
	0,0145	0,7654	2,0491	3,74		0,34	
	0,0148	0,7812	2,0683	3,77		0,35	
Daun Bayam Merah	0,0103	0,5292	2,0540	2,57	90,99	0,23	0,22 $\pm$ 0,01
	0,0105	0,5404	2,0976	2,58		0,23	
	0,0104	0,5301	2,0558	2,55		0,22	

**Tabel 4. 46** Hasil penentuan kadar kadmium dalam batang Genjer, Selada, dan Bayam Merah

Sampel	Serapan	Kadar (ppm)	Berat (gram)	Kadar kadmium dalam sampel (bobot kering) (mg/kg)	persentase susut pengeringan (%)	Kadar kadmium dalam sampel (bobot basah) (mg/kg)	Kadar kadmium rata-rata dalam sampel $\pm$ SD (mg/kg)
Batang Genjer	0,0177	0,0196	2,0211	0,11	93,44	0,007	0,006 $\pm$
	0,0176	0,0193	2,0173	0,09		0,006	0,001
	0,0178	0,0198	2,0835	0,08		0,005	
Batang Selada	0,0149	0,0139	2,0960	0,07	95,84	0,003	0,003 $\pm$
	0,0166	0,0174	2,1053	0,08		0,003	0,001
	0,0162	0,0133	2,0945	0,06		0,002	
Batang Bayam Merah	0,0168	0,0178	2,0183	0,08	87,67	0,009	0,009 $\pm$
	0,0177	0,0196	2,0228	0,09		0,01	0,001
	0,0171	0,0184	2,0195	0,09		0,01	

**Tabel 4. 47** Hasil penentuan kadar kadmium dalam daun Genjer, Selada, dan Bayam Merah

Sampel	Serapan	Kadar (ppm)	Berat (gram)	Kadar kadmium dalam sampel (bobot kering) (mg/kg)	persentase susut pengeringan (%)	Kadar kadmium dalam sampel (bobot basah) (mg/kg)	Kadar kadmium rata-rata dalam sampel $\pm$ SD (mg/kg)
Daun Genjer	0,0153	0,0148	2,0057	0,07	90,87	0,006	0,006 $\pm$
	0,0159	0,0159	2,0867	0,08		0,007	0,001
	0,0157	0,0156	2,0399	0,08		0,007	
Daun Selada	0,0156	0,0154	2,0240	0,07	90,82	0,006	0,007 $\pm$
	0,0164	0,0170	2,0419	0,08		0,007	0,001
	0,0168	0,0178	2,0679	0,09		0,008	
Daun Bayam Merah	0,0181	0,0206	2,0544	0,10	90,99	0,009	0,001 $\pm$
	0,0228	0,0302	2,0952	0,14		0,020	0,006
	0,0187	0,0218	2,0555	0,09		0,010	

**Tabel 4. 48** Hasil penentuan kadar tembaga dalam batang Genjer, Selada, dan Bayam Merah

Sampel	Serapan	Kadar (ppm)	Berat (gram)	Kadar tembaga dalam sampel (bobot kering) (mg/kg)	persentase susut pengeringan (%)	Kadar tembaga dalam sampel (bobot basah) (mg/kg)	Kadar tembaga rata-rata dalam sampel $\pm$ SD (mg/kg)
Batang Genjer	0,0479 0,0478 0,0479	1,1133 1,1094 1,1145	2,0732 2,0115 2,0849	5,36 5,51 5,34	93,44	0,35 0,36 0,35	0,35 $\pm$ 0,005
Batang Selada	0,0433 0,0434 0,0436	0,8074 0,8091 0,8271	2,0014 2,0097 2,0222	4,03 4,02 4,09	95,84	0,17 0,16 0,18	0,17 $\pm$ 0,01
Batang Bayam Merah	0,0452 0,0454 0,0453	0,9360 0,9401 0,9378	2,0546 2,0781 2,0570	4,55 4,52 4,56	87,67	0,56 0,55 0,56	0,55 $\pm$ 0,005

**Tabel 4. 49** Hasil penentuan kadar tembaga dalam daun Genjer, Selada, dan Bayam Merah

Sampel	Serapan	Kadar (ppm)	Berat (gram)	Kadar tembaga dalam sampel (bobot kering) (mg/kg)	persentase susut pengeringan (%)	Kadar tembaga dalam sampel (bobot basah) (mg/kg)	Kadar tembaga rata-rata dalam sampel ± SD (mg/kg)
Daun Genjer	0,2454	1,4621	2,3703	6,16	90,87	0,57	0,56±
	0,2485	1,4830	2,4115	6,14		0,56	0,005
	0,2447	1,4571	2,3668	6,15		0,56	
Daun Selada	0,1612	0,8862	2,0961	4,23	90,82	0,39	0,38±
	0,1593	0,8736	2,0957	4,16		0,38	0,005
	0,1611	0,8859	2,0958	4,22		0,39	
Daun Bayam Merah	0,1856	1,0531	2,1638	4,86	90,99	0,43	0,43±
	0,1895	1,0800	2,1704	4,97		0,44	0,005
	0,1858	1,0545	2,1642	4,87		0,43	



# LAMPIRAN



## Lampiran 1 Cara memperoleh persamaan garis linier

Persamaan garis  $y = bx + a$

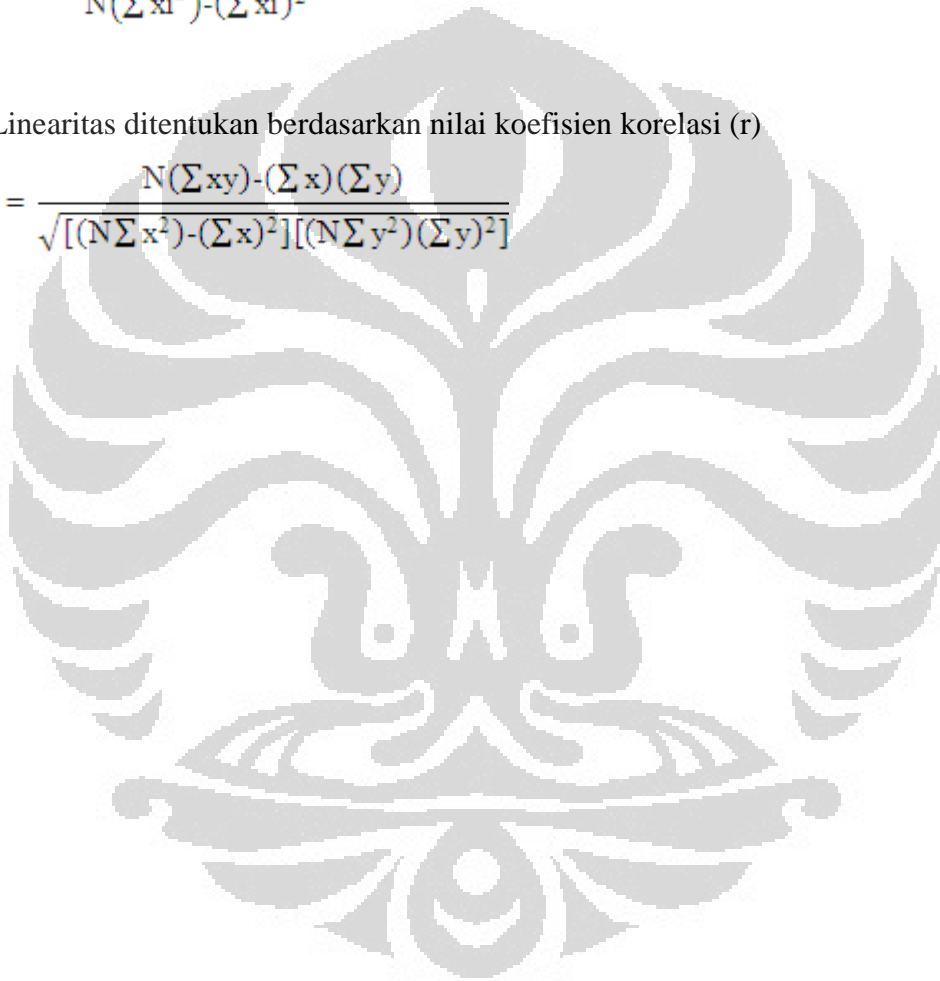
Untuk memperoleh nilai  $a$  dan  $b$  digunakan kuadrat terkecil (*least square*)

$$a = \frac{(\sum yi)(\sum xi^2) - (\sum xi)(\sum yi)}{N(\sum xi^2) - (\sum xi)^2}$$

$$b = \frac{N(\sum xi.yi) - (\sum xi)(\sum yi)}{N(\sum xi^2) - (\sum xi)^2}$$

Linearitas ditentukan berdasarkan nilai koefisien korelasi ( $r$ )

$$r = \frac{N(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[(N\sum x^2) - (\sum x)^2][(N\sum y^2) - (\sum y)^2]}}$$



## Lampiran 2 Cara perhitungan batas deteksi dan batas kuantitasi

$$S_{y/x} = \sqrt{\frac{(\sum(y-y_i))^2}{n-2}}$$

$$V_{x0} = \frac{S_{y/x}}{b\bar{x}} \times 100\%$$

Batas deteksi :  $LOD = \frac{3S_{y/x}}{b}$

Batas kuantitasi :  $LOQ = \frac{10S_{y/x}}{b}$

Contoh :

Persamaan kurva kalibrasi tembaga :  $y = 0,031583 + 0,14630x$

$$S_{y/x} = \sqrt{\frac{(0,0027-0,0028)^2 + \dots + (0,0534-0,0536)^2}{6-2}} = 2,1426 \times 10^{-4}$$

$$V_{x0} = \frac{2,1426}{0,02489 \times 1,122} \times 100\% = 0,77\%$$

Batas deteksi tembaga :  $LOD = \frac{3 \times (2,1426 \times 10^{-4})}{0,02489}$

$$LOD = 25,8 \text{ ppb}$$

Batas kuantitasi tembaga :  $LOQ = \frac{10 \times (2,1426 \times 10^{-4})}{0,02489}$

$$LOQ = 86,1 \text{ ppb}$$

## Lampiran 3 Cara perhitungan simpangan baku dan koefisien variasi

Konsentrasi rata-rata :  $\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$

Simpangan baku :  $SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$

Koefisien variasi :  $KV = \frac{SD}{\bar{x}} \times 100\%$

Contoh :

Hasil uji presisi tembaga pada daun selada dengan penambahan konsentrasi 0,2043 ppm

$x_i$  diperoleh dari hasil pengurangan konsentrasi pengukuran dengan konsentrasi sampel.

Konsentrasi pengukuran = 1,5238 ppm

Konsentrasi sampel = 0,2423 ppm

Maka,  $x_i = 1,5238 \text{ ppm} - 0,2423 \text{ ppm} = 1,2815 \text{ ppm}$

Konsentrasi rata-rata :  $\bar{x} = \frac{1,2815 + \dots + 1,2293}{5} = 1,2502$

Simpangan baku :  $SD = \sqrt{\frac{((1,2815 - 1,2502)^2 + \dots + (1,2293 - 1,2502)^2)}{5-1}} = 0,0236$

Koefisien variasi :  $KV = \frac{0,0236}{1,2502} \times 100\% = 1,89\%$

## Lampiran 4 Cara perhitungan uji perolehan kembali

$$UPK = \frac{C_2 - C_1}{S} \times 100\%$$

Keterangan :

$C_1$  = konsentrasi sampel yang tidak ditambahkan dengan standar

$C_2$  = konsentrasi sampel yang ditambahkan dengan standar

S = konsentrasi standar yang ditambahkan

Contoh :

Konsentrasi tembaga dalam daun selada yang tidak ditambah standar

= 0,8862 ppm

Konsentrasi tembaga dalam daun selada yang ditambahkan standar

= 1,8884 ppm

Konsentrasi standar yang ditambahkan = 1,0027 ppm

Maka,

$$UPK = \frac{1,8884 - 0,8862}{01,0027} \times 100\% = 97,99\%$$

## Lampiran 5 Cara perhitungan persentase susut pengeringan

$$\% \text{ susut pengeringan} = \frac{Bb - Bk}{Bb} \times 100\%$$

Keterangan :

Bb = bobot basah sampel (gram)

Bk = bobot kering sampel (gram)

Contoh :

Bobot basah sampel daun selada = 4,3362 gram

Bobot kering sampel daun selada = 0,3977 gram

Maka,

$$\% \text{ susut pengeringan} = \frac{4,3362 - 0,3977}{4,3362} \times 100\% = 90,82\%$$

## Lampiran 6 Cara perhitungan penetapan kadar

$$\text{kadar tembaga dalam sampel (bobot kering)} \left( \frac{\text{mg}}{\text{kg}} \right) = \frac{(C \times V)_{\text{sampel}}}{\text{berat sampel}}$$

$$\text{kadar logam dalam sampel (bobot basah)} \left( \frac{\text{mg}}{\text{kg}} \right) =$$

$$\frac{\text{kadar logam dalam sampel (bobot kering)} \times (100 - \% \text{ susut pengeringan})}{100}$$

Contoh :

$$\text{Berat sampel daun selada} = 2,0961 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar tembaga dalam sampel (C)} &= 0,8862 \text{ ppm} \\ &= 0,8862 \mu\text{g/mL} \end{aligned}$$

$$\text{Volume larutan sampel (V)} = 10,0 \text{ mL}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar tembaga dalam sampel (bobot kering)} &= \frac{0,8862 \mu\text{g/ml} \times 10,0 \text{ ml}}{2,0961 \text{ gram}} \\ &= 4,2278 \mu\text{g/gram} \\ &= 4,2278 \text{ mg/kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar tembaga dalam sampel (bobot basah)} &= \frac{4,2278 \text{ mg/kg} \times (100 - 90,82)}{100} \\ &= 0,3881 \text{ mg/kg} \end{aligned}$$