

**DISTRIBUSI KONSENTRASI LOGAM Cu PADA AKAR,
BATANG, DAUN DAN BUAH TANAMAN TOMAT
(*Lycopersicon esculentum*. Mill)**

SKRIPSI

**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai
gelar Sarjana Sains (S.Si.) Program Studi Ilmu Kimia
pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia
Jogjakarta**



Disusun oleh:

PAESAL

No Mhs. 00 612 069

**JURUSAN ILMU KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
JOGJAKARTA
2005**

**DISTRIBUSI KONSENTRASI LOGAM Cu PADA AKAR,
BATANG, DAUN DAN BUAH TANAMAN TOMAT
(*Lycopersicon esculentum*. Mill)**

Oleh:

Paesal

No. Mhs. 00 612 069

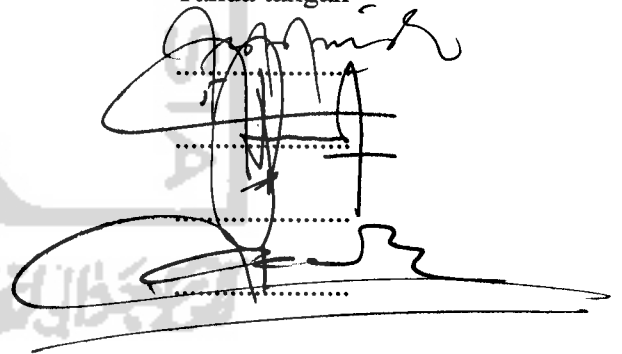
Telah dipertahankan dihadapan Panitia Penguji Skripsi
Jurusan Ilmu Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia

Tanggal : 21 April 2005

Dewan penguji

1. Is Fatimah, M.Si.
2. Tatang Shabur Julianto, S.Si.
3. Rudy Syahputra, M.Si.
4. Drs. Allwar, M.Sc.

Tanda tangan



Mengetahui

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Islam Indonesia



(Jaka Nugraha, M.Si.)

..Sungguh bersama kesukaran pasti ada kemudahan..

(Q.S. Asy Syarh : 5)

...Allah pasti akan mengangkat orang yang beriman dan berpengetahuan diantaramu beberapa tingkat lebih tinggi.....

(Q.S. Al Mujaadilah : 11)

.....Semoga Allah Swt mencintai kamu yang cinta kepadaku karenaNya....

..Cobalah untuk tidak menjadi orang yang sukses saja, tetapi menjadi orang yang berarti..

(Albert Einstein)

Skripsi ini kupersembahkan untuk :

"Ayahanda & ibunda tercinta"

Terima kasih atas segala pengorbanan, jerih payah, doa,
cinta dan kasih sayang Yang selalu tercurahkan kepada
ananda

"My big family in serayu, jogja n arab"

makasih atas segala dukungannya baik moral &
materiilnya.

My little brothers n sisters

"fadillah, faiz, fawaz, maidah, saidah, fuad, fathur, nabil,
may, mumus n etc....."

aku tau kalian pasti nge-doain
abangnya biar cepet lulus n sukses..hehehe

...."someone" who cares about me

Thanks for everything.....

Temen seperjuangan

"f-3, handy, hasyim, heru, marco, achink, baqrie, arie,
dedy, jo', eko, waty, lina, manis, bonjot, enno.....

n chemistry boys & girls 00"

Makasih atas segala kerjasama n kekompakannya

Cah WgY 81

Kalian adalah temen sejati aku, jd jangan maen plorot-
plorotan clana ya..

.....pokoke maturnuwun.....

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum wr. wb.

Dengan menyebut Nama Allah Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, pemilik semua ilmu di alam semesta dan Sholawat beserta salam marilah kita persembahkan kepada Nabi Muhammad SAW, akhirnya penulis berhasil menyelesaikan skripsi yang berjudul **“DISTRIBUSI KONSENTRASI LOGAM Cu PADA AKAR, BATANG, DAUN DAN BUAH TANAMAN TOMAT (*Lycopersicon esculentum. Mill*)”** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si.) di Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia Jogjakarta.

Merupakan suatu kehormatan dan kebahagiaan bagi penulis atas semua kemudahan dan bantuan dari semua pihak selama pembuatan skripsi ini. Dalam penulisan skripsi ini penulis banyak mendapatkan dorongan semangat dan bantuan dari berbagai pihak, untuk itu penulis pada kesempatan ini ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT atas restu dan anugerah-Nya.
2. Bapak Jaka Nugraha, S.Si., M.Si. selaku Dekan FMIPA UII.
3. Bapak Rudy Syahputra, M.Si., selaku Dosen Pembimbing I, atas bimbingan, ilmu, kritik, saran, nasehat serta pengalaman dan waktu yang telah diberikan kepada penulis.

4. Bapak Drs Allwar M.Sc, selaku Dosen Pembimbing II, atas bimbingan, ilmu, kritik, saran, nasehat serta pengalaman dan waktu yang telah diberikan.
5. Kepala Laboratorium Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam beserta staf yang telah banyak membantu pelaksanaan penelitian ini dan yang telah menyediakan fasilitas analisis selama penelitian berlangsung.
6. Teman-teman Jurusan Kimia khususnya angkatan 2000, terima kasih banyak atas bantuan dan dukungannya.
7. Serta semua orang yang membantu menyelesaikan skripsi ini

Semoga amal baik mereka dapat diterima oleh Allah SWT dan hanya Allah SWT yang mampu membalas semuanya. Akhir kata penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan, maka dari itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan skripsi ini, untuk itu penulis menghaturkan terima kasih. Dengan adanya penelitian ini diharapkan membawa manfaat bagi orang-orang banyak pada umumnya.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, Mei 2005

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
INTISARI.....	xii
ABSTRACT	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Masalah.....	3
1.4. Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
BAB III DASAR TEORI	
3.1 Tinjauan Taksonomi, Morfologi dan Anatomi Tanaman Tomat (<i>Lycopersicum esculentum mill</i>)	6
3.1.1 Taksonomi.....	6
3.1.2 Struktur Anatomi daun dan Batang.....	7
3.1.3 Jenis- jenis Tomat.....	9
3.2 Logam Berat	10
3.2.1 Logam berat Cu	11
3.2.2 Sumber dan Produksi Cu.....	12
3.2.3 Sifat dan Kegunaannya.....	13
3.2.4 Cu Bagi Organisme	14
3.3 Penyerapan Logam Berat oleh Tumbuhan	15
3.3.1 Tumbuhan Hiperakumulator Logam.....	15
3.3.2 Mekanisme Penyerapan Logam oleh Tumbuhan.....	15

3.3.3 Penyerapan oleh Akar	16
3.3.4 Translokasi di dalam pada Tumbuhan.....	17
3.3.5 Translokasi Logam pada Jaringan	18
3.4 Spektrofotometri Serapan Atom.....	18
3.4.1 Teori Spektrofotometri Serapan Atom	18
3.4.2 Gangguan Dalam Spektrofotometri Serapan Atom.....	19
3.4.3 Hukum Lambert-Beer.....	19
3.4.4 Metode Kurva Kalibrasi	20
3.4.5 Instrumen AAS	21
3.5 Hipotesis dari penelitian.....	24
BAB IV METODE PENELITIAN	
4.1 Alat dan Bahan	25
4.1.1 Alat	25
4.1.2 Bahan.....	25
4.2 Cara Kerja.....	36
4.2.1 Persiapan	26
4.2.2 Pembibitan.....	26
4.2.3 Penanaman dan perlakuan.....	26
4.2.4 Anti Kontaminan	27
4.2.5 Pembuatan larutan standar.....	27
4.2.5.1 Untuk larutan Induk Cu (II).....	27
4.2.6 Preparasi Sampel	27
4.2.7 Analisis AAS	28
4.2.8 Perhitungan Kadar Cu pada Tanaman Tomat	28
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	30
5.1 Konsentrasi Awal Logam.....	30
5.1.1 Tanaman Kontrol.....	32
5.1.2 Distribusi Logam Cu Pada Akar Tanaman Tomat	33
5.1.3 Distribusi Logam Cu Pada Batang Tanaman Tomat.....	34
5.1.4 Distribusi Logam Cu Pada Daun Tanaman Tomat	35
5.1.5 Distribusi Logam Cu Pada Buah Tanaman Tomat.....	36

5.2 Fitotoksisitas	37
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	42
6.1 Kesimpulan	42
6.2 Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN- LAMPIRAN	45



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Morfologi Tanaman Tomat	7
2. Kurva Kalibrasi	21
3. Diagram Spektrofotometer Serapan Atom	21
4. Tanaman Tomat dengan konsentrasi bervariasi	30
5. Distribusi serapan logam Cu pada tanaman tomat dengan konsentrasi 0 ppm	32
6. Distribusi logam Cu pada akar dengan konsentrasi bervariasi	33
7. Distribusi logam Cu pada batang dengan konsentrasi bervariasi.....	34
8. Distribusi logam Cu pada daun dengan konsentrasi bervariasi.....	35
9. Distribusi logam Cu pada buah dengan konsentrasi bervariasi.....	36
10. Kondisi tanaman pada konsentrasi 50 ppm pada hari ke 80	37
11. Kondisi tanaman pada konsentrasi 100 ppm pada hari ke 80	38
12. Kondisi tanaman pada konsentrasi 150 ppm pada hari ke 80	38
13. Kondisi tanaman pada konsentrasi 200 ppm pada hari ke 80	39
14. Kondisi tanaman pada konsentrasi 450 ppm pada hari ke 80	40

DAFTAR TABEL

Tabel	halaman
1. Optimasi Alat Spektrofotometer Serapan Atom	45
2. Kurva Kalibrasi	49
3. Absorbansi Sampel	51



**DISTRIBUSI KONSENTRASI LOGAM Cu PADA AKAR,
BATANG, DAUN DAN BUAH TANAMAN TOMAT
(*Lycopersicon esculentum*. Mill)**

**Paesal
No. Mhs. 00 612 069**

INTISARI

Telah dilakukan penelitian tentang distribusi konsentrasi logam Cu pada akar, batang, daun dan buah tanaman tomat (*Lycopersicon esculentum*. Mill).

Tanaman tomat tersebut diberi 2 perlakuan yaitu perlakuan pertama bibit tomat berumur 1 bulan ditanam dalam *polybag*, kemudian masing-masing *polybag* tanahnya diberi CuSO_4 dengan konsentrasi yang bervariasi yaitu dengan konsentrasi 0 ppm, 50 ppm, 100 ppm dan 200 ppm. Sedangkan perlakuan yang kedua bibit tomat tanahnya diberi CuSO_4 150 ppm setiap 20 hari sekali hingga total konsentrasi 450 ppm selama 80 hari. Kemudian kandungan Cu tersebut pada akar, batang, daun dan buah tomat ditentukan dengan Spektrofotometer Serapan Atom.

Dari hasil penelitian yang dilakukan bahwa CuSO_4 yang diberikan pada tanah dengan konsentrasi yang bervariasi, tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman. Kandungan Cu terbesar ada pada bagian akar dan yang terendah ada pada bagian batang tanaman tomat (*Lycopersicon esculentum*. Mill).

Kata kunci: logam Cu, tanaman tomat, SSA

**DISTRIBUTION OF CONCENTRATION Cu METAL IN THE
TOMATO ROOT, STICK, LEAF AND FRUIT
(*Lycopersicon esculentum*. Mill)**

**Paesal
No Mhs. 00 612 069**

ABSTRACT

The reaserch about distribution of concentration Cu metal in the tomato root, stick, leaf and fruit have been done (*Lycopersicon esculentum*. Mill)

The tomato plant was given two manner, were the first manner one month old tomato was planted at the polybag, then each polybag the soil was added by CuSO₄ with various concentration from 0 ppm, 50 ppm, 100 ppm, 150 ppm and 200 ppm. The second manner, the soil was added by CuSO₄ 150 ppm every 20 days until concentration up to 450 ppm as long 80 days. After wards, the concentration of Cu in the tomato root, stick, leaf and fruit were calculated using *Atomic Absorption Spectrophotometer*.

The result of research showed that the distribution of metal Cu adsorption with various concentration, which was added to the soil, did not influential toward the growth and the biggest Cu metal uptake was concentrated on root and lesser on the stick of tomato plant (*Lycopersicon esculentum*. Mill).

Key word: Cu metal, tomato plant, AAS

BAB I

PENDAHULUAN



1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan dan perkembangan industri yang begitu pesat tidak dapat dihindari. Salah satu masalah global sebagai dampak pesatnya perkembangan industri akhir-akhir ini adalah tingginya tingkat pencemaran, baik pencemaran udara, pencemaran tanah, pencemaran air maupun pencemaran suara. Salah satu buangan yang menyebabkan pencemaran adalah logam berat. Logam berat merupakan contoh bahan pencemar yang berbahaya, dihasilkan dari limbah industri, rumah tangga, pertambangan, dan transportasi. Semakin tinggi limbah yang dihasilkan oleh sumber pencemar maka semakin tinggi pula tingkat pencemaran logam berat dalam tanah, air maupun udara, yang akan mengganggu berbagai aspek kehidupan termasuk tumbuhan, hewan bahkan manusia.

Pada tanah, tumbuhan adalah indikator yang paling baik untuk mengetahui tercemar atau tidaknya tanah tersebut. Tumbuhan memberikan respon yang sangat baik jika terjadi kelebihan atau kekurangan zat atau senyawa tertentu. Tumbuhan mampu menyerap semua unsur atau zat yang ada dalam tanah tanpa mengetahui apakah unsur tersebut diperlukan atau tidak dan apakah unsur itu beracun atau tidak. Tumbuhan menunjukkan respon melalui penampakan morfologis dan anatomisnya.

Menurut Heryando Palar (1994) logam berat Cu digolongkan kedalam logam berat dipentingkan atau logam berat essensial, artinya meskipun logam berat beracun unsur logam berat ini sangat dibutuhkan tubuh meski dalam jumlah yang sedikit. Toksisitas yang dimiliki oleh logam Cu baru akan bekerja dan memperlihatkan pengaruhnya bila logam ini telah masuk kedalam tubuh organisme dalam jumlah besar atau melebihi nilai toleransi organisme terkait.

Kadar Cu yang melewati ambang batas toleransi dapat menyebabkan klorosis akibat adanya penurunan kandungan klorofil. Dengan demikian tumbuhan yang menyerap Cu secara berlebih daunnya tidak berwarna hijau dan akibat yang fatal adalah kematian (Jamil, 1993). Sumber Cu yang paling besar dan sering ditemukan dalam kehidupan sehari-hari adalah pestisida dan debu-debu Cu atau partikulat-partikulat Cu yang ada dalam lapisan udara yang dibawa turun oleh air hujan (Palar, 1994).

Tanaman tomat sebagai salah satu jenis makanan yang banyak dikonsumsi manusia juga tidak lepas dari kontaminasi logam berat Cu. Penggunaan pupuk yang berlebih yang banyak mengandung logam berat dan lokasi penanaman yang dekat dengan sumber pencemar akan sangat mempengaruhi akumulasi logam berat dalam tanaman tomat. Sehingga perlu penelitian tentang distribusi konsentrasi logam Cu pada tanaman tomat dan kandungan logam Cu tersebut pada akar, batang, daun dan buah tomat (*Lycopersicon esculentum*. Mill).

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh konsentrasi awal logam Cu terhadap daya serap tanaman ?
2. Dimanakah konsentrasi logam terbesar dengan bertambahnya konsentrasi logam Cu yang diberikan pada morfologi tanaman tomat (akar, batang, daun, dan buah) ?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mempelajari penyerapan yang dipengaruhi oleh konsentrasi awal logam Cu terhadap kemampuan penyerapan logam oleh tanaman tomat.
2. Mengetahui konsentrasi logam terbesar pada morfologi tanaman tomat (akar, batang, daun dan buah)

1.4 Manfaat Penelitian

1. Memberikan informasi tentang logam berat yang dapat diserap oleh tanaman tomat
2. Untuk mengetahui mekanisme terakumulasinya logam Cu tersebut pada akar, batang, daun dan buah tomat. Sehingga dengan konsentrasi Cu yang tinggi pada tanaman tomat maka para konsumen perlu berhati-hati dalam mengkonsumsi buah tomat sebagai makanan sehari-hari karena tanaman pangan tidak saja ditentukan oleh produktivitas dan nilai gizinya, namun lebih penting bebas dari senyawa-senyawa toksik.

BAB II

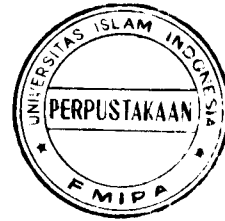
TINJAUAN PUSTAKA

Telah dilakukan penelitian oleh Fransisca (2001) pada tanaman kacang tanah (*Arachis hypogaea*) dengan memaparkan Pb nitrat kedalam tanah secara bervariasi yaitu dengan konsentrasi 0 ppm, 300 ppm, 500 ppm dan 700 ppm. Kemudian kadar Pb pada akar, daun dan biji ditentukan dengan Spektroskopi serapan atom (SSA) dengan destruksi basah. Kadar Pb dalam akar, daun dan biji kacang tanah meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi pemaparan Pb nitrat. Pada semua konsentrasi pemaparan Pb nitrat, konsentrasi Pb pada akar jauh lebih tinggi dari pada konsentrasi logam tersebut pada daun dan biji. Kadar Pb pada akar yang tertinggi diperoleh pada konsentrasi pemaparan Pb nitrat 700 ppm yaitu 166,48 ppm, sedangkan yang terendah diperoleh pada kontrol yaitu 32,83 ppm. Kadar Pb pada daun yang diperoleh pada konsentrasi pemaparan Pb nitrat 700 ppm yaitu 28,33 ppm, sedangkan yang terendah pada kontrol yaitu 17,30 ppm. Kadar Pb pada biji yang tertinggi diperoleh pada konsentrasi pemaparan Pb nitrat 700 ppm yaitu 39,75 ppm, sedangkan yang terendah pada kontrol yaitu 11,71 ppm.

Telah dilakukan penelitian oleh Linda (2001) pada tanaman tomat dan cabe rawit dengan pemaparan Pb nitrat kedalam tanah secara bervariasi yaitu dengan konsentrasi 700 ppm, 500 ppm, 300 ppm dan 0 ppm sebagai kontrol, masing-masing 3 kali ulangan. Kemudian diukur kadar Pb nya dengan Spektroskopi Serapan Atom (SSA). Hasil menunjukkan bahwa pertumbuhan

tanaman mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya konsentrasi Pb nitrat yang dipaparkan. Pada tanaman tomat pemaparan 500 ppm dan 700 ppm tidak terbentuk buah, sedangkan tanaman cabe rawit masih berbuah sampai pemaparan 700 ppm. Kadar Pb daun tomat tertinggi 1,229 ppm (pemaparan 700 ppm) dan terendah 0,414 ppm (kontrol), sedangkan pada cabe rawit tertinggi 0,772 ppm (pemaparan 700 ppm) dan terendah 0,615 ppm (kontrol). Kadar Pb buah tomat tertinggi pada pemaparan 300 ppm yaitu 0,260 ppm, sedangkan kadar Pb terendah terdapat pada buah tomat (kontrol) yaitu 0,174 ppm. Kadar Pb pada buah cabe rawit tertinggi pada pemaparan 700 ppm yaitu 0,331 ppm.

Telah dilakukan penelitian oleh Ernawati (2004) pada tanaman tomat (*Lycopersicon sculentum*. Mill), dengan pemaparan Pb nitrat kedalam tanah secara bervariasi yaitu dengan konsentrasi 200 ppm, 150 ppm, 100 ppm, 50 ppm dan 0 ppm sebagai kontrol kemudian kadar Pb tersebut dalam akar, batang, daun dan buah tomat ditentukan dengan Spektroskopi Serapan Atom (SSA) dengan Destruksi Basah. Kadar Pb dalam tanaman tomat ini seharusnya mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya konsentrasi $Pb(NO_3)_2$ pada tanah, namun setelah dilakukan analisis uji ANAVA dengan pemberian $Pb(NO_3)_2$ pada tanah dengan konsentrasi 50 ppm, 100 ppm, 150 ppm, 200 ppm dan 450 ppm menunjukkan bahwa tidak adanya pengaruh yang signifikan terhadap pemberian $Pb(NO_3)_2$ pada tanah.



BAB III

DASAR TEORI

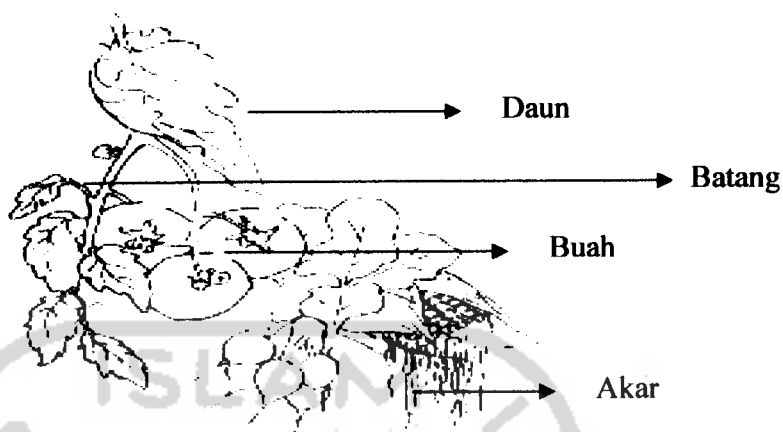
3.1 Tinjauan Taksonomi, Morfologi dan Anatomi Tanaman Tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill)

3.1.1 Taksonomi

Menurut ilmu tumbuh-tumbuhan (botani), tomat diklasifikasikan ke dalam golongan sebagai berikut :

- Kingdom : Plantea (tumbuh-tumbuhan)
- Divisio : Spermatophyta (tumbuhan berbiji)
- Subdivisio : Angiospermae (berbiji tertutup)
- Kelas : Dicotylodenae (biji berkeping satu)
- Ordo : Tubiflorae
- Famili : Solanaceae
- Genus : Lycopersicum
- Spesies : *Lycopersicum esculentum* Mill

Berdasarkan klasifikasi botani itu, tanaman tomat masih satu keluarga dengan kentang (*Solanum tuberosum* L.), terong (*Solanum melongena* L.), leunca (*Solanum nigrum* L.), tokokak (*Solanum torvum* sp), dan cabe (*Capsicum annum* L.) (Wiryanta, W, 2002).



Gambar 1. Morfologi tanaman tomat

Tanaman tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill) merupakan herba yang berumur pendek, tegak atau bersandar pada tanaman lain, sering bercabang banyak dan berbau kuat serta tidak berduri, tinggi 0,5-2,5 m, bagian yang hijau berambut banyak. Batang dapat bulat, menebal pada buku-buku, kasar dan rapuh, daun lemas, bulat telur memanjang dengan ujung runcing, yang lebih besar bergerigi, berlekuk menyirip kasar. Bunga berkumpul menjadi 2 baris bercabang berseling, bertangkai, arah tangkai ditengah-tengah beruas, kelopak sampai dekat pangkal terbagi dalam taju runcing. Mahkota kuning belerang, bakal buah memanjang, bentuk bola atau jorong melintang, gundul, biji banyak, pipih, dan kuning kecoklatan (Van steenis, 1973).

3.1.2 Struktur anatomi daun dan batang

Daun tersusun oleh jaringan-jaringan epidermis atas dan bawah, mesofil dan jaringan pengangkut (Esau, 1997). Mesofil merupakan jaringan dasar pada daun yang berfungsi mengadakan proses fotosintesis. Mesofil pada tumbuhan *Dicotyledoneae* terdiferensiasi menjadi jaringan tiang dan jaringan bunga karang.

Jaringan tiang sel-selnya silindris memanjang banyak mengandung kloroplas dan tersusun dalam ikatan yang padat. Jaringan bunga karang sel-selnya tidak teratur, berisi kloroplas, sel-selnya dipisahkan oleh ruang antar sel. Berkas pengangkut pada ibu tulang daun mempunyai tipe bikolateral yaitu daerah floem tidak terdapat serabut sklerenkim, ada dua macam floem yaitu floem luar yang terdapat pada sisi adaxial. Daerah xilem terdiri dari daerah yang agak luas tersusun dari trakea, jaringan yang langsung terletak dibawah epidermis adalah kolenkim, yang terdiri dari beberapa lapis sel (Metcalf dan Chalk, 1957).

Menurut Esau 1965, stoma adalah suatu celah yang dibatasi oleh sepasang sel penutup, yang keseluruhannya dianggap sebagai satu unit yang terdapat pada epidermis. Sel penutup merupakan sel hidup dan berfungsi dalam membuka dan menutup stoma. Besar kecilnya stoma tergantung pada turgor kedua sel penutupnya. Dinding sel penutup mempunyai bagian yang tebal dan tipis yang bereaksi terhadap perubahan tekanan turgor. Variasi penebalan tergantung pada jenis tumbuhannya, namun konstan untuk setiap jenis (Metcalf dan Chalk, 1957). Sel tetangga mempunyai vakuola yang besar berisi air. Dinding sel primer yang tipis antara sel penutup dengan sel tetangga memungkinkan transport air ke dalam sel penutup (Pandey, 1982). Fungsi stoma pada umumnya sebagai jalan pertukaran gas diantara jaringan tumbuhan dan atmosfer, sebagai pengatur penguapan, tempat berlangsungnya transpirasi dan fotosintesis (Fahn, 1974) .

Epidermis batang terdiri satu lapis sel-sel bentuk persegi. Sebagian dari sel-sel epidermis batang mengalami spesialisasi menjadi trikoma dan stoma. (Esau,1977). Daerah korteks sebagian besar terdiri dari sel-sel parenkim yang

berfungsi sebagai jaringan dasar, disebelah dalam terdapat sklerenkim sebagai jaringan penguat, stela pada batang bertipe eustele yaitu stela dengan jendela daun dan jaringan Interfasikuler tidak dapat dipisahkan satu sama lain. Berkas pengangkut batang bertipe dikolateral yaitu mempunyai floem luar dan floem dalam dengan xilem juga terletak diantaranya, xilem berguna untuk mengangkut air serta mineral-mineral dari tanah ke bagian lain dari tubuh tanaman. Unsur-unsur xilem yaitu unsur trakeal, serabut xilem dan parenkim kayu. Floem berguna untuk mengangkut hasil-hasil asimilasi dari daun ke bagian penyimpanan makanan cadangan. Unsur-unsur floem yaitu sel-sel floem (sel dan buluh tapis), sel pengiring, sel parenkim, serabut dan sklereida. Empulur dari jari-jari empulur pada batang terdapat diantara berkas pengangkut (Esau, 1977).

3.1.3 Jenis-jenis Tomat

Berdasarkan bentuknya, buah tomat dibedakan menjadi lima jenis :

- a. Tomat Biasa (*Lycopersicum esculentum* Mill, Var. *commune* Bailey). Berbentuk bulat pipih tidak teratur, sedikit beralur terutama di dekat tangkai. Tomat jenis ini banyak ditemui dipasar-pasar lokal.
- b. Tomat Apel atau Pir (*Lycopersicum esculentum* Mill, var. *pyriforme* Alef.). Berbentuk bulat seperti buah apel atau buah pir.
- c. Tomat Kentang atau Tomat Daun Lebar (*Lycopersicum esculentum* Mill, Var. *grandifolium* Bailey). Berbentuk bulat besar, padat dan kompak. Ukuran buahnya lebih besar dibandingkan dengan tomat apel.
- d. Tomat Tegak (*Lycopersicum esculentum* Mill, Var. *Validum* Bailey). Buahnya berbentuk agak lonjong dan teksturnya keras. Sementara itu daunnya rimbun,

bentuknya keriting dan berwarna kelam. Pertumbuhan tanaman tegak dengan percabangannya mengarah keatas.

- e. Tomat Cherry (*Lycopersicum esculenium* Mill, var. *cerasiforme* (Dun) Alef.). Buahnya yang berukuran kecil berbentuk bulat atau bulat memanjang (Bernardius, 2002).

3.2 Logam Berat

Logam berat masih termasuk golongan logam dengan kriteria-kriteria yang sama dengan logam-logam lain. Perbedaan terletak pada pengaruh yang ditimbulkan oleh logam berat ini apabila berikatan dan atau masuk kedalam tubuh organisme hidup. Semua logam berat dapat menjadi bahan racun yang dapat meracuni tubuh makhluk hidup, sebagai contoh adalah timah hitam (Pb), logam merkuri (Hg), kadmium (Cd) dan khrom (Cr). Namun demikian, meski semua logam berat dapat mengakibatkan keracunan bagi makhluk hidup, sebagian dari logam-logam berat tersebut tetap dibutuhkan oleh makhluk hidup. Kebutuhan akan logam tersebut berada dalam jumlah yang sangat sedikit, tetapi bila tidak terpenuhi maka akan dapat berakibat fatal terhadap kelangsungan hidup (Palar, 1994).

Menurut Kristanto (1989), berdasarkan tingkat bahayanya terhadap kesehatan, logam berat dapat dikelompokkan sebagai berikut :

1. Sangat beracun

Logam dari kelompok ini dapat mengakibatkan gangguan kesehatan yang tidak dapat pulih dalam waktu singkat dan bahkan menyebabkan kematian. Logam yang termasuk dalam kelompok ini adalah Pb, Hg, Cd, Cr, As, Sb, Ti, U, dan Be.

2. Moderat

Logam dari kelompok ini mengakibatkan gangguan kesehatan baik yang dapat pulih ataupun yang tidak dapat pulih dalam waktu yang lama. Logam yang termasuk kelompok ini adalah Ba, Bo, Cu, Au, Li, Mn, Se, Te, Va, Ge dan Rb.

3. Kurang beracun

Dalam konsentrasi yang besar dapat menimbulkan gangguan kesehatan. Logam dari kelompok ini adalah Bi, Co, Fe, Ga, Mg, Ni, K, Ag, Ti dan Zn.

4. Tidak beracun

Logam tidak beracun adalah logam yang tidak menimbulkan gangguan kesehatan. Logam yang termasuk dalam kelompok ini adalah Al, Na, Sr dan Ca.

3.2.1 Logam berat Cu

Tembaga dengan nama kimia Cupprum dilambangkan dengan Cu, unsur logam ini berbentuk kristal dengan warna kemerahan. Dalam table periodik unsur-unsur kimia tembaga menempati posisi dengan nomor atom (NA) 29 dan mempunyai bobot atau berat atom (BA) 63,546.

Unsur tembaga dialam dapat ditemukan dalam bentuk logam bebas akan tetapi lebih banyak ditemukan dalam bentuk persenyawaan atau sebagai senyawa padat dalam bentuk mineral. Dalam badan perairan laut tembaga dapat ditemukan dalam bentuk persenyawaan ion seperti CuCO_3^- , CuOH^- dan lain sebagainya. Pada batuan mineral atau lapisan tanah, tembaga dapat ditemukan dalam bentuk-bentuk seperti:

- *Chalcocote* (Cu_2S)
- *Covellite* (CuS)

- *Chalcopyrite* (CuFeS_2)
- *Bornite* (Cu_5FeS_4)
- *Enargite* [$\text{Cu}_3(\text{AsSb})\text{S}_4$]

Selain dari bentuk-bentuk mineral tersebut logam tembaga juga dapat ditemukan dalam bentuk teroksidasi seperti bijih:

- *Cuprite* (Cu_2O)
- *Tenorite* (CuO)
- *Malachite* [$\text{CuCO}_3\text{Cu}(\text{OH})_2$]

3.2.2 Sumber dan produksi Cu

Untuk dapat masuk kedalam suatu tatanan lingkungan, Cu dapat masuk melalui bermacam-macam jalur dan dari bermacam-macam sumber. Secara global sumber masuknya unsur logam Cu dalam tatanan lingkungan adalah secara alamiah dan non alamiah.

Secara alamiah Cu dapat masuk kedalam tatanan lingkungan sebagai akibat dari berbagai peristiwa alam. Unsur ini dapat bersumber dari peristiwa pengikisan (erosi) dari batuan mineral. Sumber lain adalah debu-debu dan atau partikulat-partikulat Cu yang ada dalam lapisan udara yang dibawa turun oleh air hujan. Sedangkan yang secara non alamiah Cu masuk kedalam tatanan lingkungan sebagai akibat dari aktifitas manusia, sebagai contoh adalah buangan industri yang memakai Cu dalam proses produksinya, industri galangan kapal karena digunakannya Cu sebagai campuran bahan pengawet, industri pengelolaan kayu, buangan rumah tangga, dan lain sebagainya.

Pada umumnya Cu diperoleh dari hasil penambangan. Untuk mendapat produksi Cu yang baik, harus melalui tahapan-tahapan proses. Tahapan-tahapan proses tersebut meliputi proses penghalusan bijih Cu, pemekatan secara flotasi, pembakaran pada suhu 600- 800°C, untuk menghilangkan kandungan belerangnya dan proses peleburan dengan cara pembakaran pada suhu 1100- 1600°C.

3.2.3 Sifat dan kegunaanya

Secara kimia, senyawa-senyawa dibentuk oleh logam Cu (tembaga) mempunyai bilangan valensi +1 dan +2. berdasarkan bilangan valensi yang dibawanya. Yang mempunyai valensi +1 dinamakan cuppro dan cuppry untuk yang bervalensi +2.

Kedua jenis ion Cu tersebut dapat membentuk kompleks-kompleks yang sangat stabil. Sebagai contoh adalah senyawa $\text{Cu}(\text{NH}_3)_6\text{Cl}_2$. logam Cu dan beberapa bentuk persenyawaannya seperti CuO , CuCO_3 , $\text{Cu}(\text{OH})_2$ dan $\text{Cu}(\text{CN})_2$, tidak dapat larut dalam air dingin atau panas tetapi mereka larut dalam asam. Logam Cu itu sendiri dapat dilarutkan dalam senyawa asam sulfat (H_2SO_4) panas dan dalam larutan basa NH_4OH . Senyawa CuO dapat larut dalam NH_4Cl dan KCN .

Sesuai dengan sifat kelogamannya, Cu dapat membentuk alloy dengan bermacam-macam logam. Alloy-alloy yang dibentuk dengan logam-logam lain itu digunakan secara meluas sesuai dengan sifat alloy yang membentuknya.

Dalam bidang industri lainnya senyawa Cu banyak digunakan sebagai contoh adalah industri cat sebagai antifoling, industri insektisida dan fungisida dan lain-lain. CuO banyak digunakan sebagai katalis, baterai, elektroda, penarik sulfur atau belerang dan sebagai pigmen serta pencegah pertumbuhan lumut. Turunan senyawa-

senyawa Cu karbonat banyak digunakan sebagai pigmen, insektisida, fungisida dan pewarna kuning. Selain itu senyawa tembaga sulfat juga banyak digunakan dalam bidang pertanian, peternakan, industri petroleum dan lain-lain (Palar, 1994).

3.2.4 Cu bagi organisme

Sebagai logam berat, Cu berbeda dengan logam-logam berat lainnya seperti Hg, Cd dan Cr. Logam berat Cu digolongkan kedalam berat dipentingkan atau logam berat esensial: artinya meskipun Cu merupakan logam berat beracun, unsur logam ini sangat dibutuhkan tubuh meski dalam jumlah yang sedikit, karena itu Cu juga termasuk kedalam logam-logam esensial bagi manusia, seperti Fe dan lain-lain. Toksisitas yang dimiliki oleh Cu baru akan bekerja dan memperlihatkan pengaruhnya bila logam ini telah masuk kedalam tubuh organisme dalam jumlah besar atau melebihi nilai toleransi organisme terkait.

Kebutuhan manusia terhadap tembaga cukup tinggi. Manusia dewasa membutuhkan sekitar 30 μg Cu perkilogram berat tubuh. Pada anak-anak jumlah Cu yang dibutuhkan adalah 40 μg Cu perkilogram berat tubuh, sedangkan pada bayi dibutuhkan 80 μg Cu perkilogram berat tubuh. (sumber :WHO, 1973- cit Friberg – 1977)

Konsumsi tembaga yang baik bagi manusia dewasa adalah 2,5 mg/kg berat tubuh/hari, sedangkan untuk anak-anak adalah 0,05 mg/kg berat tubuh/hari.

3.3. Penyerapan Logam Berat Oleh Tumbuhan

3.3.1. Tumbuhan hiperakumulator logam

Tumbuhan hiperakumulator adalah tumbuhan yang mempunyai kemampuan untuk mengkonsentrasikan logam di dalam biomasanya dalam kadar yang luar biasa tinggi. Kebanyakan tumbuhan mengakumulasi logam, misalnya nikel, sebesar 10 mg/kg berat kering (BK) (setara dengan 0,001%). Tetapi tumbuhan hiperakumulator logam mampu mengakumulasi hingga 11% BK. Batas kadar logam yang terdapat di dalam biomassa agar suatu tumbuhan dapat disebut hiperakumulator berbeda-beda bergantung pada jenis logamnya (Baker, 1999). Untuk kadmium, kadar setinggi 0,01% (100 mg/kg BK) dianggap sebagai batas hiperakumulator. Sedangkan batas bagi kobalt, tembaga dan timbal adalah 0,1% (1.000 mg/kg BK) dan untuk seng dan mangan adalah 1% (10.000 mg/kg BK).

Kemampuan sebagian tumbuhan tersebut dalam menyerap dan mengakumulasi logam berat. Di antara tumbuhan hiperakumulator tersebut, *Sebertia acuminata* dari Kaledonia Baru perlu mendapat catatan khusus karena kemampuannya yang luar biasa dalam mengakumulasi nikel. Sedemikian besarnya kadar nikel di dalam lateksnya sehingga bila batang dilukai, lateks yang keluar berwarna hijau-biru, yaitu warna nikel oksida (Reuther, 1998).

3.3.2 Mekanisme penyerapan logam oleh tumbuhan

Semua tanaman mempunyai kemampuan mekanisme penyerapan yang memungkinkan pergerakan ion menembus membran sel, terutama nitrat dan ammonium, fosfat, K, Ca, sulfat, Mg, Cu, Bo, Zn, dan Mo. Tambahan pula, kisaran

amat luas dari unsur lain, dari yang berlimpah Al, Na sampai unsur tersmbunyi seperti titanium dan unsur – unsur yang sama diakumulasi oleh tanaman.

Penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tumbuhan dapat dibagi menjadi tiga proses yang sinambung, yaitu penyerapan logam oleh akar, translokasi logam dari akar ke bagian tumbuhan lain, dan lokalisasi logam pada bagian sel tertentu untuk menjaga agar tidak menghambat metabolisme tumbuhan tersebut. (Prayitno dan Prayitno, 2004).

Terdapat 2 sifat pengambilan ion oleh tanaman yaitu faktor konsentrasi, dimana kemampuan tanaman untuk mengakumulasi ion sampai satu konsentrasi, yang kadang – kadang beberapa tingkat lebih besar dari pada dalam medium, dan faktor perbedaan kuantitatif yang ada diantara spesies tanaman dan kebutuhan terhadap hara yang berbeda (Fisher dan Hay, 1992).

Seluruh Subtansi yang terdapat dalam larutan pada tanah atau benda – benda air, terserap oleh akar – akar tumbuhan layaknya spon menyerap suatu cairan dan apa saja yang terkandung di dalamnya tanpa seleksi (Epstein, 1972).

3.3.3. Penyerapan oleh akar.

Telah diketahui, bahwa agar tumbuhan dapat menyerap logam maka logam harus dibawa ke dalam larutan di sekitar akar (rizosfer) dengan beberapa cara bergantung pada spesies tumbuhannya.

Perubahan pH pada *Thlaspi caerulescens*, mobilisasi seng dipacu dengan terjadinya penurunan pH pada daerah perakaran sebesar 0,2-0,4 unit (McGrath, 1997).

Mekanisme penyerapan besi lewat pembentukan suatu zat khelat yang disebut fitosiderofor telah diketahui secara mendalam pada jenis rumput-rumputan (Marschner dan Romheld, 1994). Molekul fitosiderofor yang terbentuk ini akan mengikat (mengkhelat) besi dan membawanya ke dalam sel akar melalui peristiwa transport aktif. Selain aktif terhadap besi, fitosiderofor dapat mengikat logam lain seperti seng, tembaga dan mangan. Sekarang diketahui, bahwa berbagai molekul lain berfungsi serupa, misalnya histidin yang meningkatkan penyerapan nikel pada *Alyssum* sp. (Kramer et al., 1996) dan suatu senyawa peptida khusus, fitokhelatin, yang mengikat selenium pada *Brassica juncea* (Speiser et al., 1992) dan logam lain seperti timbal, kadmium dan tembaga (Gwozdz et al., 1997).

Pembentukan reduktase spesifik logam. Di dalam meningkatkan penyerapan besi, tumbuhan membentuk suatu molekul reduktase di membran akarnya (Marschner dan Romheld, 1994). Reduktase ini berfungsi mereduksi logam yang selanjutnya diangkut melalui kanal khusus di dalam membran akar.

3.3.4. Translokasi di dalam tubuh tumbuhan.

Setelah logam dibawa masuk ke dalam sel akar, selanjutnya logam harus diangkut melalui jaringan pengangkut, yaitu xilem dan floem, ke bagian tumbuhan lain. Untuk meningkatkan efisiensi pengangkutan, logam diikat oleh molekul khelat. Berbagai molekul khelat yang berfungsi mengikat logam dihasilkan oleh tumbuhan, misalnya histidin yang terikat pada Ni (Kramer et al., 1996) dan fitokhelatin-glutation yang terikat pada Cd (Zhu et al., 1999).

3.3.5. Translokasi logam pada jaringan.

Untuk mencegah peracunan logam terhadap sel, tumbuhan mempunyai mekanisme detoksifikasi, misalnya dengan menimbun logam di dalam organ tertentu seperti akar (untuk Cd pada *Silene dioica* [Grant et al., 1998]), trikhoma (untuk Cd [Salt et al., 1995]), dan lateks (untuk Ni pada *Serbetia acuminata* [Collins, 1999]).

3.4 Spektrofotometri Serapan Atom

3.4.1 Teori spektrofotometri serapan atom

Spektroskopi serapan atom atau *atomic absorption spectroscopy* (AAS) sangat tepat untuk analisis unsur pada konsentrasi rendah. Teknik ini mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan metode spektroskopi emisi konvensional. Pada metode konvensional, emisi tergantung pada sumber eksitasi. Bila eksitasi dilakukan secara termal, maka ia bergantung pada temperatur sumber. Selain itu eksitasi termal tidak terlalu spesifik, dan eksitasi secara serentak pada berbagai spesies dalam suatu campuran dapat saja terjadi. Sedangkan dengan nyala, eksitasi unsur-unsur dengan tingkat energi eksitasi yang rendah dapat dimungkinkan. Tentu saja perbandingan banyaknya atom yang tereksitasi terhadap atom yang berada pada tingkat dasar harus cukup besar. Karena metode serapan atom hanya tergantung pada perbandingan ini dan tidak bergantung pada temperatur. Metode serapan sangatlah spesifikasi, Logam-logam yang membentuk campuran kompleks dapat dianalisis dan selain itu tidak selalu diperlukan sumber energi yang besar.

Metode AAS berprinsip pada absorpsi cahaya oleh atom. Atom-atom menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsurnya.

Cahaya pada panjang gelombang ini mempunyai cukup energi untuk mengubah tingkat elektronik suatu atom. Transisi elektronik suatu unsur bersifat spesifik. Dengan absorpsi energi, berarti memperoleh lebih banyak energi, suatu atom pada keadaan dasar akan naik ke tingkat energi eksitasi (Khopkar, 1990).

3.4.2 . Gangguan dalam Spektrofotometri Serapan Atom

Secara umum ada 3 macam gangguan dalam spektrofotometri serapan atom (Khopkar, 1990), yaitu :

1. Gangguan ionisasi

Biasanya terjadi pada unsur alkali dan alkali tanah karena unsur-unsur tersebut mudah terionisasi dalam nyala. Gangguan ini dapat diatasi dengan menambahkan unsur yang lebih mudah terionisasi.

2. Gangguan akibat pembentukan senyawa *refractory*

Gangguan ini diakibatkan oleh reaksi antara analit dengan senyawa kimia yang dapat menghasilkan suatu senyawa yang sulit terurai (*refractory*).

3. Gangguan fisik

Gangguan fisik adalah parameter yang dapat mempengaruhi kecepatan sampl sampai ke nyala. Parameter-parameter tersebut adalah : kecepatan alir gas, berubahnya viskositas sampel akibat temperatur atau solven, dan perubahan temperatur nyala.

3.4.3. Hukum Lambert-Beer

Aspek kuantitatif dari metode spektrofotometri diterangkan oleh hukum Lambert-Beer, yaitu :

$$A = \epsilon \cdot b \cdot c \quad \text{atau} \quad A = a \cdot b \cdot c \dots\dots\dots(2)$$

Dimana: A = Absorbansi

ϵ = Absorptivitas molar

a = Absorptivitas

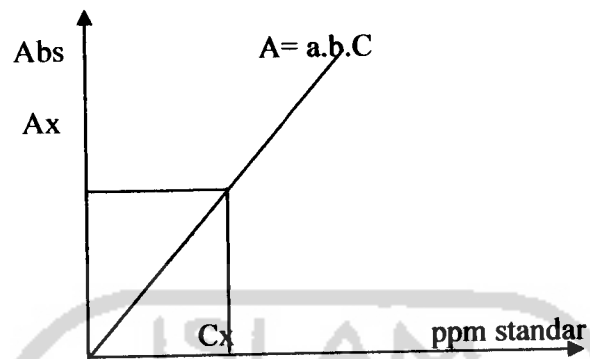
b = Tebal media

c = Konsentrasi

Absorptivitas molar (ϵ) dan absorptivitas (a) adalah suatu konstanta dan nilainya spesifik untuk jenis zat dan panjang gelombang tertentu, sedangkan tebal media (sel) dalam prakteknya dibuat tetap. Dengan demikian absorbansi suatu spesies akan merupakan fungsi linier dari konsentrasi, sehingga dengan mengukur absorbansi suatu spesies, konsentrasinya dapat ditentukan dengan membandingkannya dengan konsentrasi larutan standar.

3.4.4 Metode Kurva Kalibrasi

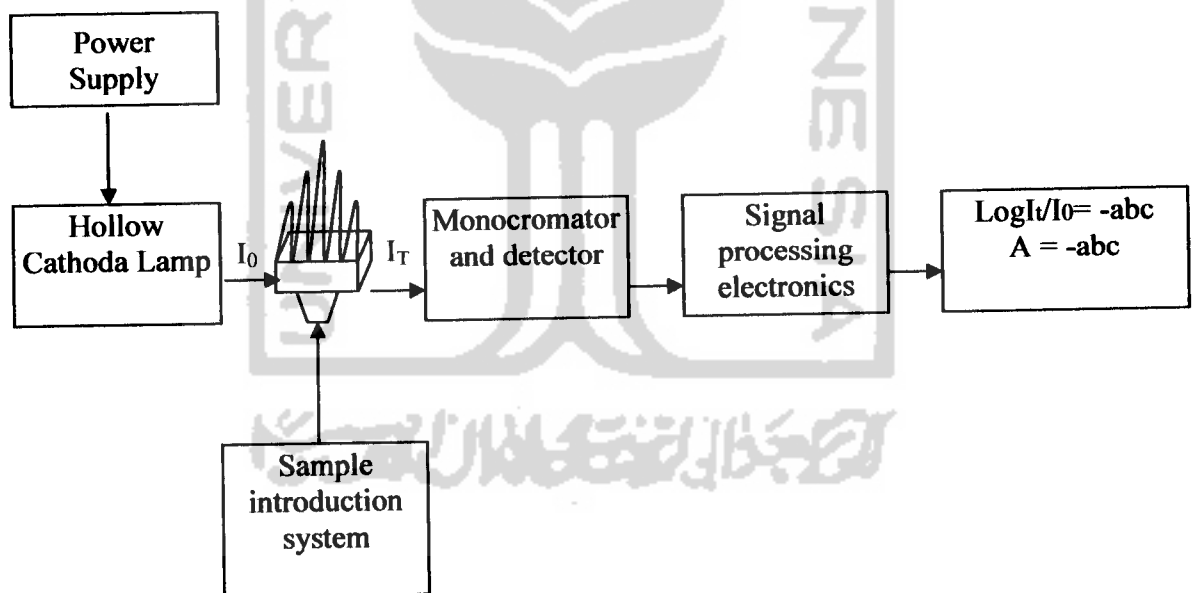
Dalam metode ini dibuat suatu seri larutan sampel dan standar dengan berbagai konsentrasi dan absorbansi dari larutan tersebut diukur dengan AAS. Langkah selanjutnya adalah membuat grafik antara konsentrasi (C) dengan absorbansi (A) yang akan merupakan garis lurus melewati titik nol dengan slope = $\epsilon \cdot b$. atau slope = $a \cdot b$. Konsentrasi larutan sampel dapat dicari setelah absorbansi larutan sampel diukur dan diinterpolasi ke dalam kurva kalibrasi atau dimasukkan kedalam persamaan garis lurus yang diperoleh dengan menggunakan program regresi linier pada kurva kalibrasi.



Gambar 2. Kurva kalibrasi

3.4.5 Instrumen AAS

Diagram blok dari instrumentasi AAS ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 3. Diagram Spektrofotometer Serapan Atom (Mudasir, 2003)

Komponen utama alat spektrofotometer serapan atom

1. Sumber radiasi

Lampu katoda cekung merupakan sumber radiasi paling umum digunakan. Katoda ter buat dari logam berbentuk cekung yang sejenis dengan unsur yang akan dianalisis. Sedangkan anoda terbuat dari kawat wolfram. Kedua elektroda ini berada didalam bejana tertutup yang berbentuk silinder yang berisi gas mulia (Ne, He, Ar 0 dan bertekanan rendah sekitar 2–3 mmHg. Jendela kaca terbuat dari kaca kwarsa atau kaca karboksilat, tergantung pada sinar–sinar yang dihasilkan oleh katoda. kedua elektoda ini dikenai arus listrik sebesar 1-50mA dengan tegangan yang cukup tinggi, yaitu 350-550 V. Adanya arus listrik bertegangan tinggi maka molekul gas mulia disekitar anoda akan terionisasi dan bermuatan positif. Dengan kecepatan tinggi ion-ion ini akan tertarik ke katoda. Benturan ion-ion gas pada kedua katoda akan menyebabkan terpentalnya atom-atom logam dari katoda tersebut. Benturan lebih lanjut antara ion-ion gas mulia dan atom-atom logam yang terpental tersebut akan mengakibatkan ion-ion atom tereksitasi. Disini berlaku hukum emisi atom dimana atom yang mempunyai kelebihan energi elektronik akan melepaskan kembali berupa panjang gelombang yang karakteristik. Dengan demikian sinar yang bdihasilkan mempunyai spektrum yang sesuai dengan jenis gas mulia dan jenis logam pada katoda.

2. Sistem pengatoman

Atomisasi dengan nyala merupakan cara pengatoman dalam SSA yang hingga saat ini masih banyak digunakan. Sistem ini menggunakan penyemprotan dan pengkabutan ke dalam suatu alat kemudian dibakar dengan bahan bakar gas. Bahan

bakar yang digunakan umumnya adalah propana, butana, hidrogen, dan asetilen. Sedangkan oksidatornya adalah udara, oksigen, N_2O dan asetilen. Efisiensi pengatoman tergantung dari sifat fisika sampel, cara penyemprotan dan pengkabutannya serta jenis bahan bakar yang digunakan.

Proses atomisasi dengan nyala api berlangsung melalui lima tahap

- a. Penyemprotan dan pengkabutan sampel.
 - b. Pengendapan butir cairan.
 - c. Pencampuran butir cairan dengan gas pembakar.
 - d. Disulvasi butir cairan.
 - e. Penguraian dan pemecahan senyawa
3. Monokromator

Fungsi monokromator adalah menisolir salah satu garis resonansi dari sekian banyak spectrum yang dihasilkan oleh hallow-cathode lamps. Monokromator harus dapat mengisolir hanya satu garis resonansi. Kesanggupan untuk memisahkan spectrum sinar merupakan factor yang paling penting dari suatu monokromator.

4. Detektor

Detektor adalah tabung pengganda foton (photomultiplier tube), merupakan suatu alat yang merubah energi cahaya menjadi energi listrik, yang memberikan suatu isyarat listrik berhubungan dengan daya radiasi yang diserap oleh permukaan yang peka.

5. Sistem pengolahan

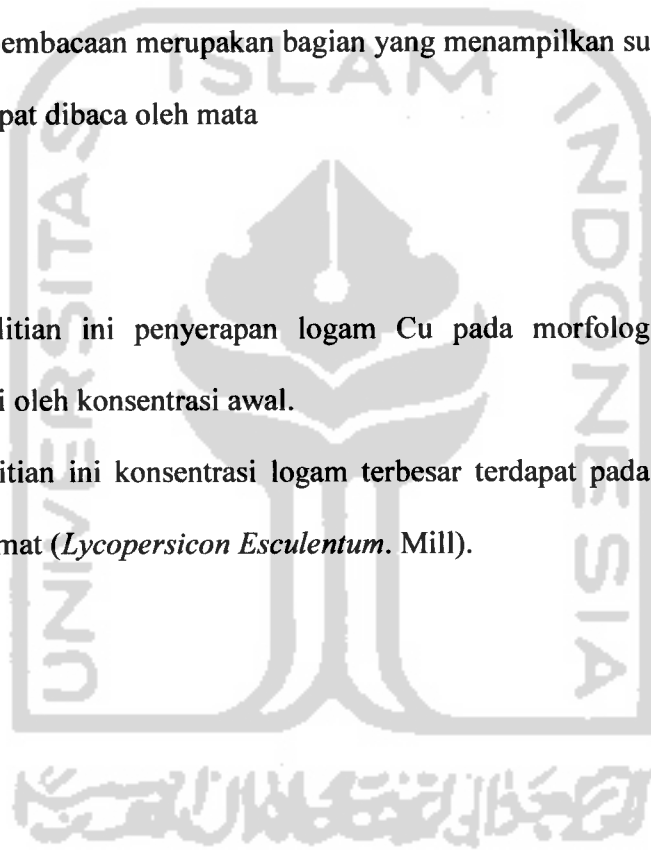
Sistem pengolahan berfungsi untuk mengolah kuat arus dari detektor menjadi besaran daya serap atom transmisi yang selanjutnya dirubah menjadi data dalam system pembacaan.

6. Sistem pembacaan.

Sistem pembacaan merupakan bagian yang menampilkan suatu angka atau gambar yang dapat dibaca oleh mata

3.5. Hipotesis

1. Pada penelitian ini penyerapan logam Cu pada morfologi tanaman tomat dipengaruhi oleh konsentrasi awal.
2. Pada penelitian ini konsentrasi logam terbesar terdapat pada bagian akar dari tanaman tomat (*Lycopersicon Esculentum*. Mill).



BAB IV
METODOLOGI PENELITIAN

4.1. ALAT DAN BAHAN

4.1.1 Alat

1. Bercocok Tanam :
 - a. *Polybag*
2. Preparasi Sampel :
 - a. Alat- alat gelas
 - b. Kertas saring Whatman no 40
 - c. Neraca analitik
 - d. Oven
 - e. Kompor listrik
3. Analisis sampel :
 - a. Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) model Perkin Elmer 5100 PC

4.1.2 Bahan

1. Bercocok Tanam :
 - a. Biji tomat (*Lycopersicum esculentum mill*) yang dibeli didaerah jalan kaliurang, Yogyakarta
 - b. Tanah
2. Preparasi Sampel :
 - a. Kristal CuSO_4 buatan E. Merck standart Germany
 - b. HCl 37 % b/v p.a (Merck)

- c. HNO_3 65 % b/v p.a (Merck)
- d. HF 40 % p.a (Merck)
- e. Aquades

4.2 . Cara kerja

4.2.1 Persiapan

Penelitian ini menggunakan biji tomat (*lycopersicon esculentum*, Mill) yang di beli di Balai Pengembangan dan Promosi Agribisnis Perbenihan Hortikultura Jl. Kaliurang Km. 23, Yogyakarta, Sedangkan logam berat yang digunakan adalah Cu sulfat dalam bentuk kristal buatan E. Merck Standart Germany

4.2.2 Pembibitan

Pertama-tama benih tersebut direndam selama satu malam kedalam air yang telah dihangatkan suam-suam kuku. Setelah perendaman, biji bisa langsung ditanam. Bibit dari persemaian siap dipindahkan jika sudah berumur 15-20 hari atau lima helai daunnya sudah mulai tumbuh.

4.2.3 Penanaman dan Perlakuan

Setelah penyemaian, bibit tomat dipindahkan kedalam polybag untuk pembesaran. Pengisian media tanam cukup tiga perempatnya saja dari ukuran polybag. Kemudian tanaman tomat tersebut diberi 2 perlakuan antara lain :

1. Masing-masing tanaman tomat yang telah berumur 1 bulan tanahnya diberi CuSO_4 dengan konsentrasi yang bervariasi yaitu 0 ppm, 50 ppm, 100 ppm, 150 ppm dan 200 ppm.

2. Tanaman tomat tanahnya diberi CuSO_4 150 ppm setiap 20 hari sekali hingga total konsentrasi yang diberikan 450 ppm sampai umur 80 hari.

Penyiraman dilakukan pada pagi dan sore hari. Lamanya penanaman mulai dari pembibitan sampai masa panen yaitu 3 bulan.

4.2.4 Anti Kontaminan

Anti kontaminan merupakan perlakuan terhadap peralatan gelas, sebelum digunakan untuk analisis agar terbebas dari kotoran yang dapat menyebabkan gangguan pada saat analisis. Sebelum digunakan peralatan gelas terlebih dahulu direndam semalam dalam HNO_3 10 % (v/v). Setelah itu dibilas dengan aquadest dan dikeringkan pada tempat yang bebas debu (Carasek, 2001).

4.2.5 Pembuatan larutan standar

4.2.5.1. Untuk larutan induk Cu (II)

Dilarutkan 2,511 gr CuSO_4 dan 30 ml HNO_3 0,1 M dengan aquades hingga 1000 ml. Larutan standar tersebut merupakan larutan standar 1000 ppm. larutan standar yang lain dibuat dengan mengencerkan larutan 50 ppm; 100 ppm; 150 ppm; 200 ppm.

4.2.6 Preparasi sampel

Tahapan yang penulis lakukan adalah pada tahap preparasi sampel dan analisis kandungan logam Cu pada akar, batang, daun dan buah tomat. Adapun cara kerjanya sebagai berikut:

Sampel akar, batang, daun dan buah tomat kering di haluskan masing-masing 1 g, 4 g, 4 g dan 4 g. Dimasukan ke dalam beker dan ditambahkan, 25 ml HNO_3 65 % pekat lalu ditutup kemudian disimpan dalam lemari asam kurang lebih 12 jam.

Larutan dididihkan sampai hampir kering (sampai hancur). Larutan didinginkan, kemudian larutan disaring dan selanjutnya dipanaskan sampai volume 10 ml kemudian diencerkan sampai volume 50 ml. Selanjutnya diambil 10 ml dimasukkan dalam botol kaca dan ditutup rapat dan siap dianalisis.

4.2.7 Analisis AAS

Penentuan kapasitas serapan logam Cu dilakukan dengan menggunakan menggunakan seperangkat alat spectrometer serapan atom merk Perkin Elmer 5100 PC AAS. Logam Cu diukur dengan menggunakan metode nyala (flame) pada kondisi optimum.

Standarisasi alat spektrometer serapan atom digunakan larutan blanko dan dibuat deret standar, dimana dari deret larutan standar ini diperoleh kuva baku atau kurva standar linier yang dibuat berdasarkan absorbansi dari larutan spektrosol untuk logam Cu dengan konsentrasi yang telah diketahui. Perhitungan dalam deret larutan standar disajikan dalam lampiran 2, sedangkan hasil absorbansi deret larutan standar logam Cu selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 2 tabel 2.

4.2.8 Perhitungan kadar Cu pada tanaman tomat

Perhitungan konsentrasi hasil pengukuran (C regresi) dengan metode standar kalibrasi. Perhitungan komponen slope dan intersep pada persamaan regresi linier dilakukan dengan menggunakan Microsoft Excl 4.0. Langkah-langkah penentuan regresi linier selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 4. Melalui persamaan regresi linier kurva kalibrasi hubungan x dan y dinyatakan dengan cara memasukkan harga serapan sampel dengan Y , sehingga:

$$Y = bx + a$$

$$x = \frac{Y - a}{b}$$

b

Kadar unsur dalam sampel dihitung dengan persamaan:

$$X = C \text{ regresi} \times V \times P$$

g

dimana:

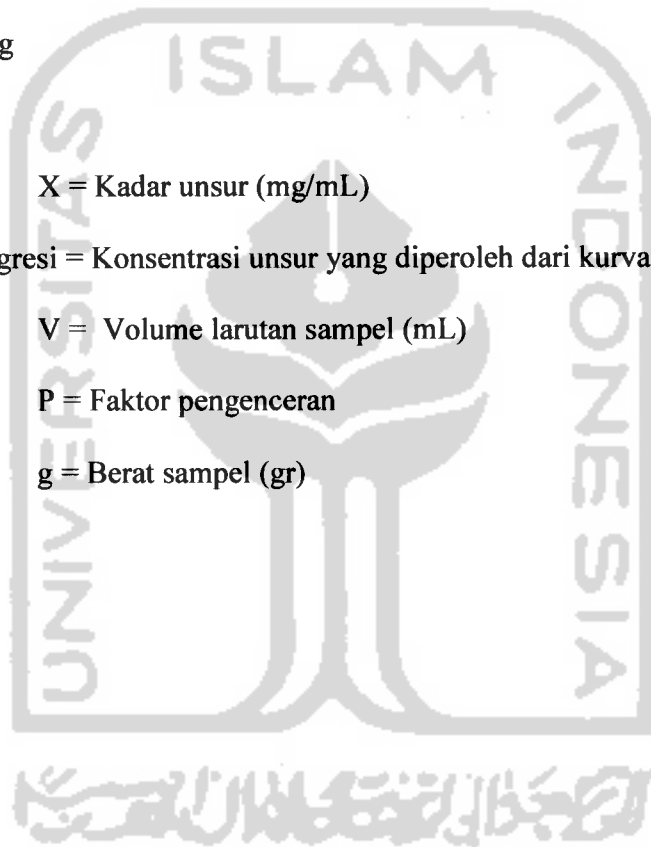
X = Kadar unsur (mg/mL)

C regresi = Konsentrasi unsur yang diperoleh dari kurva kalibrasi standar

V = Volume larutan sampel (mL)

P = Faktor pengenceran

g = Berat sampel (gr)



BAB V

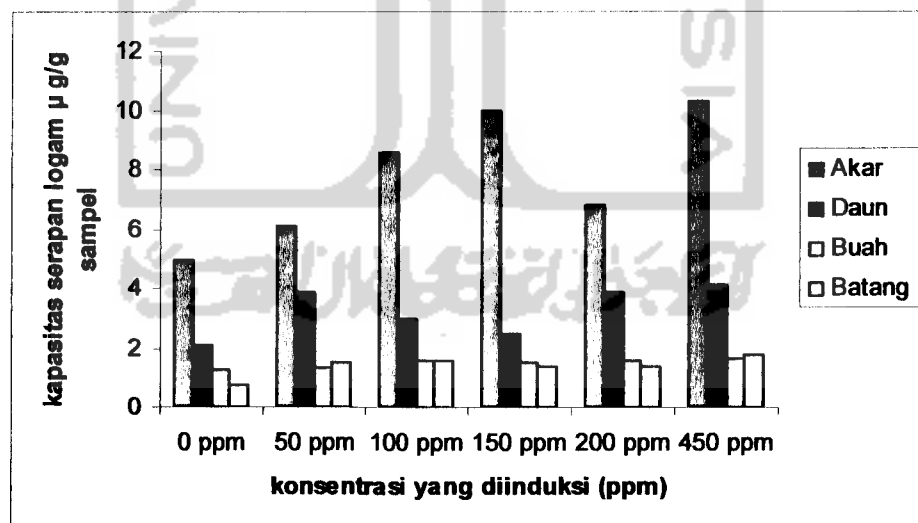
HASIL DAN PEMBAHASAN



5.1 Konsentrasi awal logam

Penelitian ini menggunakan variasi konsentrasi awal logam. Konsentrasi awal logam merupakan konsentrasi yang menunjukkan kemampuan daya serap tanaman sampai konsentrasi logam yang tidak menimbulkan kematian pada tanaman.

Penelitian konsentrasi awal logam menggunakan 5 konsentrasi yaitu : 50, 100, 150, 200 dan 450 ppm. Pada penelitian ini digunakan sampel akar, batang, daun dan buah. Distribusi konsentrasi logam Cd pada morfologi tanaman tomat ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Tanaman tomat dengan konsentrasi bervariasi

Gambar 4 di atas menunjukkan bahwa kandungan logam Cu pada akar dan daun lebih besar dari pada kandungan Cu pada batang dan buah. Menurut Connel dan Miller (1984) logam terserap kedalam tubuh tanaman melalui 2 cara yaitu

sistem perakaran dan stomata sehingga kandungan Cu pada akar dan daun jauh lebih besar dibandingkan dengan kandungan Cu pada batang dan buah tomat.

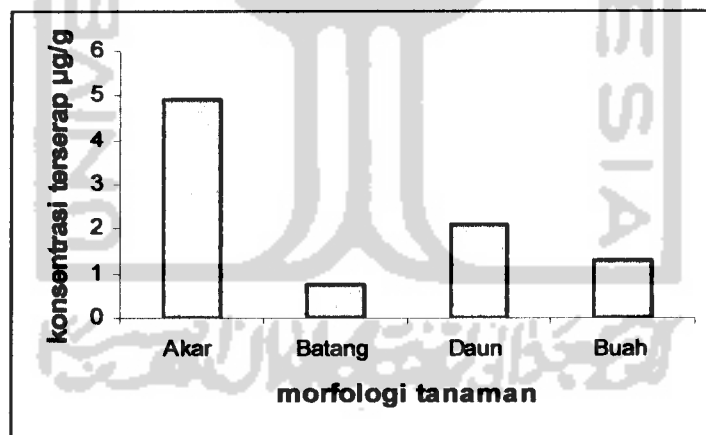
Rendahnya kandungan Cu pada batang dan buah tomat mungkin disebabkan oleh penyerapan logam Cu pada akar dan daun tidak mentranslokasikan logam Cu tersebut pada batang dan buah tomat. Menurut Ernst dan Mansfield (1976) hanya sebagian kecil logam yang dapat menembus buah dan biji.

Dari hasil yang didapat lokalisasi logam terbesar pada akar tanaman. Hal ini disebabkan akar merupakan tempat pertama terjadinya penyerapan dan sel-sel akar tanaman mengandung ion dengan konsentrasi yang lebih tinggi daripada medium sekitarnya dan biasanya bermuatan negatif. Selanjutnya logam naik ke bagian batang, namun batang pada tanaman hanya berfungsi sebagai pembawa atau pendistribusi logam dari akar ke bagian daun sehingga serapan logam di bagian batang paling rendah. Akumulasi logam terbesar kedua adalah pada bagian daun. Hal ini disebabkan pada transportasi makanan tujuan akhirnya adalah daun dan buah. Selain itu pada daun terjadi transpirasi sehingga air yang ada pada daun akan menguap tetapi logam akan tetap berada pada daun, sehingga dapat mempercepat akumulasi pada daun. Akumulasi logam Cu pada morfologi tanaman tomat terjadi pada bagian akar, batang daun dan buah tanaman.

Tanaman merupakan indikator yang paling jelas menunjukkan efek akibat keracunan logam berat. Tanaman menyerap logam-logam yang larut dalam air atau yang ada didalam tanah melalui akar-akarnya. Didalam tubuh tanaman zat-zat ini akan diedarkan dan digunakan untuk pertumbuhannya, tetapi bila zat

tersebut mempunyai efek toksik maka tumbuhan akan menimbunnya. Timbunan zat toksik berlebihan akan menghambat pertumbuhan tanaman atau bahkan menyebabkan kematian. Di dalam akar tanaman melakukan perubahan pH oleh akar dan membentuk suatu zat khelat yang disebut fitosiderofor. Fitosiderofor yang terbentuk ini akan mengikat logam Cu dan membawanya ke dalam sel akar melalui transport aktif. Setelah logam dibawa masuk ke dalam sel akar, selanjutnya logam diangkut melalui jaringan pengangkut xilem dan floem ke bagian tumbuhan lain yaitu batang dan daun (Dwijoseputro, 1986). Dan untuk mencegah peracunan logam terhadap sel, tanaman mempunyai mekanisme detoksifikasi, dengan menimbun logam di dalam organ tertentu.

5.1.1 Tanaman Kontrol

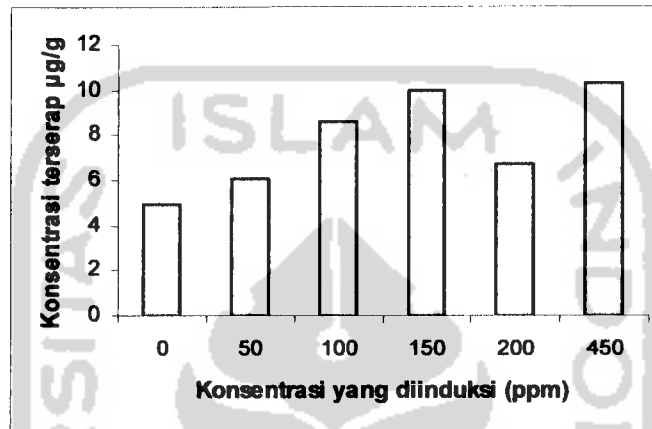


Gambar 5. Distribusi serapan logam Cu pada tanaman tomat dengan konsentrasi 0 ppm

Gambar 5 menunjukkan bahwa pada akar, batang, daun dan buah sudah mengandung logam Cu. Pada tanaman kontrol hasil translokasi terbesar terdapat pada akar yaitu, $4,9343 \pm 0,0451 \mu\text{g/g}$ dikarenakan akar merupakan kontak awal dengan logam dibandingkan dengan medium sekitarnya. Sedangkan translokasi

terkecil ada pada batang yaitu dengan serapan logamnya $0,7455 \pm 0,0114 \mu\text{g/g}$ karena batang merupakan pembawa atau pendistribusi logam dari akar menuju ke bagian lain.

5.1.2 Distribusi logam Cu pada akar tanaman tomat



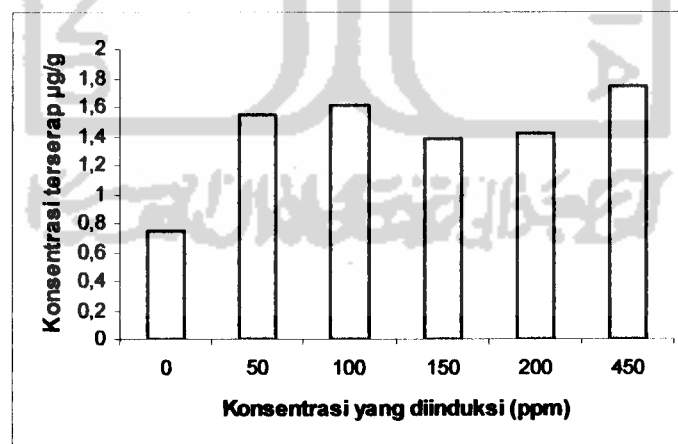
Gambar 6. Distribusi logam Cu pada akar dengan konsentrasi bervariasi

Gambar 6 menunjukkan bahwa penambahan logam pada konsentrasi 0 ppm, akar sudah terkandung logam Cu dengan serapan $4,9343 \pm 0,0451 \mu\text{g/g}$. Pada konsentrasi 50 ppm, 100 ppm, 150 ppm, 200 ppm dan 450 ppm sebesar, $6,066 \pm 0,06 \mu\text{g/g}$, $8,568 \pm 0,0964 \mu\text{g/g}$, $9,9393 \pm 0,1081 \mu\text{g/g}$, $6,766 \pm 0,0458 \mu\text{g/g}$ dan $10,31 \pm 0,0916$ tidak terdapat perbedaan yang signifikan akan tetapi kadar serapan logam Cu semakin besar. Hal ini disebabkan akar merupakan media pertama yang dilalui oleh logam Cu. Akar sebagai bagian penting tanaman berguna untuk menyerap zat-zat melalui rambut-rambut akar pada suatu tanaman maka hal itu akan memperluas permukaan akar tanaman tersebut, sehingga mempermudah penyerapan zat-zat yang terdapat disekitarnya (Dwidjoseputro, 1986).

Pada umumnya tumbuhan akan menyerap unsur-unsur hara yang larut dalam air maupun didalam tanah melalui akar-akarnya. Proses penyerapan unsur-unsur kimia oleh tanaman dilakukan lewat membran sel, yaitu secara osmosis. Kation dari unsur kimia tersebut terdapat dalam molekul-molekul air dan di dalam molekul air ini dikelilingi oleh molekul-molekul air lainnya. Ion berdifusi sendiri ke membran-membran sel. Semakin banyak molekul air yang diserap oleh tumbuhan, berarti semakin banyak ion-ion kimia yang masuk ke dalam tumbuhan. Selain itu tanaman mampu mengakumulasi unsur-unsur yang melimpah sampai unsur terkecil (Ahmady, 1993; Rusmiyanto, 1998).

5.1.3 Distribusi logam Cu pada batang tanaman tomat

Setelah logam dibawa masuk ke dalam sel akar, selanjutnya logam harus diangkut melalui jaringan pengangkut, yaitu xilem dan floem, ke bagian tumbuhan lain yaitu batang.



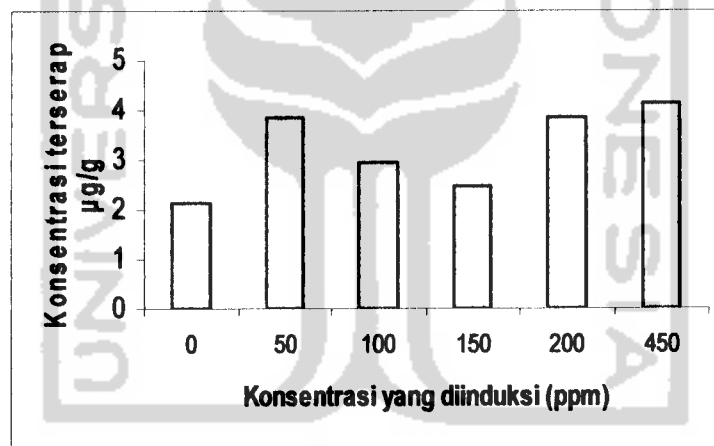
Gambar 7 : Distribusi logam Cu pada batang dengan konsentrasi bervariasi

Gambar 7 menunjukkan bahwa tidak begitu dipengaruhi oleh konsentrasi awal dan logam yang terserap relatif tetap, pada konsentrasi 0 ppm, 50 ppm, 100 ppm, 150 ppm, 200 ppm dan 450 ppm masing-masing serapan logamnya adalah

$0,7455 \pm 0,0114 \mu\text{g/g}$, $1,544 \pm 0,0111 \mu\text{g/g}$, $1,6065 \pm 0 \mu\text{g/g}$, $1,3812 \pm 0,0074 \mu\text{g/g}$, $1,4137 \pm 0,0173 \mu\text{g/g}$ dan $1,7467 \pm 0,0086 \mu\text{g/g}$. Pada batang dengan meningkatnya pemberian variasi konsentrasi logam Cu maka kadar serapan logam Cu juga semakin besar dimungkinkan karena batang merupakan kontak kedua setelah akar. Konsentrasi yang didapatkan di batang ini relatif kecil karena bagian batang ini logam yang terserap langsung didistribusikan ke bagian yang lain seperti daun dan buah.

5.1.4 Distribusi Logam Cu pada daun tanaman tomat

Kemudian setelah sampai pada ranting akan terakumulasi di daun.

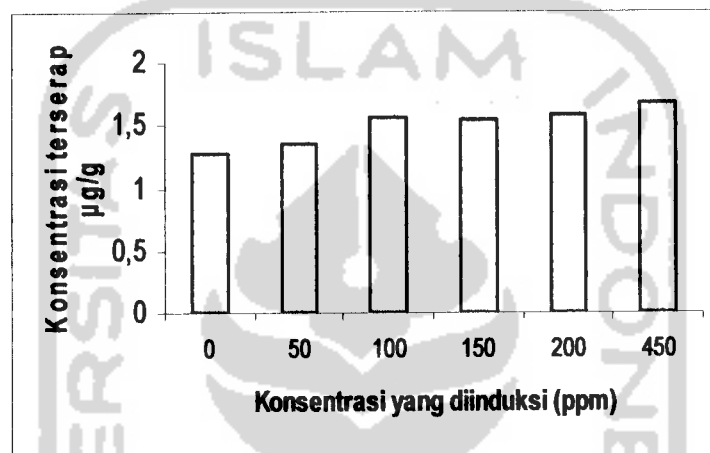


Gambar 8 : Distribusi logam Cu pada batang dengan konsentrasi bervariasi

Gambar 8 menunjukkan bahwa konsentrasi tertinggi Cu pada daun dicapai pada konsentrasi awal 450 ppm dengan serapan logam $4,1243 \pm 0,0441 \mu\text{g/g}$, sedangkan pada konsentrasi 0 ppm, 50 ppm, 100ppm, 150 ppm dan 200 ppm dengan masing-masing serapan logamnya $2,4547 \pm 0,0086 \mu\text{g/g}$, $3,8687 \pm 0,0331 \mu\text{g/g}$, $2,9628 \pm 0,0346 \mu\text{g/g}$, $2,4547 \pm 0 \mu\text{g/g}$ dan $3,8462 \pm 0,0255 \mu\text{g/g}$ tidak memperlihatkan adanya kenaikan serapan keadaan daun pada konsentrasi tersebut rata-rata sama, dan keadaan morfologi tanamannya pun masih sehat dan segar. Ini

menunjukkan bahwa tanaman masih mampu untuk menerima logam Cu dengan konsentrasi yang bervariasi seperti 0, 50, 100, 150, 200, dan 450 ppm karena tidak terjadi perubahan dalam morfologi tanaman tomat tersebut, bisa dilihat secara kasat mata bahwa tanaman tomat tersebut masih sehat.

5.1.5 Distribusi Logam Cu pada buah tanaman tomat



Gambar 9. Pengaruh konsentrasi awal pada distribusi Cu pada buah

Pada gambar 5 menunjukkan bahwa konsentrasi yang terserap pada masing-masing konsentrasi relatif kecil dan rata-rata hampir sama serapan logamnya dan tidak terjadi perubahan yang signifikan dengan adanya penambahan konsentrasi yang bervariasi. Serapan yang dihasilkan rata-rata relatif sama dengan konsentrasi yang diberikan masing-masing 0 ppm, 50 ppm, 100 ppm, 150 ppm, 200 ppm dan 450 ppm yaitu sebesar $1,2787 \pm 0,0111 \mu\text{g/g}$, $1,3587 \pm 0,0128 \mu\text{g/g}$, $1,5615 \pm 0,0074 \mu\text{g/g}$, $1,5465 \pm 0,0223 \mu\text{g/g}$, $1,5740 \pm 0,0043 \mu\text{g/g}$ dan $1,6715 \pm 0,0183 \mu\text{g/g}$. Pengamatan secara kasat mata menunjukkan bahwa buah tomat dengan adanya penambahan konsentrasi, buah tomat itu tidak mengalami kerusakan dalam morfologi buahnya atau membusuk.

5.2 Fitotoksisitas

Logam berat dapat menimbulkan fitotoksisitas dengan cara :

1. Meningkatkan permeabilitas membran plasma sel akar sehingga akar menjadi lemah dan berkurang kemampuan seleksinya.
2. Mengganggu kontak air dengan tanaman sehingga menyebabkan tanaman mengalami cekaman air.
3. Menghambat fotosintesis dan respirasi
4. Menurunkan aktivitas enzim metabolik (Carlson et al, 1975).

Pada pemberian logam Cu pada tanaman tomat dilakukan dua perlakuan:

Perlakuan pertama tanaman tomat yang baru berumur 20 hari diberi logam kedalam tanahnya dengan konsentrasi 50 ppm, 100 ppm, 150 ppm dan 200 ppm.



Gambar 10 . kondisi tanaman pada konsentrasi 50 ppm pada hari ke 80

Pada gambar 10 diatas pada hari terakhir pengambilan gambar ini tanaman dengan konsentrasi 50 ppm ini tidak mengalami keracunan, karena bisa dilihat

pada morfologi tanamannya pada bagian daun, buah dan daunnya masih terlihat segar.



Gambar 11. kondisi tanaman pada konsentrasi 100 ppm pada hari ke 80

Gambar 11 diatas tidak terlihat tanda-tanda keracunan atau kemunduran pertumbuhan tanaman.



Gambar 12 . kondisi tanaman pada konsentrasi 150 ppm pada hari ke 80



Gambar 13 . kondisi tanaman pada konsentrasi 200 ppm pada hari ke 80

Dari gambar 10, 11, 12 dan 13 kalau dilihat secara kasat mata pada morfologi tanaman tomat tidak mengalami gejala-gejala penurunan pertumbuhan atau keracunan karena pada bagian daun, batang dan buahnya tidak mengalami perubahan kearah toksik.

Pada perlakuan kedua tanaman tomat diberi logam Cu pada tanahnya, pada hari ke 20, 40 dan 60 dengan konsentrasi masing-masing 150 dan kalau ditotalkan pada tanaman ini diberi 450 ppm logam Cu.



Gambar 14 . kondisi tanaman pada konsentrasi 450 ppm pada hari ke 80

Gambar 14 diatas tanaman tidak menunjukkan gejala-gejala keracunan karena kalau dilihat tanaman tomat itu masih berdiri segar dan sehat. Dan pada susunan morfologi tanaman tersebut diatas tiadk mengalami kerontokan.

Terjadinya perubahan morfologi disebabkan terkumpulnya logam tersebut di dalam jaringan vegetatif tumbuhan dan berkurangnya zat hara dalam media (Giardiano et al, 1975; Hidayat, 2002). Pengumpulan logam berat di dalam tubuh tanaman dapat mengakibatkan penurunan biomassa pada akar dan pucuk (Kelly and Mc kee, 1979).

Gejala khas toksisitas logam adalah “stunting” akar yang sering kali diikuti dengan terjadinya warna kecoklatan dan kematian maristem (Fitter and Hay, 1991). Sedangkan berkurangnya daun dapat terjadi karena fisiologi tanaman terganggu seperti laju fotosintesis, pembentukan ATP serta laju difusi gas antara

daun dengan udara sekitar (Thompson, 1984). Gejala layu, menguning serta membusuknya daun menunjukkan berkurangnya zat hara dan terserapnya zat toksik oleh tumbuhan. Namun dengan munculnya tunas dan akar baru mungkin sebagai cara tumbuhan untuk tetap bertahan hidup (Hidayat, 2002).

Sedangkan gejala-gejala yang disebutkan diatas tidak terdapat pada tanaman tomat yang diberi logam Cu. Bisa dilihat juga dari sifat logam Cu yaitu bersifat Essensial, maksudnya logam ini diperlukan oleh tubuh baik itu tanaman maupun manusia tetapi dalam jumlah sedikit.



BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

1. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa tanaman tomat yang diberi CuSO_4 dengan konsentrasi yang bervariasi dilihat dari segi morfologinya, ternyata tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman tomat tersebut (*Lycopersicon esculentum*. Mill).
2. Dari keempat variabel akar, batang, daun dan buah tanaman tomat (*Lycopersicon esculentum*. Mill), diperoleh kapasitas serapan logam Cu terbesar ada pada bagian akar yaitu masing- masing sebesar : $4,9343 \pm 0,0451 \mu\text{g/g}$, $6,066 \pm 0,06 \mu\text{g/g}$, $8,568 \pm 0,0964 \mu\text{g/g}$, $9,9393 \pm 0,1081 \mu\text{g/g}$, $6,766 \pm 0,0458 \mu\text{g/g}$, $10,31 \pm 0,0916 \mu\text{g/g}$. .

6.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh pemberian logam berat terhadap tanaman-tanaman lainnya yang bernilai ekonomis.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih banyak lagi mengenai efek logam berat terhadap pertumbuhan tanaman.
3. Pada penelitian selanjutnya diperlukan pengukuran parameter yang mampu menjelaskan kondisi morfologi tanaman.
4. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai bagaimana mekanisme penyerapan logam berat pada tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1976. *Analytical Methods For Atomic Absorption Spektrofotometry*, Perkin – Norwalk, Connecticut, USA
- Adi, A dan V, Kurnia. 1983. *Pengaruh Pupuk dan Soil Condensioner Terhadap Pertumbuhan Tanaman Jambu Mete*. Dalam Pemberitaan Penelitian Tanah dan Pupuk No 1. Pusat Penelitian Tanah. Hal 1-5
- Bowers,A.R.,J. Chin and C.P. Huang.1981. *Predicting the performance of a lime Neutralization precipitation on process for the treatment of some heavy mental laden industrial wastewaters in industrial waste*,proceeding of the thirteenth Mid.
- Esau, k. 1977.*Anatomy of seed plants*.John Wiley and Son.
- Esau, K, 1977.*Anatomy of Seed Plant*. 2nd Edition. Eastern Limited, New Delhi. Bagalore-Bombay
- Fahn, A., 1991. *Anatomi tumbuhan*. Gajah Mada University press.Yogyakarta
- Fahn, A dan Werker, E., 1972.*Anatomical mechanism of seed disperasal*.
- Fahn, A. 1985. *Plant Anatomy*. Pergamon Press. Oxford. New york. Toronto
- Fransisca. W.T.U.,2001, *Pengaruh Pemaparan Pb Nitrat Terhadap Kadar Pb akar, Daun, Biji dan Aktivitas Nitrat Reduktase Daun Kacang Tanah (Arachis hypogaea L)*, Skripsi, Fakultas Biologi, Unaversiyas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Harjowigeno., S. 1975. *Ilmu Tanah*. Penerbit PT. Mediyatama Sarana Perkasa, Jakarta. Hal 114
- Khopkar., S.M. 1990. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. UI Press.
- Levitt, J., 1969. *Introduction To Plant Physiologi*, The CV. Mosby Company, London, Pp 224-225, 229.
- Metcalf, C.R and L. Chalk.1957. *Anatomy Of Dicotyledons*. Vol II. Oxford At The Clarendon Press

- Moore, J.W., & Ramamoorthy, S., 1984. *Heavy metal in natural water: Applied monitoring and impacts assessment*, Springer-Xerlag New York Inc. USA
- Palar, H. 1994. *Pencemaran & toksikologi logam berat*. PT Rineka Cipta. Cet ke-1, Jakarta.
- Panday, B.P. 1982. *Plant Anatomy*. S. Chand & Company Ltd. Ramnagar, New Delhi.
- Rubartzky V.E dan Yamaguchi, 1990, *Sayuran Dunia*, Jilid 3, ITB
- Santoso. 1975. *Ilmu Hara*. Fakultas Biologi . Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta
- Skoog, A., Douglas, West., M., Donald, 1980, *Principle of Instrumental Analysis*, Second Edition, Holt-saunders, Tokyo, Pp: 162-164, 210-211
- Soewito, D.S.M. 1983. *Bercocok Tanam Tomat*. Penerbit. CV. Titik Terang. Jakarta. Panday, B.P. 1982. *Plant Anatomy*. S. Chand & Company Ltd. Ramnagar, New Delhi.
- Tugiyo, H. 1989. *Berteman Tomat*. Penebar Swadaya Jakarta
- Van Steenis, C. G. G. J. 1973. *Flora Untuk Sekolah Di Indonesia*. Pradnya Paramita, Jakarta
- Wijaya Kusuma, H. H. M, 1972, *Tanaman Berhasiat Obat di Indonesia*, Jilid 3, Pustaka Kartini, Jakarta
- Wiryanta, W., 2002, *Bertanam tomat*. Argo mediapustaka. Jakarta
- Woolhouse, H. W., 1983. Toxicity and Tolerance In The Respons of Plants To Metals. In Encylopedia of Plants Physiology. New Series Vol 12 C ed. A. Person and M.H. Zimmerman. Gottingaen.

LAMPIRAN

Lampiran 1.

Kondisi parameter alat AAS model Perkin Elmer 5100 pc untuk mengukur kadar logam berat Cu. Tabel 1. optimasi alat spektrofotometer serapan atom untuk analisis logam Cu.

Parameter	Cu
Panjang gelombang (nm)	324,8 nm
Arus HCl (mA)	8
Kecepatan alir udara (L/menit)	10 liter / menit
Kecepatan alir asetilen (L/menit)	2 liter / menit
Slit	0,70 nm
Tipe nyala	Udara asetilen

Tabel. 1 Optimasi Alat Spektrofotometer Serapan Atom

Lampiran 2

Pembuatan Larutan Induk

1. Pembuatan Larutan HNO₃

Dari HNO₃ 65% dibuat HNO₃ konsentrasi 5 M dan 0,1 M

Konsentrasi Bahan Pekat = $\frac{1000 \times \% \text{ Bahan Pekat} \times B_j \text{ Bahan Pekat}}$

BM Bahan Pekat

$$= \frac{1000 \times 65/100 \times 1,4 \text{ g/mL}}{63 \text{ g/mol}}$$

$$= 14,44 \text{ M}$$

Pembuatan HNO₃ 5 M

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

$$V_1 \times 14,44 \text{ M} = 50 \text{ mL} \times 5 \text{ M}$$

$$V_1 = 17,3 \text{ mL}$$

Pembuatan HNO₃ 0,1 M

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

$$V_1 \times 5 \text{ M} = 100 \text{ mL} \times 0,1$$

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

2. Pembuatan Larutan Induk Cu²⁺

CuSO₄ dalam pembuatan larutan 1000 ppm



$$\text{Mmol Cu}^{2+} = \frac{\text{mg}}{\text{BM}} = \frac{1000}{63,55} = 15,73564 \text{ mmol}$$

$$\text{mmol Cu}^{2+} = \text{mmol CuSO}_4$$

$$\text{mg} = 15,73564 \text{ mmol} \times \text{BM CuSO}_4$$

$$= 15,73564 \text{ mmol} \times 159,614 \text{ g/mol}$$

$$= 2511,62844 \text{ mg}$$

$$= 2,511 \text{ g}$$

2,511 gram CuSO₄ dan 30 mL HNO₃ 0,1 M dilarutkan dengan aquadest hingga 1000 mL dengan menggunakan labu ukur 1000 mL.

- Larutan standar Cu 1000 ppm menjadi 50 ppm dalam labu ukur 50 mL

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

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

$$V_1 = 2,5 \text{ mL}$$

2,5 mL diencerkan dengan aquadest hingga tanda batas

- Larutan standar Cu 1000 ppm menjadi 100 ppm dalam labu ukur 50 mL

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

$$V_1 \times 1000 \text{ ppm} = 50 \text{ mL} \times 100 \text{ ppm}$$

$$V_1 = 5 \text{ mL}$$

5 mL diencerkan dengan aquadest hingga tanda batas

- Larutan standar Cu 1000 ppm menjadi 150 ppm dalam labu ukur 50 mL

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

$$V_1 \times 1000 \text{ ppm} = 50 \text{ mL} \times 150 \text{ ppm}$$

$$V_1 = 7,5 \text{ mL}$$

7,5 mL diencerkan dengan aquadest hingga tanda batas

- Larutan standar Cu 1000 ppm menjadi 200 ppm dalam labu ukur 50 mL

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

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

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

10 mL diencerkan dengan aquadest hingga tanda batas

Lampiran 3

Pembuatan kurva kalibrasi

1. Larutan Standar

Pembuatan larutan standar dari larutan stock solution 1000 ppm menjadi 0 ppm, 1,0 ppm, 2,0 ppm, 3,0 ppm, 4,0 ppm dan 5,0 ppm.

- Larutan standar Cu 1000 ppm menjadi 0 ppm dalam labu ukur 25 mL

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

$$V_1 \times 1000 \text{ ppm} = 25 \text{ mL} \times 0 \text{ ppm}$$

$$V_1 = 0,0 \text{ mL}$$
 0,0 mL diencerkan dengan aquades hingga tanda batas
- Larutan standar Cu 1000 ppm menjadi 1,0 ppm dalam labu ukur 25 mL

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

$$V_1 \times 1000 \text{ ppm} = 25 \text{ mL} \times 1,0 \text{ ppm}$$

$$V_1 = 0,025 \text{ mL}$$
 0,025 mL diencerkan dengan aquades hingga tanda batas
- Larutan standar Cu 1000 ppm menjadi 2,0 ppm dalam labu ukur 25 mL

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

$$V_1 \times 1000 \text{ ppm} = 25 \text{ mL} \times 2,0 \text{ ppm}$$

$$V_1 = 0,05 \text{ mL}$$
 0,05 mL diencerkan dengan aquades hingga tanda batas
- Larutan standar Cu 1000 ppm menjadi 3,0 ppm dalam labu ukur 25 mL

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

$$V_1 \times 1000 \text{ ppm} = 25 \text{ mL} \times 3,0 \text{ ppm}$$

$$V_1 = 0,075 \text{ mL}$$
 0,075 mL diencerkan dengan aquades hingga tanda batas

- Larutan standar Cu 1000 ppm menjadi 4,0 ppm dalam labu ukur 25 mL

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

$$V_1 \times 1000 \text{ ppm} = 25 \text{ mL} \times 4,0 \text{ ppm}$$

$$V_1 = 0,1 \text{ mL}$$

0,1 mL diencerkan dengan aquades hingga tanda batas

- Larutan standar Cu 1000 ppm menjadi 5,0 ppm dalam labu ukur 25 mL

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

$$V_1 \times 1000 \text{ ppm} = 25 \text{ mL} \times 5,0 \text{ ppm}$$

$$V_1 = 0,125 \text{ mL}$$

0,125 mL diencerkan dengan aquades hingga tanda batas

Tabel 2. Kurva Kalibrasi Logam Cu

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
0,0	0
1,0	0,0377
2,0	0,0799
3,0	0,1076
4,0	0,1372
5,0	0,1678

Dari tabel 1 kita dapat membuat persamaan garis lurus yaitu : $Y = bx + a$
Dimana b adalah slope dan a adalah intersep.

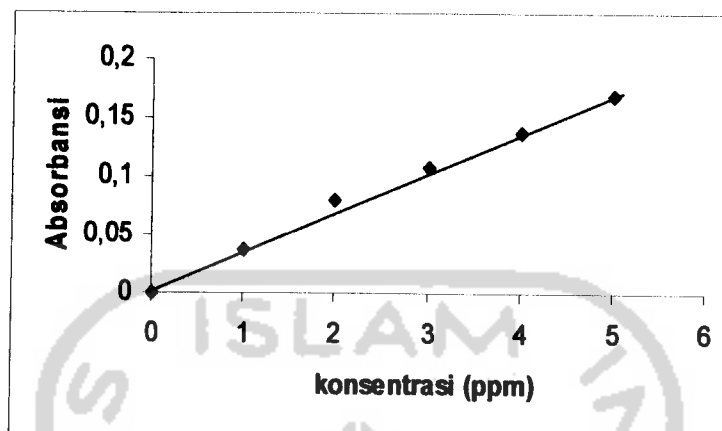
$$r = 0,9970$$

$$a \text{ (intersep)} = 0,0051$$

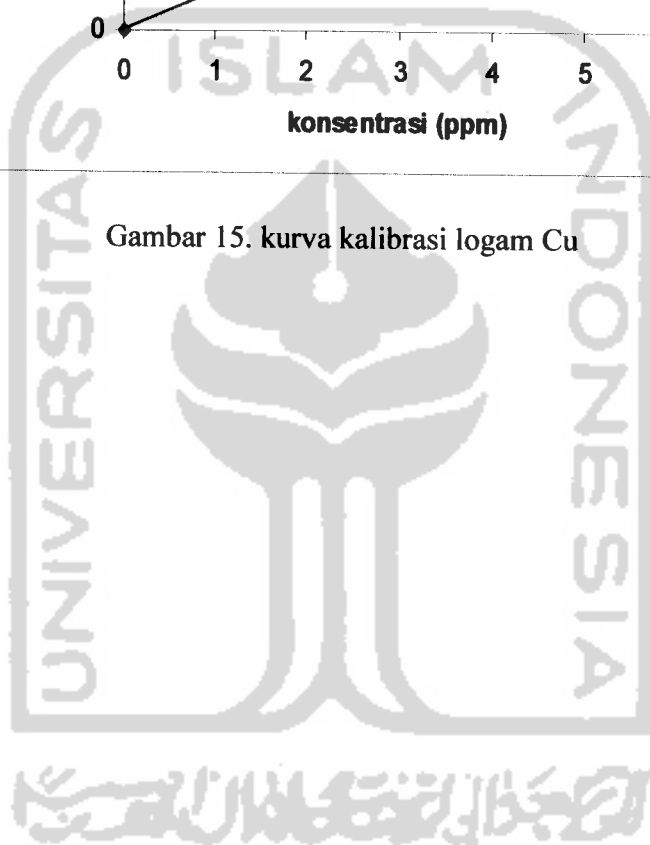
$$b \text{ (slope)} = 0,0333$$

maka : $Y = 0,0333x + 0,0051$

$$x = \frac{Y - 0,0051}{0,0333}$$



Gambar 15. kurva kalibrasi logam Cu



Lampiran 4**PERHITUNGAN KAPASITAS SERAPAN LOGAM CU (TEMBAGA)**

Diketahui : volume larutan induk = 10 mL

$$\text{Ppm} = \frac{a \times b \times d}{c}$$

keterangan a : konsentrasi regresi
 b : Volume larutan
 c : Berat sampel
 d : Faktor pengenceran

Kode sampel	ABSORBANSI				Berat sampel
	1	2	3	Rata-rata	
Akar 0 ppm	0,0115	0,0113	0,0112	0,0113	1 g
Akar 50 ppm	0,0153	0,0149	0,0151	0,0151	
Akar 100 ppm	0,0232	0,0233	0,0238	0,0235	
Akar 150 ppm	0,0276	0,0281	0,0283	0,0280	
Akar 200 ppm	0,0176	0,0174	0,0173	0,0174	
Akar 450 ppm	0,0293	0,0289	0,0295	0,0292	
Batang 0 ppm	0,0048	0,0047	0,0050	0,0048	4 g
Batang 50 ppm	0,0156	0,0153	0,0155	0,0155	
Batang 100 ppm	0,0163	0,0163	0,0163	0,0163	
Batang 150 ppm	0,0134	0,0133	0,0132	0,0133	
Batang 200 ppm	0,0140	0,0136	0,0136	0,0138	
Batang 450 ppm	0,0183	0,0181	0,0181	0,0182	
Daun 0 ppm	0,0231	0,0233	0,0231	0,0231	4 g
Daun 50 ppm	0,0469	0,0460	0,0464	0,0464	
Daun 100 ppm	0,0341	0,0349	0,0341	0,0344	
Daun 150 ppm	0,0276	0,0276	0,0276	0,0277	
Daun 200 ppm	0,0465	0,0461	0,0458	0,0461	
Daun 450 ppm	0,0504	0,0499	0,0492	0,0498	
Buah 0 ppm	0,0118	0,0121	0,0119	0,0119	4 g
Buah 50 ppm	0,0129	0,0129	0,0132	0,0130	
Buah 100 ppm	0,0156	0,0158	0,0157	0,0157	
Buah 150 ppm	0,0155	0,0158	0,0152	0,0155	
Buah 200 ppm	0,0159	0,0158	0,0159	0,0159	
Buah 450 ppm	0,0170	0,0171	0,0174	0,0171	

Persamaan regresi untuk Cu

$$Y = bx + a \\ = 0,0333x + 0,0051$$

1. Akar 0 ppm

a. $Y = 0,0333x + 0,0051$

$$0,0115 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0115 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 0,4984 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,4984 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{1 \text{ g}}$$

$$= 4,9840 \mu\text{g/g}$$

b. $Y = 0,0333x + 0,0051$

$$0,0113 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0113 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 0,4925 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,4925 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{1 \text{ g}}$$

$$= 4,9250 \mu\text{g/g}$$

c. $Y = 0,0333x + 0,0051$

$$0,0112 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0112 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 0,4894 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,4894 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{1 \text{ g}}$$

$$= 4,8940 \mu\text{g/g}$$

No	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	4,9840	0,0497	$2,4 \cdot 10^{-3}$
2	4,9250	-0,0093	$8,6 \cdot 10^{-5}$
3	4,8940	-0,0403	$1,3 \cdot 10^{-3}$
$\bar{x} = 4,9343$			$\Sigma d^2 = 4,08 \cdot 10^{-3}$

$$Sd = \sqrt{\frac{\Sigma d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{4,08 \cdot 10^{-3}}{3-1}} = 0,0451$$

* Jadi hasil kapasitas serapan logam Cu pada akar dengan konsentrasi 0 ppm:

$$\bar{x} + sd = (4,9343 \pm 0,0451) \mu\text{g/g} \text{ sampel.}$$

2. Akar 50 ppm

$$a. \quad Y = 0,0333x + 0,0051$$

$$0,0153 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0153 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 0,6126 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,6126 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{1 \text{ g}}$$

$$= 6,1260 \mu\text{g/g}$$

$$b. \quad Y = 0,0333x + 0,0051$$

$$0,0149 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0149 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 0,6006 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,6006 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{1 \text{ g}}$$

$$= 6,0060 \mu\text{g/g}$$

$$c. \quad Y = 0,0333x + 0,0051$$

$$0,0151 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0151 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 0,60660 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,60660 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{1 \text{ g}}$$

$$= 6,0660 \mu\text{g/g}$$

No	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	6,1260	0,06	$3,6 \cdot 10^{-3}$
2	6,0060	-0,06	$3,6 \cdot 10^{-3}$
3	6,0660	0	0
$\bar{x} = 6,066$			$\sum d^2 = 7,2 \cdot 10^{-3}$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{7,2 \cdot 10^{-3}}{3-1}} = 0,06$$

* Jadi hasil kapasitas serapan logam Cu pada akar dengan konsentrasi 50 ppm:

$$\bar{x} + sd = (6,066 \pm 0,06) \mu\text{g/g sampel.}$$

3. Akar 100 ppm

$$\text{a. } Y = 0,0333x + 0,0051$$

$$0,0232 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0232 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 0,8498 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,8498 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{1 \text{ g}}$$

$$= 8,4980 \mu\text{g/g}$$

$$\text{b. } Y = 0,0333x + 0,0051$$

$$0,0233 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0233 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 0,8528 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,8528 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{1 \text{ g}}$$

$$= 8,5280 \mu\text{g/g}$$

$$\text{c. } Y = 0,0333x + 0,0051$$

$$0,0238 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0238 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 0,8678 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,8678 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{1 \text{ g}}$$

$$= 8,6780 \mu\text{g/g}$$

No	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	8,4980	-0,07	0,0049
2	8,5280	-0,04	0,0016
3	8,6780	0,11	0,0121
$\bar{x} = 8,5680$			$\sum d^2 = 0,0186$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,0186}{3-1}} = 0,0964$$

* Jadi hasil kapasitas serapan logam Cu pada akar dengan konsentrasi 100 ppm:

$$\bar{x} + sd = (8,5680 \pm 0,0964) \mu\text{g/g sampel.}$$

4. Akar 150 ppm

a. $Y = 0,0333x + 0,0051$

$0,0276 = 0,0333x + 0,0051$

$$X = \frac{0,0276 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 0,9819 \mu\text{g/mL}$$

Kapasitas serapan logam = $\frac{0,9819 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{1 \text{ g}}$

$$= 9,8190 \mu\text{g/g}$$

b. $Y = 0,0333x + 0,0051$

$0,0281 = 0,0333x + 0,0051$

$$X = \frac{0,0281 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 0,9969 \mu\text{g/mL}$$

Kapasitas serapan logam = $\frac{0,9969 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{1 \text{ g}}$

$$= 9,9690 \mu\text{g/g}$$

c. $Y = 0,0333x + 0,0051$

$0,0283 = 0,0333x + 0,0051$

$$X = \frac{0,0283 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 1,0030 \mu\text{g/mL}$$

Kapasitas serapan logam = $\frac{1,0030 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{1 \text{ g}}$

$$= 10,03 \mu\text{g/g}$$

No	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	9,8190	-0,1203	0,0144
2	9,9690	0,0297	0,0008
3	10,03	0,0907	0,0082
$\bar{x} = 9,9393$			$\Sigma d^2 = 0,0234$

$$Sd = \sqrt{\frac{\Sigma d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,0234}{3-1}} = 0,1081$$

* Jadi hasil kapasitas serapan logam Cu pada akar dengan konsentrasi 150 ppm:

$$\bar{x} + sd = (9,9393 \pm 0,1081) \mu\text{g/g sampel.}$$

5. Akar 200 ppm

$$a. \quad Y = 0,0333x + 0,0051$$

$$0,0176 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0176 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 0,6816 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,6816 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{1 \text{ g}}$$

$$= 6,8160 \mu\text{g/g}$$

$$b. \quad Y = 0,0333x + 0,0051$$

$$0,0174 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0174 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 0,6756 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,6756 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{1 \text{ g}}$$

$$= 6,7560 \mu\text{g/g}$$

$$c. \quad Y = 0,0333x + 0,0051$$

$$0,0173 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0173 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 0,6726 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,6726 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{1 \text{ g}}$$

$$= 6,7260 \mu\text{g/g}$$

No	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	6,8160	0,05	0,0025
2	6,7560	-0,01	0,0001
3	6,7260	-0,04	0,0016
$\bar{x} = 6,7660$			$\sum d^2 = 4,2 \cdot 10^{-3}$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{4,2 \cdot 10^{-3}}{3-1}} = 0,0458$$

* Jadi hasil kapasitas serapan logam Cu pada akar dengan konsentrasi 200 ppm:

$$\bar{x} + sd = (6,7660 \pm 0,0458) \mu\text{g/g sampel.}$$

6. Akar 450 ppm

a. $Y = 0,0333x + 0,0051$

$0,0293 = 0,0333x + 0,0051$

$$X = \frac{0,0293 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 1,0330 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{1,0330 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{1 \text{ g}}$$

$$= 10,330 \mu\text{g/g}$$

b. $Y = 0,0333x + 0,0051$

$0,0289 = 0,0333x + 0,0051$

$$X = \frac{0,0289 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 1,0210 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{1,0210 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{1 \text{ g}}$$

$$= 10,210 \mu\text{g/g}$$

c. $Y = 0,0333x + 0,0051$

$0,0295 = 0,0333x + 0,0051$

$$X = \frac{0,0295 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 1,0390 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{1,0390 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{1 \text{ g}}$$

$$= 10,390 \mu\text{g/g}$$

No	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	10,330	0,02	$4 \cdot 10^{-4}$
2	10,210	-0,1	0,01
3	10,390	0,08	$6,4 \cdot 10^{-3}$
$\bar{x} = 10,31$			$\sum d^2 = 0,0168$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,0168}{3-1}} = 0,0916$$

* Jadi hasil kapasitas serapan logam Cu pada akar dengan konsentrasi 450 ppm:

$$\bar{x} + sd = (10,31 \pm 0,0168) \mu\text{g/g} \text{ sampel.}$$

7. Batang 0 ppm

$$a. \quad Y = 0,0333x + 0,0051$$

$$0,0048 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0048 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 0,2972 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,2972 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{4 \text{ g}}$$

$$= 0,743 \mu\text{g/g}$$

$$b. \quad Y = 0,0333x + 0,0051$$

$$0,0047 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0047 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 0,2943 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,2943 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{4 \text{ g}}$$

$$= 0,7357 \mu\text{g/g}$$

$$c. \quad Y = 0,0333x + 0,0051$$

$$0,0050 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0050 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 0,3033 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,3033 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{4 \text{ g}}$$

$$= 0,7582 \mu\text{g/g}$$

No	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	0,743	-0,0025	$6,2 \cdot 10^{-6}$
2	0,7357	-0,0098	$9,6 \cdot 10^{-5}$
3	0,7582	0,0127	$1,6 \cdot 10^{-4}$
$\bar{x} = 0,7455$			$\sum d^2 = 2,6 \cdot 10^{-4}$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{2,6 \cdot 10^{-4}}{3-1}} = 0,0114$$

* Jadi hasil kapasitas serapan logam Cu pada batang dengan konsentrasi 0 ppm:

$$\bar{x} + sd = (0,7455 \pm 0,0114) \mu\text{g/g sampel.}$$

8. Batang 50 ppm

$$a. \quad Y = 0,0333x + 0,0051$$

$$0,0156 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0156 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 0,6216 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,6216 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{4 \text{ g}}$$

$$= 1,5540 \mu\text{g/g}$$

$$b. \quad Y = 0,0333x + 0,0051$$

$$0,0153 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0153 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 0,6126 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,6126 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{4 \text{ g}}$$

$$= 1,5315 \mu\text{g/g}$$

$$c. \quad Y = 0,0333x + 0,0051$$

$$0,0155 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0155 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 0,6186 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,6186 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{4 \text{ g}}$$

$$= 1,5465 \mu\text{g/g}$$

No	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	1,5540	0,01	$1 \cdot 10^{-4}$
2	1,5315	-0,0125	$1,5 \cdot 10^{-4}$
3	1,5465	0,0025	$6,2 \cdot 10^{-6}$
$\bar{x} = 1,5440$			$\sum d^2 = 2,5 \cdot 10^{-4}$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{2,5 \cdot 10^{-4}}{3-1}} = 0,0111$$

* Jadi hasil kapasitas serapan logam Cu pada batang dengan konsentrasi 50 ppm:

$$\bar{x} + sd = (1,5440 \pm 0,0111) \mu\text{g/g sampel.}$$

9. Batang 100 ppm

a. $Y = 0,0333x + 0,0051$

$0,0163 = 0,0333x + 0,0051$

$$X = \frac{0,0163 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 0,6426 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,6426 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{4 \text{ g}}$$

$$= 1,6065 \mu\text{g/g}$$

b. $Y = 0,0333x + 0,0051$

$0,0163 = 0,0333x + 0,0051$

$$X = \frac{0,0163 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 0,6426 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,6426 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{4 \text{ g}}$$

$$= 1,6065 \mu\text{g/g}$$

c. $Y = 0,0333x + 0,0051$

$0,0163 = 0,0333x + 0,0051$

$$X = \frac{0,0163 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 0,6426 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,6426 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{4 \text{ g}}$$

$$= 1,6065 \mu\text{g/g}$$

No	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	1,6065	0	0
2	1,6065	0	0
3	1,6065	0	0
$\bar{x} = 1,6065$			$\sum d^2 = 0$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0}{3-1}} = 0$$

* Jadi hasil kapasitas serapan logam Cu pada batang dengan konsentrasi 100 ppm:

$$\bar{x} + sd = (1,6065 \pm 0) \mu\text{g/g} \text{ sampel.}$$

10. Batang 150 ppm

$$a. \quad Y = 0,0333x + 0,0051$$

$$0,0134 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0134 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 0,5555 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,5555 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{4 \text{ g}}$$

$$= 1,3887 \mu\text{g/g}$$

$$b. \quad Y = 0,0333x + 0,0051$$

$$0,0133 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0133 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 0,5525 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,5525 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{4 \text{ g}}$$

$$= 1,3812 \mu\text{g/g}$$

$$c. \quad Y = 0,0333x + 0,0051$$

$$0,0132 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0132 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 0,5495 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,5495 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{4 \text{ g}}$$

$$= 1,3737 \mu\text{g/g}$$

No	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	1,3887	0,0075	$5,6 \cdot 10^{-5}$
2	1,3812	0	0
3	1,3737	-0,0075	$5,6 \cdot 10^{-5}$
$\bar{x} = 1,3812$			$\sum d^2 = 1,1 \cdot 10^{-4}$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{1,1 \cdot 10^{-4}}{3-1}} = 0,0074$$

* Jadi hasil kapasitas serapan logam Cu pada batang dengan konsentrasi 150 ppm:

$$\bar{x} + sd = (1,3812 \pm 0,0074) \mu\text{g/g sampel.}$$

11. Batang 200 ppm

$$a. \quad Y = 0,0333x + 0,0051$$

$$0,0140 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0140 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 0,5735 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,5735 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{4 \text{ g}}$$

$$= 1,4337 \mu\text{g/g}$$

$$b. \quad Y = 0,0333x + 0,0051$$

$$0,0136 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0136 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 0,5615 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,5615 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{4 \text{ g}}$$

$$= 1,4037 \mu\text{g/g}$$

$$c. \quad Y = 0,0333x + 0,0051$$

$$0,0136 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0136 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 0,5615 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,5615 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{4 \text{ g}}$$

$$= 1,4037 \mu\text{g/g}$$

No	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	1,4337	0,02	$4 \cdot 10^{-4}$
2	1,4037	-0,01	$1 \cdot 10^{-4}$
3	1,4037	-0,01	$1 \cdot 10^{-4}$
$\bar{x} = 1,4137$			$\sum d^2 = 6 \cdot 10^{-4}$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 10^{-4}}{3-1}} = 0,0173$$

* Jadi hasil kapasitas serapan logam Cu pada batang dengan konsentrasi 200 ppm:
 $\bar{x} + sd = (1,4137 \pm 0,0173) \mu\text{g/g}$ sampel.

12. Batang 450 ppm

$$a. \quad Y = 0,0333x + 0,0051$$

$$0,0183 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0183 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 0,7027 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,7027 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{4 \text{ g}}$$

$$= 1,7567 \mu\text{g/g}$$

$$b. \quad Y = 0,0333x + 0,0051$$

$$0,0181 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0181 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 0,6967 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,6967 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{4 \text{ g}}$$

$$= 1,7417 \mu\text{g/g}$$

$$c. \quad Y = 0,0333x + 0,0051$$

$$0,0181 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0181 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 0,6967 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,6967 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{4 \text{ g}}$$

$$= 1,7417 \mu\text{g/g}$$

No	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	1,7567	0,01	$1 \cdot 10^{-4}$
2	1,7417	$-5 \cdot 10^{-3}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$
3	1,7417	$-5 \cdot 10^{-3}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$
$\bar{x} = 1,7467$			$\sum d^2 = 1,5 \cdot 10^{-4}$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{1,5 \cdot 10^{-4}}{3-1}} = 0,0086$$

* Jadi hasil kapasitas serapan logam Cu pada batang dengan konsentrasi 450 ppm:

$$\bar{x} + sd = (1,7467 \pm 0,0086) \mu\text{g/g sampel.}$$

13. Daun 0 ppm

$$a. \quad Y = 0,0333x + 0,0051$$

$$0,0231 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0231 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 0,8468 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,8468 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{4 \text{ g}}$$

$$= 2,117 \mu\text{g/g}$$

$$b. \quad Y = 0,0333x + 0,0051$$

$$0,0231 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0231 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 0,8528 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,8528 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{4 \text{ g}}$$

$$= 2,132 \mu\text{g/g}$$

$$c. \quad Y = 0,0333x + 0,0051$$

$$0,0231 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0231 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 0,8468 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,8468 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{4 \text{ g}}$$

$$= 2,117 \mu\text{g/g}$$

No	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	2,117	-0,005	$2,5 \cdot 10^{-5}$
2	2,132	0,01	$1 \cdot 10^{-4}$
3	2,117	-0,005	$2,5 \cdot 10^{-5}$
$\bar{x} = 2,122$			$\Sigma d^2 = 1,5 \cdot 10^{-4}$

$$Sd = \sqrt{\frac{\Sigma d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{1,5 \cdot 10^{-4}}{3-1}} = 0,0086$$

* Jadi hasil kapasitas serapan logam Cu pada daun dengan konsentrasi 0 ppm:

$$\bar{x} + sd = (2,122 \pm 0,0086) \mu\text{g/g sampel.}$$

14. Daun 50 ppm

$$a. \quad Y = 0,0333x + 0,0051$$

$$0,0469 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0469 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 1,5615 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{1,5615 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{4 \text{ g}}$$

$$= 3,9037 \mu\text{g/g}$$

$$b. \quad Y = 0,0333x + 0,0051$$

$$0,0460 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0460 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 1,5345 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{1,5345 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{4 \text{ g}}$$

$$= 3,8362 \mu\text{g/g}$$

$$c. \quad Y = 0,0333x + 0,0051$$

$$0,0464 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0464 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 1,5465 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{1,5465 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{4 \text{ g}}$$

$$= 3,8662 \mu\text{g/g}$$

No	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	3,9037	0,035	$1,2 \cdot 10^{-3}$
2	3,8362	-0,0325	$1 \cdot 10^{-3}$
3	3,8662	$-2,5 \cdot 10^{-3}$	$6,2 \cdot 10^{-6}$
$\bar{x} = 3,8687$			$\Sigma d^2 = 2,2 \cdot 10^{-3}$

$$Sd = \sqrt{\frac{\Sigma d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{2,2 \cdot 10^{-3}}{3-1}} = 0,0331$$

* Jadi hasil kapasitas serapan logam Cu pada daun dengan konsentrasi 50 ppm:

$$\bar{x} + sd = (3,8687 \pm 0,0331) \mu\text{g/g sampel.}$$

15. Daun 100 ppm

a. $Y = 0,0333x + 0,0051$

$0,0341 = 0,0333x + 0,0051$

$X = \frac{0,0341 + 0,0051}{0,0333}$

$= 1,1771 \mu\text{g/mL}$

Kapasitas serapan logam = $\frac{1,1771 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{4 \text{ g}}$

$= 2,9427 \mu\text{g/g}$

b. $Y = 0,0333x + 0,0051$

$0,0349 = 0,0333x + 0,0051$

$X = \frac{0,0349 + 0,0051}{0,0333}$

$= 1,2012 \mu\text{g/mL}$

Kapasitas serapan logam = $\frac{1,2012 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{4 \text{ g}}$

$= 3,0030 \mu\text{g/g}$

c. $Y = 0,0333x + 0,0051$

$0,0341 = 0,0333x + 0,0051$

$X = \frac{0,0341 + 0,0051}{0,0333}$

$= 1,1771 \mu\text{g/mL}$

Kapasitas serapan logam = $\frac{1,1771 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{4 \text{ g}}$

$= 2,9427 \mu\text{g/g}$

No	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	2,9427	-0,0201	$4 \cdot 10^{-4}$
2	3,0030	0,0420	$1,6 \cdot 10^{-3}$
3	2,9427	-0,0201	$4 \cdot 10^{-4}$
$\bar{x} = 2,9628$			$\sum d^2 = 2,4 \cdot 10^{-3}$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{2,4 \cdot 10^{-3}}{3-1}} = 0,0346$$

* Jadi hasil kapasitas serapan logam Cu pada daun dengan konsentrasi 100 ppm:

$\bar{x} + sd = (2,9628 \pm 0,0346) \mu\text{g/g}$ sampel.

16. Daun 150 ppm

a. $Y = 0,0333x + 0,0051$

$$0,0276 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0276 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 0,9819 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,9819 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{4 \text{ g}} = 2,4547 \mu\text{g/g}$$

b. $Y = 0,0333x + 0,0051$

$$0,0276 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0276 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 0,9819 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,9819 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{4 \text{ g}} = 2,4547 \mu\text{g/g}$$

c. $Y = 0,0333x + 0,0051$

$$0,0276 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0276 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 0,9819 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,9819 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{4 \text{ g}} = 2,4547 \mu\text{g/g}$$

No	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	2,4547	0	0
2	2,4547	0	0
3	2,4547	0	0
$\bar{x} = 2,4547$			$\sum d^2 = 0$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0}{3-1}} = 0$$

* Jadi hasil kapasitas serapan logam Cu pada daun dengan konsentrasi 150 ppm:

$$\bar{x} + sd = (2,4547 \pm 0) \mu\text{g/g} \text{ sampel.}$$

17. Daun 200 ppm

a. $Y = 0,0333x + 0,0051$

$$0,0465 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0465 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 1,5495 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{1,5495 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{4 \text{ g}}$$

$$= 3,8737 \mu\text{g/g}$$

b. $Y = 0,0333x + 0,0051$

$$0,0461 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0461 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 1,5375 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{1,5375 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{4 \text{ g}}$$

$$= 3,8437 \mu\text{g/g}$$

c. $Y = 0,0333x + 0,0051$

$$0,0458 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0458 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 1,5285 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{1,5285 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{4 \text{ g}}$$

$$= 3,8212 \mu\text{g/g}$$

No	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	3,8737	0,0275	$7,5 \cdot 10^{-4}$
2	3,8437	$-2,5 \cdot 10^{-3}$	$6,2 \cdot 10^{-6}$
3	3,8212	-0,025	$6,2 \cdot 10^{-4}$
$\bar{x} = 3,8462$			$\sum d^2 = 1,3 \cdot 10^{-3}$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{1,3 \cdot 10^{-3}}{3-1}} = 0,0255$$

* Jadi hasil kapasitas serapan logam Cu pada daun dengan konsentrasi 150 ppm:

$$\bar{x} + sd = (3,8462 \pm 0,0255) \mu\text{g/g sampel.}$$

18. Daun 450 ppm

a. $Y = 0,0333x + 0,0051$

$$0,0504 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0504 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 1,6666 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{1,6666 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{4 \text{ g}}$$

$$= 4,1665 \mu\text{g/g}$$

b. $Y = 0,0333x + 0,0051$

$$0,0499 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0499 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 1,6516 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{1,6516 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{4 \text{ g}}$$

$$= 4,1300 \mu\text{g/g}$$

c. $Y = 0,0333x + 0,0051$

$$0,0492 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0492 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 1,6306 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{1,6306 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{4 \text{ g}}$$

$$= 4,0765 \mu\text{g/g}$$

No	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	4,1665	0,0422	$1,7 \cdot 10^{-3}$
2	4,1300	$5,7 \cdot 10^{-3}$	$3,2 \cdot 10^{-5}$
3	4,0765	-0,0478	$2,2 \cdot 10^{-3}$
$\bar{x} = 4,1243$			$\Sigma d^2 = 3,9 \cdot 10^{-3}$

$$Sd = \sqrt{\frac{\Sigma d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{3,9 \cdot 10^{-3}}{3-1}} = 0,0441$$

* Jadi hasil kapasitas serapan logam Cu pada daun dengan konsentrasi 450 ppm:

$$\bar{x} + sd = (4,1243 \pm 0,0441) \mu\text{g/g sampel.}$$

19. Buah 0 ppm

a. $Y = 0,0333x + 0,0051$

$$0,0118 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0118 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 0,5075 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,5075 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{4 \text{ g}}$$

$$= 1,2687 \mu\text{g/g}$$

b. $Y = 0,0333x + 0,0051$

$$0,0121 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0121 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 0,5165 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,5165 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{4 \text{ g}}$$

$$= 1,2912 \mu\text{g/g}$$

c. $Y = 0,0333x + 0,0051$

$$0,0119 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0119 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 0,5105 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,5105 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{4 \text{ g}}$$

$$= 1,2762 \mu\text{g/g}$$

No	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	1,2687	-0,01	$1 \cdot 10^{-4}$
2	1,2912	0,0125	$1,5 \cdot 10^{-4}$
3	1,2762	-0,0025	$6,2 \cdot 10^{-6}$
$\bar{x} = 1,2787$			$\Sigma d^2 = 2,5 \cdot 10^{-4}$

$$Sd = \sqrt{\frac{\Sigma d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{2,5 \cdot 10^{-4}}{3-1}} = 0,0111$$

* Jadi hasil kapasitas serapan logam Cu pada buah dengan konsentrasi 0 ppm:

$$\bar{x} + sd = (1,2787 \pm 0,0111) \mu\text{g/g sampel.}$$

20. Buah 50 ppm

a. $Y = 0,0333x + 0,0051$

$$0,0129 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0129 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 0,5405 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,5405 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{4 \text{ g}}$$

$$= 1,3512 \mu\text{g/g}$$

b. $Y = 0,0333x + 0,0051$

$$0,0129 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0129 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 0,5405 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,5405 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{4 \text{ g}}$$

$$= 1,3512 \mu\text{g/g}$$

c. $Y = 0,0333x + 0,0051$

$$0,0132 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0132 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 0,5495 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,5495 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{4 \text{ g}}$$

$$= 1,3737 \mu\text{g/g}$$

No	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	1,3512	$-7,5 \cdot 10^{-3}$	$5,6 \cdot 10^{-5}$
2	1,3512	$-7,5 \cdot 10^{-3}$	$5,6 \cdot 10^{-5}$
3	1,3737	0,015	$2,2 \cdot 10^{-4}$
$\bar{x} = 1,3587$			$\sum d^2 = 3,3 \cdot 10^{-4}$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{3,3 \cdot 10^{-4}}{3-1}} = 0,0128$$

* Jadi hasil kapasitas serapan logam Cu pada buah dengan konsentrasi 50 ppm:

$$\bar{x} + sd = (1,3587 \pm 0,0128) \mu\text{g/g sampel.}$$

21. Buah 100 ppm

a. $Y = 0,0333x + 0,0051$

$$0,0156 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0156 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 0,6216 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,6216 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{4 \text{ g}}$$

$$= 1,554 \mu\text{g/g}$$

b. $Y = 0,0333x + 0,0051$

$$0,0158 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0158 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 0,6276 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,6276 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{4 \text{ g}}$$

$$= 1,5690 \mu\text{g/g}$$

c. $Y = 0,0333x + 0,0051$

$$0,0157 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0157 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 0,6246 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,6246 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{4 \text{ g}}$$

$$= 1,5615 \mu\text{g/g}$$

No	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	1,5540	$-7,5 \cdot 10^{-3}$	$5,6 \cdot 10^{-5}$
2	1,5690	$7,5 \cdot 10^{-3}$	$5,6 \cdot 10^{-5}$
3	1,5615	0	0
$\bar{x} = 1,5615$			$\Sigma d^2 = 1,1 \cdot 10^{-4}$

$$Sd = \sqrt{\frac{\Sigma d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{1,1 \cdot 10^{-4}}{3-1}} = 0,0074$$

* Jadi hasil kapasitas serapan logam Cu pada buah dengan konsentrasi 100 ppm:

$$\bar{x} + sd = (1,5615 \pm 0,0074) \mu\text{g/g sampel.}$$

22. Buah 150 ppm

a. $Y = 0,0333x + 0,0051$

$$0,0155 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0155 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 0,6186 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,6186 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{4 \text{ g}}$$

$$= 1,5465 \mu\text{g/g}$$

b. $Y = 0,0333x + 0,0051$

$$0,0158 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0158 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 0,6276 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,6276 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{4 \text{ g}}$$

$$= 1,5690 \mu\text{g/g}$$

c. $Y = 0,0333x + 0,0051$

$$0,0152 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0152 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 0,6096 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,6096 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{4 \text{ g}}$$

$$= 1,5240 \mu\text{g/g}$$

No	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	1,5465	0	0
2	1,5690	0,0225	$5,0 \cdot 10^{-4}$
3	1,5240	-0,0225	$5,0 \cdot 10^{-4}$
$\bar{x} = 1,5465$			$\sum d^2 = 1 \cdot 10^{-3}$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{1 \cdot 10^{-3}}{3-1}} = 0,0223$$

* Jadi hasil kapasitas serapan logam Cu pada buah dengan konsentrasi 150 ppm:

$$\bar{x} + sd = (1,5465 \pm 0,0223) \mu\text{g/g sampel.}$$

23. Buah 200 ppm

$$a. \quad Y = 0,0333x + 0,0051$$

$$0,0159 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0159 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 0,6306 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,6306 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{4 \text{ g}}$$

$$= 1,5765 \mu\text{g/g}$$

$$b. \quad Y = 0,0333x + 0,0051$$

$$0,0158 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0158 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 0,6276 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,6276 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{4 \text{ g}}$$

$$= 1,5690 \mu\text{g/g}$$

$$c. \quad Y = 0,0333x + 0,0051$$

$$0,0159 = 0,0333x + 0,0051$$

$$X = \frac{0,0159 + 0,0051}{0,0333}$$

$$= 0,6306 \mu\text{g/mL}$$

$$\text{Kapasitas serapan logam} = \frac{0,6306 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{4 \text{ g}}$$

$$= 1,5765 \mu\text{g/g}$$

No	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	1,5765	$2,5 \cdot 10^{-3}$	$6,2 \cdot 10^{-6}$
2	1,5690	$-5 \cdot 10^{-3}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$
3	1,5765	$2,5 \cdot 10^{-3}$	$6,2 \cdot 10^{-6}$
$\bar{x} = 1,5740$			$\Sigma d^2 = 3,7 \cdot 10^{-5}$

$$Sd = \sqrt{\frac{\Sigma d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{3,7 \cdot 10^{-5}}{3-1}} = 0,0043$$

* Jadi hasil kapasitas serapan logam Cu pada buah dengan konsentrasi 200 ppm:

$$\bar{x} + sd = (1,5740 \pm 0,0043) \mu\text{g/g sampel.}$$

24. Buah 450 ppm

a. $Y = 0,0333x + 0,0051$

$0,0170 = 0,0333x + 0,0051$

$X = \frac{0,0170 + 0,0051}{0,0333}$

$= 0,6636 \mu\text{g/mL}$

Kapasitas serapan logam = $\frac{0,6636 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{4 \text{ g}}$

$= 1,659 \mu\text{g/g}$

b. $Y = 0,0333x + 0,0051$

$0,0171 = 0,0333x + 0,0051$

$X = \frac{0,0171 + 0,0051}{0,0333}$

$= 0,6666 \mu\text{g/mL}$

Kapasitas serapan logam = $\frac{0,6666 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{4 \text{ g}}$

$= 1,6665 \mu\text{g/g}$

c. $Y = 0,0333x + 0,0051$

$0,0174 = 0,0333x + 0,0051$

$X = \frac{0,0174 + 0,0051}{0,0333}$

$= 0,6756 \mu\text{g/mL}$

Kapasitas serapan logam = $\frac{0,6756 \mu\text{g/mL} \times 10 \text{ mL}}{4 \text{ g}}$

$= 1,6890 \mu\text{g/g}$

No	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	1,6590	-0,0125	$1,5 \cdot 10^{-4}$
2	1,6665	0,015	$2,2 \cdot 10^{-4}$
3	1,6890	0,0175	$3,0 \cdot 10^{-4}$
$\bar{x} = 1,6715$			$\Sigma d^2 = 6,7 \cdot 10^{-4}$

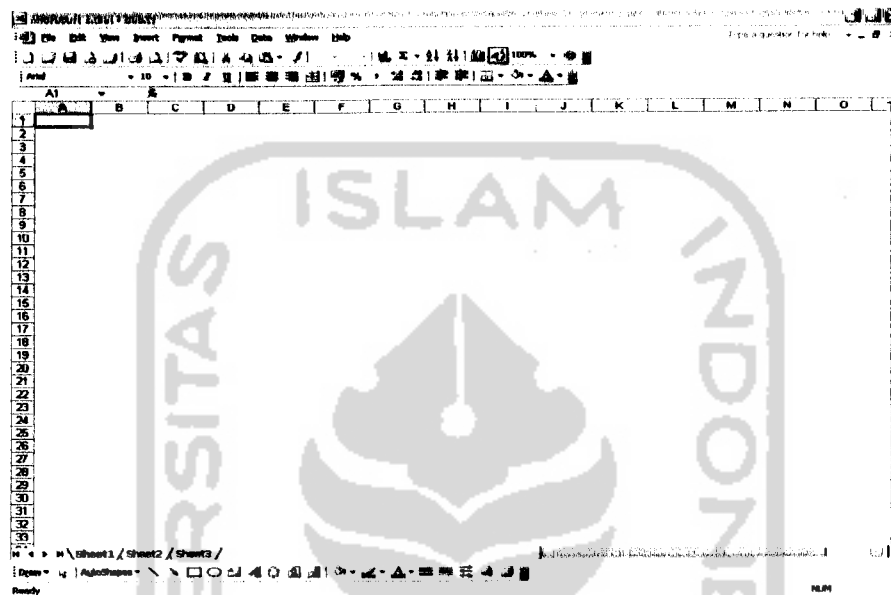
$$Sd = \sqrt{\frac{\Sigma d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{6,7 \cdot 10^{-4}}{3-1}} = 0,0183$$

* Jadi hasil kapasitas serapan logam Cu pada buah dengan konsentrasi 450 ppm:

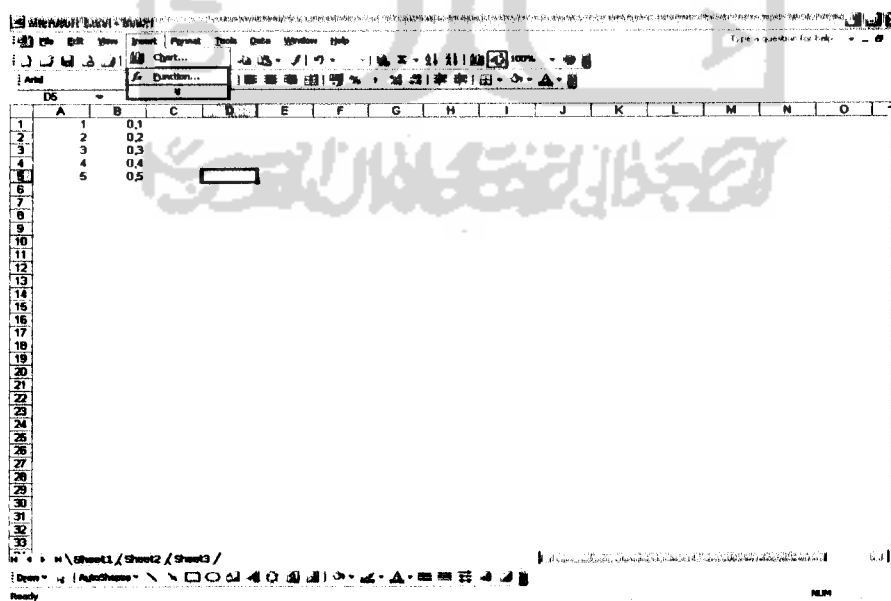
$\bar{x} + sd = (1,6715 \pm 0,0183) \mu\text{g/g}$ sampel.

Lampiran 5. Langkah-langkah penentuan regresi linier dengan menggunakan program Microsoft Excel

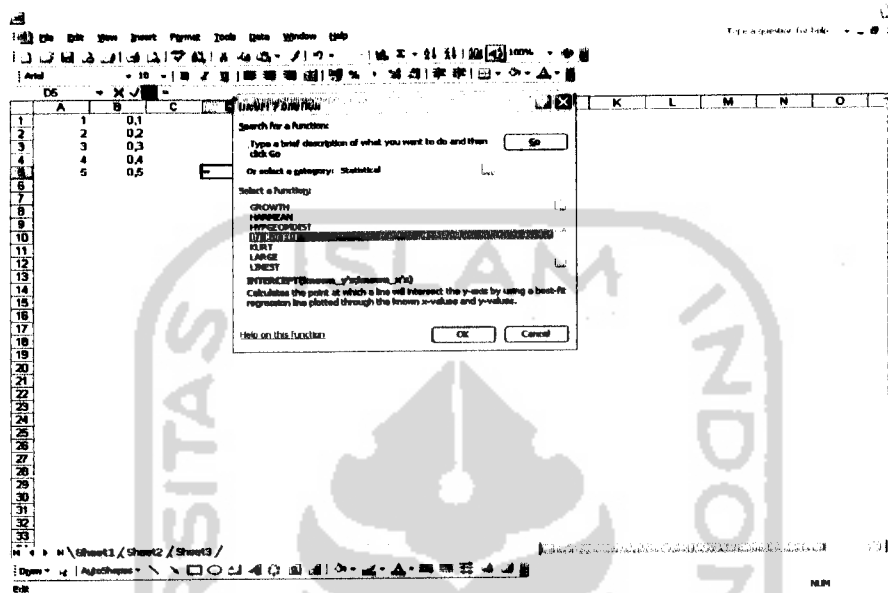
1. Klik Start, lalu pilih menu program Microsoft Excel



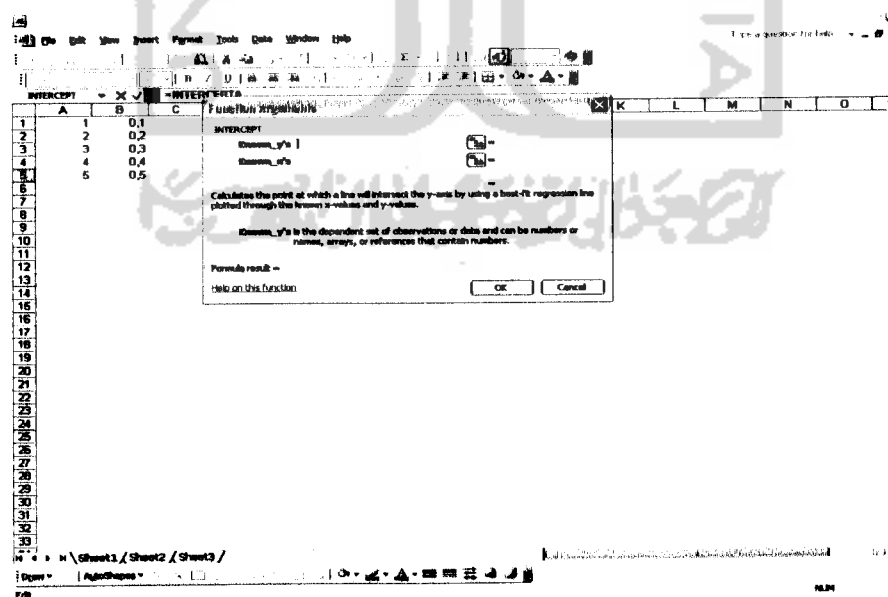
2. Klik insert, pilih menu function.



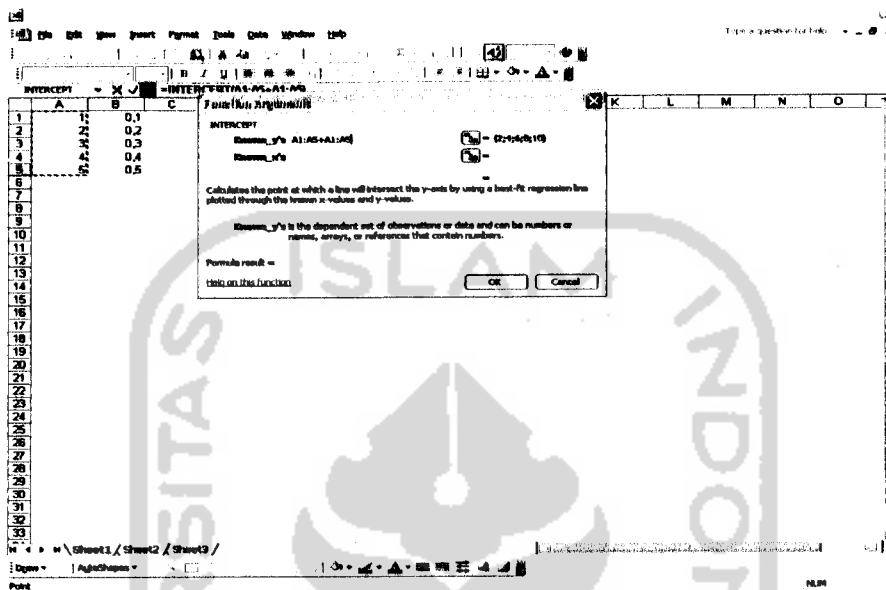
3. Pilih kategori statistik dan klik intersep pada kolom kanan, lalu klik OK.



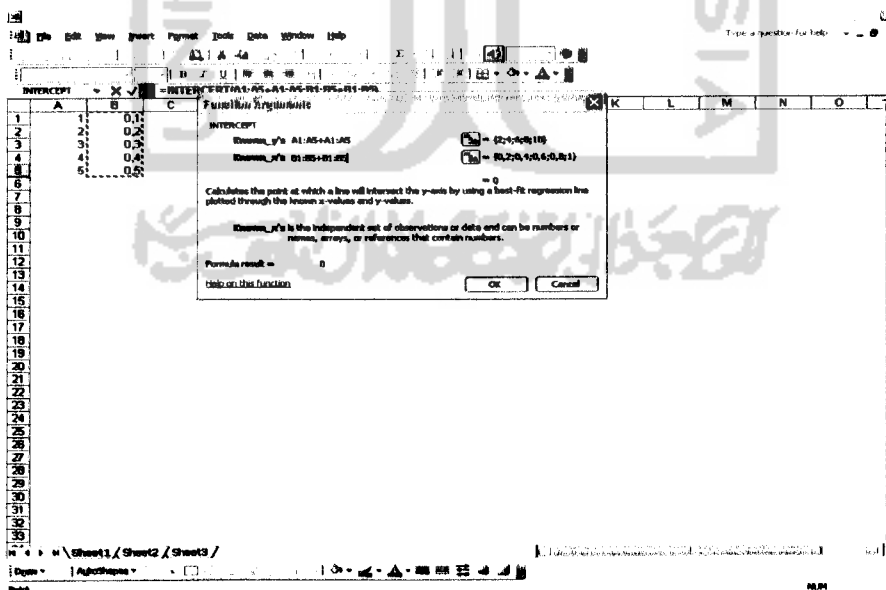
4. Setelah layar di bawah muncul, isi data A dan B pada kolom array 1 dan array 2.



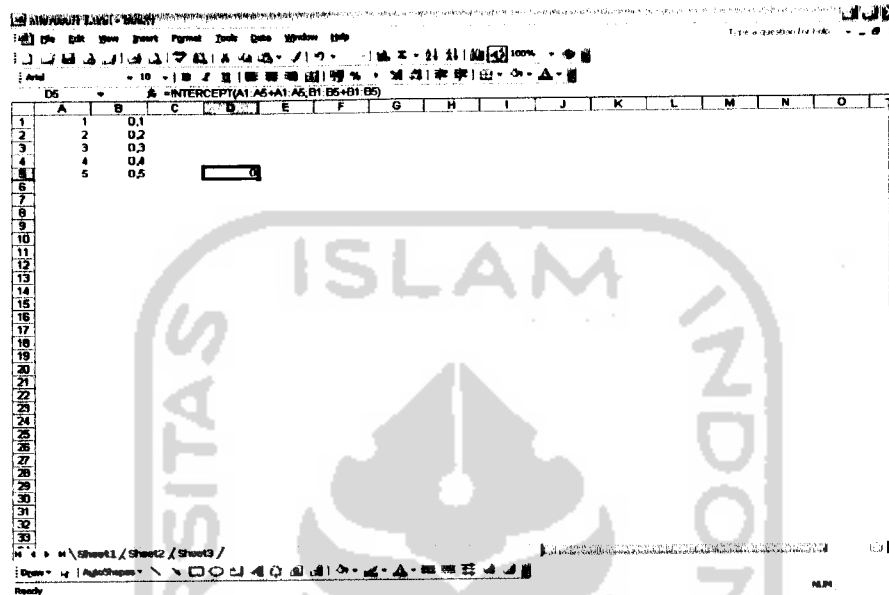
5. Isi data pada kolom array 1 dengan memblok data pada kolom A



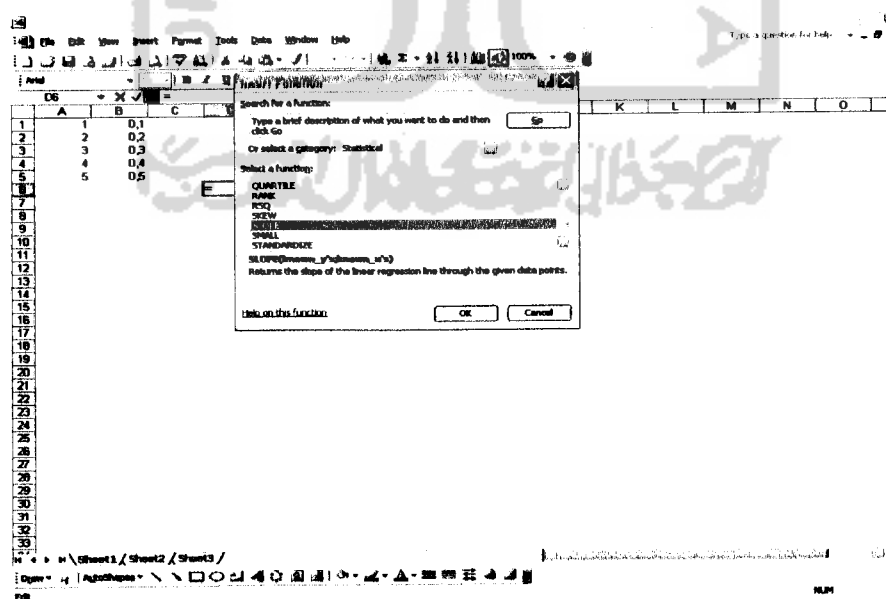
6. Isi data pada kolom array 2 dengan memblok data pada kolom B



7. Hasil dari langkah 1 sampai 6 adalah gambar di bawah ini



8. Untuk menentukan nilai slope, langkah yang digunakan sama dengan pada penentuan intersep. Tetapi pada kategori statistik, yang dipilih adalah slope pada kolom kanan



9. Untuk menentukan nilai korelasi, langkah yang digunakan sama dengan pada penentuan intersep. Tetapi pada kategori statistik, yang dipilih adalah **slope** pada kolom kanan

