

## Pengaruh pemberian larutan tembaga terhadap pertumbuhan tanaman bunga matahari (*Helianthus annuus* L.)

### *The effect of copper solution on sunflower plants' growth (Helianthus annuus L.)*

Asmi Ode<sup>1,\*</sup>, Fauzia Hulopi<sup>2</sup>, Pebrywati Watimury<sup>1</sup>, Sriyati Sampulawa<sup>1</sup>, Farida Bahalwan<sup>1</sup>, Wa Nirmala<sup>1</sup>, Abdullah Derlean<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Darussalam Ambon.

<sup>2</sup>Fakultas Pertanian dan Kehutanan Universitas Darussalam Ambon

\*Email Korespondensi: [asmiode86@gmail.com](mailto:asmiode86@gmail.com)

#### Abstract

This research aims to determine the effect of copper solution on sunflower plants' growth (*H. annuus* L.). This research was carried out using a Completely Randomized Design (CRD) consisting of 4 Cu metal treatment concentrations, namely P0: 0 mg/L, P1: 100 mg/L, P2: 200 mg/L, and P3: 500 mg/L, with 5 replication for each treatment to obtain 20 plant samples. This research was done by soaking cultivar sunflower seeds in a container filled with warm water overnight and then planting them in polybags. Plants were maintained intensively until two weeks after planting and Cu was applied. The Cu metal used is  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  salt. The Cu solution was given after the plants underwent acclimatization for one week (aged  $\pm 5$  weeks). The Cu applied is  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  salt, which contains approximately 25% Cu ions. The salt is dissolved in 1L of distilled water according to the concentration and given 4 times over 2 weeks until the Cu solution runs out. 250 ml of Cu solution is poured onto the soil around the plant carefully so that it does not come into direct contact with the plant stem. In the control treatment,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  salt was not watered. After administration of Cu, observations and measurements of growth parameters were carried out. Growth parameters include plant height, number of leaves, and root length. The observation data is presented in the form of images and measurements will be analyzed using analysis of variance (ANOVA) and further tested with DMRT (Duncan Multiple Range Test) with a confidence level of 95%. The results of the study showed that giving Cu solution affected the growth of sunflower plants. The higher Cu concentration results in stunted plant height, decreased number of leaves, and stunted plant root elongation.

**Keywords:** Copper, Growth, Sunflower.

#### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian larutan tembaga terhadap pertumbuhan tanaman bunga matahari (*H. annuus* L.). Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 4 konsentrasi perlakuan logam Cu yaitu P<sub>0</sub>: 0 mg/L, P<sub>1</sub>: 100 mg/L, P<sub>2</sub>: 200 mg/L dan P<sub>3</sub>: 500 mg/L, dengan 5 ulangan untuk setiap perlakuan sehingga didapatkan 20 sampel tanaman. Penelitian ini dilakukan dengan merendam biji bunga matahari kultivar dalam wadah berisi air hangat selama semalam kemudian ditanam pada polybag. Tanaman dipelihara secara intensif hingga berumur 2 minggu setelah tanam dan dilakukan aplikasi Cu. Logam Cu yang digunakan berupa garam  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . Pemberian larutan Cu dilakukan setelah tanaman mengalami aklimatisasi selama 1 minggu (tanaman berumur  $\pm 5$  minggu). Cu yang diaplikasikan berupa garam  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  yang mengandung kurang lebih 25% ion Cu. Garam tersebut dilarutkan dalam aquades sebanyak 1L sesuai konsentrasi dan diberikan 4 kali dalam jangka waktu 2 minggu hingga larutan Cu habis. Larutan Cu sebanyak 250 ml disiramkan ke tanah disekitar tanaman secara hati-hati agar tidak kontak langsung dengan batang tanaman. Pada perlakuan kontrol tidak dilakukan penyiraman garam  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . Setelah pemberian Cu, dilakukan pengamatan dan pengukuran parameter pertumbuhan. Parameter pertumbuhan terdiri dari tinggi tanaman, jumlah daun, dan panjang akar tanaman. Data hasil pengamatan disajikan dalam bentuk gambar dan pengukuran akan dianalisis menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA) dan diuji lanjut dengan DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) dengan tingkat kepercayaan 95%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian larutan

Cu berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman bunga matahari. Semakin tinggi konsentrasi Cu mengakibatkan terhambatnya tinggi tanaman, penurunan jumlah daun, dan terhambatnya pemanjangan akar tanaman.

**Kata kunci:** Bunga matahari, pertumbuhan, tembaga

## I. Pendahuluan

Tembaga (Cu) merupakan hara mikro esensial yang diperlukan oleh tumbuhan. Logam Cu berperan sebagai kofaktor beberapa enzim tetapi akumulasi Cu yang berlebihan pada jaringan tanaman dapat menjadi racun bagi tanaman. Ambang batas toksisitas Cu pada tanaman telah terbukti sangat bervariasi. Toksisitas logam Cu secara umum menyebabkan efek negatif pada tumbuhan dan dapat mempengaruhi beberapa aspek tumbuhan misalnya aspek morfologi, fisiologis, dan anatomis (Muliadi dkk., 2013). Logam Cu dapat menyebabkan terganggunya penyerapan mineral esensial dan pembelahan sel, rusaknya dinding sel, terhambatnya pertumbuhan akar dan tunas serta polimerasi lignin. Akumulasi Cu pada tanaman dapat menyebabkan klorosis pada daun, pengurangan tingkat fotosintesis, perusakan struktur kloroplas, terganggunya proses transport electron selama fotosintesis, dan berkurangnya kerapatan kloroplas. Konsentrasi Cu yang berlebihan pada tanaman menyebabkan gejala seperti klorosis dan nekrosis, pengerdilan, dan penghambatan pertumbuhan akar (Alloway, 2013).

Salah satu tanaman yang dapat digunakan untuk penyerapan logam Cu adalah bunga matahari. Tanaman Bunga matahari (*H. annuus* L.) merupakan tumbuhan semusim dari suku kenikir-nikiran (*Asteraceae*) yang populer, baik sebagai tanaman hias maupun tanaman penghasil minyak. Selain itu, Bunga matahari (*H. annuus* L.) adalah tanaman yang mengakumulasi beberapa logam, seperti Cd, Cu, dan Zn (Saidi *et al.*, 2014). Tanaman bunga matahari merupakan tanaman fitoremediator Cu namun toksisitas Cu juga dapat mempengaruhi aspek pertumbuhan tanaman sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian larutan Cu terhadap pertumbuhan tanaman bunga matahari (*H. annuus* L.).

## II. Metode Penelitian

### 2.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret 2023 sampai Juni 2023 dengan menanam biji bunga matahari (*Helianthus annuus* L.) di *green house* Fakultas Pertanian Universitas Darussalam Ambon. Sampel penelitian berupa biji bunga matahari yang berukuran besar yang digunakan sebagai makanan kecil (kuaci) sebanyak 20 sampel tanaman. Cu yang digunakan berupa garam  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  yang diaplikasikan dalam 4 perlakuan dengan 5 ulangan.

### 2.2. Persiapan Media Tanam

Media yang digunakan dalam proses penyemaian benih terdiri dari pasir yang ditempatkan dalam wadah semai dan sudah diberi naungan. Komposisi media tanam yang digunakan untuk penanaman terdiri dari tanah halus dan kompos dengan perbandingan 2:1.

### 2.3. Pembibitan

Sebelum ditanam, biji bunga matahari direndam dalam wadah yang berisi air hangat selama semalam, selanjutnya setiap biji disebar di atas wadah semai yang berisi media pasir secara merata, kemudian di tutup dengan lapisan tipis pasir setebal 1-2 cm, dipelihara hingga tumbuh seragam (umur 2 MST). Bibit tanaman bunga matahari seragam dipindahkan ke dalam polybag berukuran 15x15 cm yang berisi campuran media tanah dan pupuk kompos, dipelihara secara intensif hingga berumur  $\pm$  4 minggu.

## 2.4. Penanaman

Setelah bibit berumur  $\pm 4$  minggu, dipindahkan ke dalam polybag berukuran 35x35 cm dengan cara merobek polybag semai dan ditanam pada polybag tersebut. Polybag yang sudah berisi tanaman diberi label sesuai rancangan penelitian. Penyiraman dilakukan sesuai kondisi tanaman.

## 2.5. Pemberian Larutan Cu

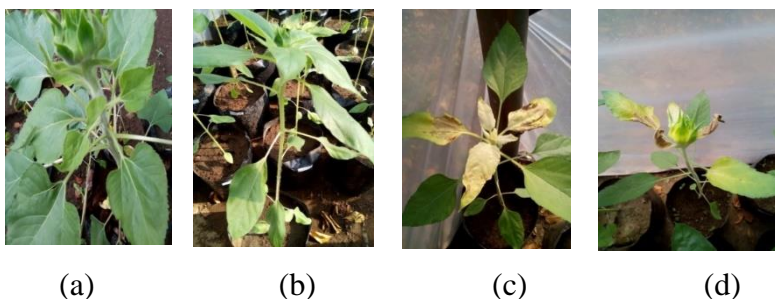
Pemberian larutan Cu dilakukan setelah tanaman mengalami aklimatisasi selama 1 minggu (tanaman berumur  $\pm 5$  minggu). Pada penelitian ini, logam Cu diaplikasikan dalam 4 konsentrasi perlakuan yaitu sebanyak 0, 100, 200, dan 500mg/L. dengan 5 ulangan sehingga didapatkan 20 sampel tanaman. Cu yang diaplikasikan berupa garam  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  yang mengandung kurang lebih 25% ion Cu. Garam tersebut dilarutkan dalam aquades sebanyak 1 L sesuai konsentrasi dan diberikan 4 kali dalam jangka waktu 2 minggu hingga larutan Cu habis. Larutan Cu sebanyak 250 ml disiramkan ke tanah disekitar tanaman secara hati-hati agar tidak kontak langsung dengan batang tanaman. Pada perlakuan kontrol tidak dilakukan penyiraman garam  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .

## 2.6. Analisis Data

Data hasil penelitian di analisis menggunakan data kualitatif berupa deskripsi dan data kuantitatif disajikan dalam bentuk tabel. Selanjutnya diuji statistik dengan oneway Anova beda nyata dilanjutkan dengan uji beda nyata *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) dengan tingkat kepercayaan 95%.

## III. Hasil dan Pembahasan

Dari penelitian yang dilakukan, dapat dilihat kondisi morfologis tanaman bunga matahari yang diperlakukan dengan logam Cu (Gambar 1). Untuk perlakuan kontrol (0 mg/L) dan 100 mg/L, tanaman terlihat segar, dan pertumbuhannya baik namun pada perlakuan Cu 200 mg/L dan 500 mg/L, pertumbuhan tanaman sudah mulai terganggu. Hal ini dapat dilihat dengan adanya gejala klorosis daun (warna daun yang menguning/kecoklatan) dan daun menjadi layu. Zhu and Alva (2013) menyatakan klorosis daun adalah gejala awal yang umum dari keracunan Cu. Klorosis terjadi karena beberapa faktor diantaranya terganggunya proses sintesis klorofil dan berkurangnya salah satu mineral pembentuk klorofil seperti Fe, Mg dan N yang disebabkan oleh munculnya mineral lain. Kehadiran Cu menghambat proses sintesis klorofil, selain itu intervensi Cu menyebabkan berkurangnya mineral yang digunakan untuk sintesis klorofil. Toksisitas akut Cu, daun dapat menjadi layu sebelum akhirnya menjadi nekrotik (Yau *et al.*, 2018).



Gambar 1: Morfologi tanaman dengan perlakuan Cu (umur 10 MST) a. Tanaman dengan perlakuan kontrol; b. Tanaman dengan perlakuan Cu 100 mg/L; c. Tanaman dengan perlakuan Cu 200 mg/L, d. Tanaman dengan perlakuan Cu 500 mg/L.

### 3.1. Tinggi tanaman

Rata-rata tinggi tanaman mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya konsentrasi Cu (Tabel 1). Perlakuan Cu mempengaruhi pertumbuhan tinggi tanaman secara signifikan antara perlakuan kontrol (0 mg/L), 100 mg/L dengan perlakuan 200 mg/L dan 500 mg/L. Dapat dijelaskan bahwa Cu 100 mg/L belum menghambat pertumbuhan tanaman, tetapi konsentrasi Cu 200 mg/L dan 500 mg/L menghambat tinggi tanaman. Thomas *et al.* (2013) menyatakan bahwa Cu berperan penting dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman namun pada konsentrasi Cu yang tinggi akan menekan pertumbuhan tanaman. Semakin meningkat konsentrasi Cu, tanaman terlihat lebih pendek.

Tabel 1. Tinggi tanaman (cm) bunga matahari (*H. annuus* L.) pada umur 7 MST, 8 MST, 9 MST dan 10 MST dengan perlakuan Cu.

Konsentrasi Cu (mg/L)	Tinggi tanaman (cm)			
	umur 7 MST	umur 8 MST	umur 9 MST	umur 10 MST
0	58,46 <sup>c</sup>	66,38 <sup>c</sup>	74,38 <sup>b</sup>	79,62 <sup>b</sup>
100	57,31 <sup>b</sup>	67,77 <sup>d</sup>	75,15 <sup>b</sup>	79,31 <sup>b</sup>
200	55,69 <sup>a</sup>	57,31 <sup>a</sup>	59,23 <sup>a</sup>	61,61 <sup>a</sup>
500	56 <sup>a</sup>	58,54 <sup>b</sup>	59,46 <sup>a</sup>	62 <sup>a</sup>
0	58,46 <sup>c</sup>	66,38 <sup>c</sup>	74,38 <sup>b</sup>	79,62 <sup>b</sup>

Keterangan: angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada uji Duncan pada taraf signifikansi 5%.

Meningkatnya penyerapan suatu unsur akan menghambat penyerapan unsur lain. Ketika Cu meningkat di daerah perakaran, dapat menyebabkan penurunan Fe yang tersedia di perakaran. Fe merupakan unsur essensial bagi tanaman. Unsur ini dibutuhkan dalam biosintesis kloroplas. Kekurangan Fe pada tanaman akan menyebabkan klorosis daun yang menyebabkan penurunan pertumbuhan tinggi tanaman dan hasil tanaman. Penghambatan yang terjadi akibat kelebihan Cu pada panjang akar, tunas, dan luas daun karena penurunan pembelahan sel, efek toksis logam berat pada fotosintesis, respirasi, dan sintesis protein. Selain itu adanya logam berat menyebabkan terbatasnya jumlah fosfor, kalium, dan besi yang ada di jaringan akar. Toksisitas Cu menurunkan tinggi tanaman (Printz *et al.*, 2016).

### 3.2. Jumlah Daun

Rata-rata jumlah daun mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya konsentrasi Cu (Tabel 2). Perlakuan Cu menurunkan pembentukan daun secara signifikan. Toksisitas Cu dapat disebabkan karena adanya kekurangan besi. Dobermann dan Fairhurst (2017) menyatakan bahwa apabila tanaman kekurangan Fe maka terjadi pengurangan kandungan klorofil dalam daun dan gangguan enzim yang terdapat dalam metabolisme gula. Hal ini menyebabkan gangguan pada proses fotosintesis sehingga menyebabkan hasil fotosintat yang ada menurun. Penurunan jumlah fotosintat menyebabkan penurunan jumlah anakan dan jumlah daun yang dihasilkan. Penurunan jumlah daun disebabkan adanya penghambatan yang berkaitan dengan kompetisi unsur hara.

Menurut Printz *et al.* (2016), logam berat menyebabkan berkurangnya unsur P sehingga mengganggu pertumbuhan yang mengakibatkan terhambatnya pertumbuhan daun. Pada tanaman, apabila terjadi gangguan hara dapat menunda munculnya daun baru. Adanya akumulasi logam berat juga dapat menghambat kerja aktivitas enzim nitrat reduktase. Adanya penghambatan kerja enzim tersebut menyebabkan penurunan pembentukan nitrat yang berakibat pada menurunnya

unsur nitrogen. Unsur nitrogen pada tanaman digunakan untuk proses pertumbuhan. Bila unsur tersebut berkurang, maka proses pembentukan daun juga akan terganggu.

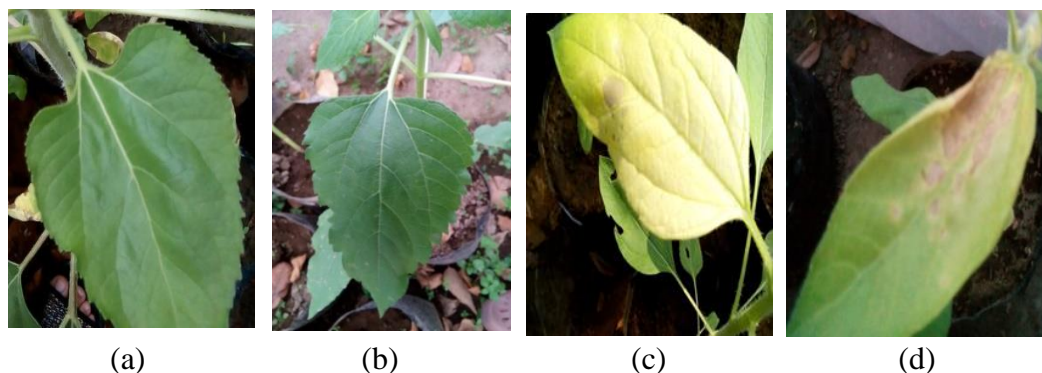
Tabel 2. Jumlah daun (helai) tanaman bunga matahari (*H. annuus* L.) pada umur 7 MST, 8 MST, 9 MST dan 10 MST dengan perlakuan Cu.

Konsentrasi Cu (mg/L)	Jumlah Daun (helai)			
	umur 7 MST	umur 8 MST	umur 9 MST	umur 10 MST
0	15 <sup>b</sup>	18 <sup>b</sup>	20 <sup>b</sup>	21 <sup>b</sup>
100	15 <sup>b</sup>	18 <sup>b</sup>	20 <sup>b</sup>	21 <sup>b</sup>
200	14 <sup>a</sup>	12 <sup>a</sup>	10 <sup>a</sup>	8 <sup>a</sup>
500	14 <sup>a</sup>	12 <sup>a</sup>	10 <sup>a</sup>	8 <sup>a</sup>
0	15 <sup>b</sup>	18 <sup>b</sup>	20 <sup>b</sup>	21 <sup>b</sup>

Keterangan: angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada uji Duncan pada taraf signifikansi 5%.

Toksitas Cu pada daun juga terjadi karena penurunan kadar klorofil seiring tingginya konsentrasi logam berat. Ada keterkaitan antara konsentrasi logam berat dengan perubahan kandungan klorofil total pada daun, dimana kandungan klorofil total akan mengalami penurunan sejalan dengan meningkatnya konsentrasi logam berat. Perubahan kandungan klorofil akibat meningkatnya konsentrasi logam berat terkait dengan rusaknya struktur kloroplas. Pembentukan struktur kloroplas sangat dipengaruhi oleh nutrisi mineral seperti Mg dan Fe. Masuknya logam berat secara berlebihan pada tumbuhan akan mengurangi asupan Mg dan Fe, sehingga menyebabkan perubahan pada jumlah kloroplas. Perubahan struktur kloroplas mengganggu proses fotosintesis dan mengakibatkan klorosis daun (Al-Saadi *et al.*, 2014).

Klorosis daun akibat Cu dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kondisi morfologi tanaman bunga matahari setelah diberi perlakuan Cu (a) Cu 0 mg/L., (b) Cu 100 mg/L., (c) Cu 200 mg/L., (d) Cu 500 mg/L.

### 3.3. Panjang Akar

Hasil penelitian menunjukkan bahwa akar tanaman bunga matahari lebih pendek dengan bertambahnya konsentrasi Cu (Tabel 3). Perlakuan Cu menghambat pemanjangan akar secara signifikan antara perlakuan kontrol (0 mg/L), 100 mg/L dengan perlakuan 200 mg/L dan 500 mg/L. Pada Tabel 3 terlihat bahwa panjang akar pada umur 10 MST paling tinggi dijumpai pada perlakuan kontrol dan yang paling rendah pada perlakuan 200 mg/L. Cu adalah salah satu mikronutrien yang dibutuhkan oleh tumbuhan. Dalam kondisi berlebihan Cu dapat menghambat



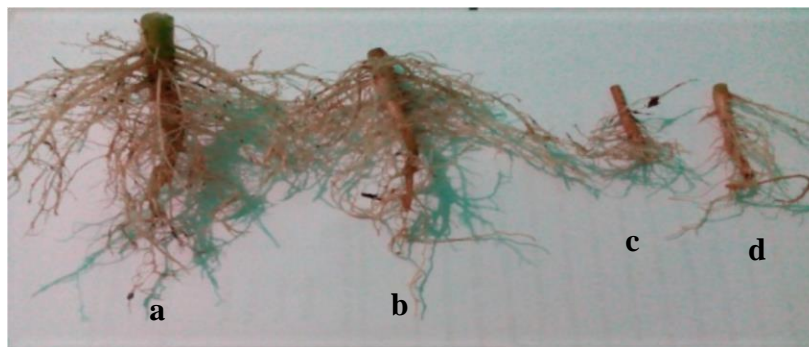
pertumbuhan. Kehadiran Cu pada konsentrasi yang tinggi menyebabkan gangguan antara lain yaitu peningkatan permeabilitas plasmalema sehingga meningkatkan akumulasi Cu dalam sel.

Tabel 3. Panjang akar (cm) bunga matahari (*H. annuus* L.) pada akhir perlakuan Cu (umur 10 MST).

Konsentrasi Cu (mg/L)	Panjang Akar (cm)
0	10,38 <sup>b</sup>
100	10,15 <sup>b</sup>
200	6,69 <sup>a</sup>
500	6,85 <sup>a</sup>

Keterangan: angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada uji Duncan pada taraf signifikansi 5%.

Peningkatan absorpsi Cu menyebabkan mengendurnya ikatan penyusun membran sel seperti fosfolipid, protein, oligosakarida dan glikolipid. Cu menyebabkan rusaknya dinding sel sehingga menyebabkan kerusakan membran sel. Semakin banyak kerusakan membran sel maka semakin rendah kemampuan sel untuk menyeleksi mineral yang akan diserap. Konsentrasi Cu yang tinggi menyebabkan kompetisi antar mineral, dengan banyaknya Cu yang diakumulasi oleh sel akar maka penyerapan elemen esensial seperti Ca, Fe dan Mg yang diperlukan tanaman semakin terhambat. Pada akhirnya metabolisme tanaman terganggu sehingga pertambahan panjang akar terhambat. Semakin tinggi konsentrasi Cu dalam media kemungkinan semakin banyak Cu diserap oleh akar, akan tetapi respon tanaman dipengaruhi pula oleh adanya mekanisme pertahanan terhadap cekaman logam. Secara umum tumbuhan memiliki beberapa mekanisme pertahanan terhadap cekaman logam berat antara lain pengkelatan logam berat yang dilakukan dengan produksi peptida pengkelat logam seperti fitokelatin dan metalothionein dan kompartementalisasi ion logam dalam vakuola (Arduini *et al.*, 2015).



Gambar 3. Morfologi akar tanaman bunga matahari (*H. annuus* L.) setelah perlakuan Cu (umur 10 MST), a. Perlakuan kontrol (0 mg/L), b. Perlakuan Cu 100 mg/L, c. Perlakuan Cu 200 mg/L, d. Perlakuan Cu 500 mg/L.

Pada konsentrasi Cu yang lebih tinggi, penyerapan Cu lebih besar sehingga efek toksik lebih terlihat. Akibat cekaman Cu, mineral penting seperti Ca, K, P, dan Mn konsentrasinya menurun. Berkurangnya Ca disebabkan oleh menurunnya selektivitas membran sel yang mempengaruhi konsentrasi Ca dalam sel. Ion Cu pada konsentrasi tinggi cenderung menggantikan

Ca dan mempengaruhi metabolisme sel sehingga menghambat pertumbuhan panjang akar (Jiang *et al.*, 2015). Pada dasarnya respon tumbuhan tidaklah seragam sehingga beberapa aktivitas fisiologis terganggu, namun tumbuhan masih mampu bertahan hidup. Meskipun demikian, aktif tidaknya mekanisme pertahanan sangat bergantung pada spesies tumbuhan dan banyaknya konsentrasi logam dalam media tanam.

#### IV. Kesimpulan

Pemberian larutan Cu berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman bunga matahari (*H. annuus* L.). Penelitian ini membuktikan bahwa semakin tinggi konsentrasi larutan Cu mengakibatkan terhambatnya tinggi tanaman, penurunan jumlah daun, serta terhambatnya panjang akar tanaman.

#### Daftar Pustaka

- Alloway, B.J. 2013. Sources of heavy metals and metalloids in soils in *Heavy Metals in Soils Environmental Pollution*, ed. B.J. Alloway (Dordrecht: Springer Netherlands), 11–50.
- Arduini I, Godbold D. L, Onnis A. 2015. Influence of copper on root growth and morphology of *Pinus pinea* L. and *Pinus pinaster* Ait. Seedlings. *Tree Physiology.*, 15: 411-415.
- Dobermann, A., Fairhurst, T. 2017. *Rice Nutrient Disorders and Nutrient Management*. Oxford Graphic Printers Pte Ltd.
- Hall, J. L., 2016. Cellular mechanisms for heavy metal detoxification and tolerance. *Journal Experimental Botany.*, 53: 1–11.
- Jiang, W., Liu, D., Liu, X.. 2015. Effects of copper on root growth, cell division and nucleolus of *Zea mays*. *Journal of Plant Biology.*, 44: 105-109.
- Muliadi, D., Lestiamy, Yanny., Sumarna, S. 2013. *Fitoremediasi: Akumulasi dan Distribusi logam berat nikel, cadmium, dan chromium dalam tanaman Ipomea reptana*. Prosiding seminar nasional Kimia dan Pendidikan Kimia. Sumatera barat.
- Printz, B., Lutts, S., Hausman, J.F., Sergeant, K. 2016. Copper Trafficking in Plants and Its Implication on Cell Wall Dynamics. *Frontiers in Plant Science.*, 7: 601-612.
- Saidi, I., Nawel, N., Djebali, W. 2014. Role of selenium in preventing manganese toxicity in sunflower (*H. annuus* L.) seedling. *South African Journal of Botany.*, 94: 88-94.
- Thomas, G., Hans-Joachim, S., Wellenreuther, G., Dickinson, B. C., Hendrik, K. 2013. Effects of nanomolar copper on water plants-Comparison of biochemical and biophysical mechanisms of deficiency and sublethal toxicity under environmentally relevant conditions. *Aquatic Toxicology.*, 141: 27-36.
- Yau, P. Y., Loh, C. F., Azmil, I. A. R. 2018. Copper toxicity of clove (*Syzygium aromaticum* (L.) Merr. and Perry) seedlings. *MARDI Research Journal.*, 19: 49-53.
- Zhu, B., and Alva, A. K. 2013. Effect of pH on growth and uptake of copper by *Swingle citrumelo* seedlings. *Journal of Plant Nutrition.*, 16: 1837-1845.