

## Pengaruh Timbal (Pb) terhadap Kandungan Klorofil Kiambang (*Salvinia molesta*)

### *The Influence of Lead (Pb) on Chlorophyll Content of Salvinia (Salvinia molesta)*

Maria Ulfah\*, Fida Rachmadiarti, Yuni Sri Rahayu

Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Surabaya

\* e-mail: mariiaulfah5@gmail.com

#### ABSTRAK

Keberadaan logam timbal pada tumbuhan dapat berpengaruh terhadap biosintesis tumbuhan. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menguji pengaruh berbagai konsentrasi logam timbal dan waktu detensi yang berbeda terhadap kandungan klorofil dan akumulasi logam Pb pada daun kiambang. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan dua faktor perlakuan. Faktor pertama meliputi konsentrasi larutan timbal sebesar 0 ppm, 5 ppm, 10 ppm, dan 15 ppm. Faktor kedua berupa lamanya waktu detensi, yaitu 7 hari dan 14 hari. Penelitian dilakukan dengan 3 pengulangan sehingga diperoleh 24 kombinasi perlakuan. Parameter yang diamati meliputi kandungan klorofil dan akumulasi logam berat timbal pada daun. Data pendukung pada penelitian ini berupa kondisi fisik dan kimia lingkungan meliputi pH, suhu, dan intensitas cahaya. Uji hipotesis dianalisis menggunakan analisis varian (ANOVA) dua arah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan dengan berbagai waktu detensi dan kandungan logam berat yang berbeda berpengaruh nyata terhadap kandungan klorofil total dan akumulasi logam pada daun. Kandungan klorofil total terendah yaitu pada perlakuan dengan konsentrasi 15 ppm pada waktu detensi 14 hari dengan nilai persentase sebesar 76,68%. Akumulasi logam Pb pada daun tertinggi, yaitu pada konsentrasi 15 ppm selama 14 hari dengan persentase sebesar 35,12%.

**Kata kunci:** kiambang; konsentrasi Pb; waktu detensi; kandungan klorofil; akumulasi logam Pb

#### ABSTRACT

Presence of heavy metals in plants can lead affect the physiology of plant biosynthetic processes. This research was conducted to determine the effect of various concentrations of heavy metal lead and different detention time on the content of chlorophyll and the accumulation of Pb on the *Salvinia* leaf. This research used Randomized Block Design (RBD) with two treatment factors. The first factor was a lead concentration of 0 ppm, 5 ppm, 10 ppm and 15 ppm. The second factor was the form of the length of detention time is 7 days and 14 days. The study was conducted with 3 replication to obtain 24 combined treatments. The parameters were observed include chlorophyll content and heavy metal lead accumulation in the leaves. The supporting data in this study of physical and chemical environmental conditions include pH, temperature, and light intensity. Data test were analyzed using analysis of variance (ANOVA) two-way. The results showed that treatment with a variety of detention time and content of heavy metals differ significantly affect total chlorophyll content and metal accumulation in leaves. Lowest total chlorophyll content, namely the treatment with concentrations of 15 ppm at the detention time of 14 days to an average value, respectively for 76,68%. Accumulation of Pb on the highest leaves at a concentration of 15 ppm for 14 days with a percentage of 35,12%.

**Key words:** *Salvinia molesta*; concentrations of Pb; detention time; the content of chlorophyll; the accumulation of Pb

#### PENDAHULUAN

Logam berat merupakan unsur logam yang memiliki berat molekul yang tinggi, dimana dalam kadar tinggi logam berat pada umumnya bersifat racun bagi makhluk hidup meliputi hewan, manusia, dan tumbuhan. Logam berat di lingkungan dapat membahayakan makhluk hidup jika masuk ke dalam sistem metabolisme makhluk hidup dalam jumlah yang melebihi ambang batas (Priandoko, dkk., 2013). Toksisitas timbal yang membahayakan makhluk hidup salah satunya dapat terjadi pada tumbuhan, sehingga berpengaruh terhadap mekanisme klorofil.

Olivares (2003) menyatakan bahwa terdapat hubungan antara konsentrasi logam berat terhadap perubahan kadar klorofil daun, yaitu kadar klorofil pada daun akan menurun diikuti dengan meningkatnya kandungan logam berat yang terdapat dalam lingkungan tersebut. Terjadinya perubahan kadar klorofil disebabkan karena meningkatnya konsentrasi Pb yang berkaitan dengan kerusakan yang terjadi pada struktur kloroplas.

Paramitasari (2014) berpendapat bahwa tumbuhan kiambang merupakan salah satu gulma yang sering dijumpai di sawah atau daerah rawa,

namun memiliki ketahanan tinggi untuk dapat hidup pada kondisi lingkungan dengan kualitas air yang rendah. Tumbuhan tersebut mampu menyerap logam berat dari lingkungan perairan. Faktor yang diduga dapat mempengaruhi kemampuan tumbuhan dalam mengakumulasi ion logam dalam jaringannya adalah lama waktu kontak tumbuhan dengan limbah tersebut.

Singh (1995) sebagaimana dikutip oleh Saygideger *et al.*, (2004), mengemukakan bahwa mekanisme terhambatnya proses biosintesis klorofil akibat logam Pb yaitu dengan menghalangi kerja enzim yang dibutuhkan pada proses biosintesis klorofil. Salah satu enzim penting yang ikut berperan dalam biosintesis klorofil adalah asam aminolevulinic (ALAD) yang berperan mengkatalisis pembentukan porphobilinogen. Hal ini dijelaskan bahwa logam berat Pb dapat menghambat aktivitas ALAD dengan cara berikatan dengan kelompok enzim SH dan menghambat biosintesis klorofil secara keseluruhan melalui  $Mg^{2+}$ .

Hasil penelitian Widowati (2011) menunjukkan bahwa terdapat kaitan antara akumulasi logam Cd dan Pb dengan warna hijau selada air, dengan korelasi negatif yaitu Cd dan Pb dapat mengurangi warna hijau pada daun dan batang sayuran. Semakin lama tumbuhan dipanen, maka akumulasi logam berat pada tumbuhan akan semakin tinggi, dan mengakibatkan menurunnya warna hijau pada sayuran. Menurut penelitian Monita (2013), pemberian berbagai konsentrasi logam Kadmium berpengaruh terhadap kandungan klorofil dan pertumbuhan kangkung air.

Hasil penelitian Piotrowska *et al.*, (2009) menunjukkan bahwa tumbuhan *Wolffia arrhiza* yang diberi perlakuan dengan logam berat Pb menunjukkan adanya kondisi daun yang mengalami klorosis karena kehilangan kandungan klorofil yang diamati selama 2 minggu. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa Pb dapat menghambat kandungan klorofil pada daun, yaitu terjadi penurunan maksimum kadar klorofil a sebesar 72,7% yang diperoleh setelah pemberian  $1000\mu M$  Pb pada hari ke-14 budidaya. Penelitian ini bertujuan untuk menguji pengaruh berbagai konsentrasi logam Pb dan waktu detensi yang berbeda terhadap kandungan klorofil tanaman kiambang, akumulasi logam Pb pada daun dan pertumbuhan tanaman kiambang.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan dua faktor perlakuan, yaitu konsentrasi logam Pb 0 ppm, 5

pp, 10 ppm, dan 15 ppm serta waktu detensi selama 7 hari dan 14 hari dengan pengulangan sebanyak 3 kali. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari 2016. Penelitian dilaksanakan di gedung *Green House* UPT Proteksi Tanaman Pangan dan Holtikultura Pagesangan Surabaya untuk eksperimen dan di Laboratorium Fisiologi Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Surabaya untuk mengukur kadar klorofil a, b dan total klorofil daun kiambang (*Salvinia molesta*). Pengukuran kadar logam berat timbal pada daun sebelum dan sesudah perlakuan dilakukan di Laboratorium Gizi Universitas Airlangga Surabaya.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain akuarium ukuran 35 cm x 30 cm, timbangan digital, pH meter, termometer, lux meter, *beaker glass* 1000 ml, pipet tetes, labu ukur 50 ml, tabung *erlenmeyer*, tabung reaksi, rak tabung reaksi, botol sampel, lumpang dan alu porselen, kertas saring, dan spektrofotometer tipe V-1100D. Bahan yang digunakan meliputi tanaman kiambang (*Salvinia molesta*), padatan  $Pb(NO_3)_2$ , larutan hogland, alkohol 95%, larutan  $HNO_3$  65% pekat, dan akuades.

Langkah kerja yang dilakukan pada penelitian ini dibagi menjadi 3 tahap meliputi tahap pengambilan data awal, aklimatisasi, dan perlakuan. Tahap pertama yang dilakukan pada penelitian ini adalah pengambilan data awal dengan menganalisis kadar logam Pb pada daun dan media, serta menghitung kandungan klorofil total daun kiambang.

Tahap berikutnya yaitu aklimatisasi tanaman kiambang sebelum diberi perlakuan dengan menambahkan larutan hogland 25% pada media tanam berupa akuades yang kemudian diaklimatisasi selama 7 hari. Tahap aklimatisasi dilakukan dengan tujuan untuk mengadaptasi tumbuhan dari lingkungan terdahulu ke lingkungan yang baru.

Langkah selanjutnya yaitu tahap perlakuan diawali dengan pembuatan media tanam sesuai dengan konsentrasi logam yang telah ditentukan, yaitu 0 ppm, 5 ppm, 10 ppm, dan 15 ppm logam Pb pada masing-masing perlakuan. Tanaman kiambang yang telah diaklimatisasi selama 7 hari ditimbang sebanyak 100 gram. Selanjutnya kiambang yang telah diaklimatisasi dan ditimbang diletakkan di dalam akuarium perlakuan. Setelah perlakuan selama waktu detensi yang ditentukan yaitu 7 hari dan 14 hari, selanjutnya dilakukan pengukuran kadar klorofil daun dan akumulasi logam Pb pada daun.

Pengukuran kandungan klorofil daun kiambang yang diawali dengan mengkalibrasi spektrofotometer sebelum digunakan terlebih dahulu dengan larutan alkohol 95%. Satu gram

daun kiambang dipotong kecil-kecil, selanjutnya dihaluskan menggunakan lumpang porselin hingga daun bertekstur halus. Ekstraksi daun yang telah halus dengan 100 ml alkohol 95%. Ekstraksi disaring dengan kertas saring hingga volume akhir filtrat mencapai 100 ml. Jika volume akhir filtrat kurang dari 100 ml, ditambahkan kembali alkohol 95% hingga diperoleh volume akhir sebesar 100 ml. Selanjutnya ukur kadar klorofil filtrat tersebut menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 649 nm dan 665 nm. Catat nilai absorbansi (*Optical Density*) filtrat tersebut kemudian hitung kandungan klorofil total menggunakan rumus *Wintermans* dan *De Mots* sebagai berikut (Rahayu, dkk., 2013):

$$\begin{aligned} \text{Klorofil a} & : 13,7 \times \text{OD } 665 - 5,76 \text{ OD } 649 \\ & \quad (\text{mg/l}) \\ \text{Klorofil b} & : 25,8 \times \text{OD } 649 - 7,7 \text{ OD } 665 \\ & \quad (\text{mg/l}) \\ \text{Klorofil total} & : 20,0 \times \text{OD } 649 + 6,1 \text{ OD } 665 \\ & \quad (\text{mg/l}) \end{aligned}$$

Data yang diperoleh berupa kadar klorofil a, klorofil b, klorofil total, dan akumulasi logam pada daun. Uji hipotesis tentang pengaruh pemberian logam Pb terhadap kadar klorofil dianalisis menggunakan analisis varian (ANAVA) dua arah, jika terdapat perbedaan antar perlakuan maka dilanjutkan dengan uji *Duncant multiple rate test* (DMRT) pada taraf signifikansi 95%. Pengukuran suhu, pH, dan intensitas cahaya digunakan sebagai data pendukung yang diperoleh secara deskriptif kualitatif.

## HASIL

Uji kandungan klorofil pada daun akibat berbagai waktu detensi dan konsentrasi larutan

timbangan menunjukkan terdapat pengaruh antara konsentrasi dan waktu detensi terhadap kandungan klorofil pada daun kiambang. Kandungan klorofil daun kiambang terendah ditunjukkan pada konsentrasi 10 ppm dan 15 ppm dengan waktu detensi selama 14 hari, dimana masing-masing kandungan klorofil sebesar 2,936 mg/l dan 1,638 mg/l. Penurunan kandungan klorofil daun kiambang masing-masing memiliki rerata sebesar 5,390 mg/l untuk konsentrasi Pb sebesar 15 ppm dengan waktu detensi selama 14 hari, serta 4,092 mg/l untuk konsentrasi Pb 10 ppm dengan waktu detensi 14 hari. Hasil kandungan klorofil total daun kiambang akibat pemberian berbagai konsentrasi Pb dan waktu detensi yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 1. Persentase penurunan kandungan klorofil daun kiambang akibat pengaruh konsentrasi dan waktu detensi dapat dilihat pada Tabel 2:

**Tabel 1.** Kandungan klorofil akibat pemberian berbagai konsentrasi logam dan waktu detensi yang berbeda.

Konsentrasi (ppm)	Kandungan Klorofil (mg/L)	
	Waktu detensi 7 hari	Waktu detensi 14 hari
0	7,025 ± 1,831 <sup>a</sup>	7,755 ± 0,747 <sup>a</sup>
5	5,734 ± 0,600 <sup>b</sup>	4,354 ± 0,327 <sup>b</sup>
10	4,373 ± 0,301 <sup>c</sup>	2,936 ± 0,103 <sup>c</sup>
15	3,314 ± 0,305 <sup>c</sup>	1,638 ± 0,606 <sup>c</sup>

**Tabel 2.** Persentase penurunan kandungan klorofil akibat pemberian berbagai konsentrasi logam dan waktu detensi yang berbeda.

Konsentrasi Perlakuan (ppm)	Akumulasi Logam Pb pada Daun Kiambang (ppm)		Persentase Akumulasi Logam Pb pada Daun (akumulasi logam Pb/konsentrasi perlakuan) × 100%	
	7 Hari	14 Hari	7 Hari	14 Hari
0	0	0	0	0
5	0,391 ± 0,025	0,394 ± 0,004	29,29	29,46
10	0,384 ± 0,0024	0,425 ± 0,011	28,71	31,83
15	0,435 ± 0,0021	0,469 ± 0,009	32,58	35,12

Rerata persentase akumulasi logam yang paling tinggi ditunjukkan pada konsentrasi 10 ppm dan 15 ppm dengan waktu detensi selama 14 hari. Akumulasi logam Pb pada daun pada konsentrasi 15 ppm dengan waktu detensi selama

7 hari dan 14 hari lebih besar dari konsentrasi 5 ppm dan 10 ppm yaitu sebesar 32,58% dan 35,12%. Persentase akumulasi Pb pada daun kiambang dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Akumulasi logam pb pada daun kiambang serta persentasenya akibat perlakuan konsentrasi dan waktu detensi yang berbeda.

Konsentrasi (mg/l)	Klorofil Awal (mg/l)	Rerata ± SD Penurunan Kandungan Klorofil (mg/l)		Rerata Persentase Penurunan Kandungan Klorofil (penurunan kandungan klorofil/klorofil awal)x100%	
		Waktu Detensi 7 hari	Waktu Detensi 14 hari	Waktu Detensi 7 hari	Waktu Detensi 14 hari
0		0	0	0	0
5	7,029	1,294 ± 0,600	2,674 ± 0,327	18,41	38,05
10		2,656 ± 0,301	4,092 ± 0,103	37,78	58,22
15		3,715 ± 0,305	5,390 ± 0,606	52,84	76,68

Tinggi rendahnya konsentrasi logam berat yang terdapat dalam media tanam dapat mempengaruhi tingkat akumulasi logam ke dalam jaringan tumbuhan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap akumulasi logam Pb pada daun kiambang. Hal ini dapat dilihat pada perlakuan dengan konsentrasi 10 ppm dan 15 ppm pada hari ke 7 dan ke 14 yang menunjukkan tingkat akumulasi lebih tinggi jika dibandingkan dengan perlakuan 5 ppm pada perlakuan 7 hari dan 14 hari, dimana dengan konsentrasi 10 ppm pada hari ke 7 dan 14 hari menunjukkan tingkat akumulasi logam Pb pada daun sebesar 0,384 ppm dan 0,425 ppm, dan pada perlakuan 15 ppm dengan waktu detensi 7 dan 14 hari menunjukkan tingkat akumulasi logam pada daun berturut-turut sebesar 0,435 ppm dan 0,469 ppm.

### PEMBAHASAN

Tinggi rendahnya kandungan logam berat dan waktu detensi berpengaruh pada kandungan klorofil tumbuhan kiambang, hal ini dapat dilihat pada penelitian selama 14 hari dengan konsentrasi 10 ppm dan 15 ppm yang menyebabkan penurunan kadar klorofil tumbuhan kiambang dengan persentase berturut-turut sebesar 58,22% dan 76,68%. Sedangkan pada waktu 7 hari, pada konsentrasi 10 ppm dan 15 ppm terjadi penurunan kadar klorofil dengan persentase masing-masing sebesar 37,78 % dan 52,84%. Pernyataan tersebut sesuai dengan teori Kovacs, 1992, yang menyatakan bahwa perubahan

kandungan klorofil pada tumbuhan akibat peningkatan konsentrasi Pb berkaitan dengan kerusakan yang terjadi di dalam struktur kloroplas, dimana nutrisi mineral seperti Fe dan Mg dapat mempengaruhi pembentukan struktur kloroplas. Tingginya akumulasi Pb secara berlebihan dapat mengurangi asupan nutrisi Fe dan Mg yang mengakibatkan perubahan pada jumlah dan volume kloroplas (Kovacs, 1992).

Adanya pengaruh pemberian larutan Pb dengan berbagai konsentrasi dan waktu detensi terhadap kandungan klorofil ditunjukkan dari semakin meningkatnya konsentrasi logam Pb dan semakin lama waktu detensi maka kandungan klorofil pada daun kiambang semakin menurun. Hal ini sesuai dengan teori Prasad dan Prasad (1990) yang menyatakan bahwa bahwa efek toksisitas logam Pb pada tubuh tumbuhan dapat menghambat proses biosintesis klorofil yang terjadi di dalam kloroplas. Mekanismenya yaitu dengan menghalangi kerja enzim yang dibutuhkan pada proses biosintesis klorofil. Adapun enzim yang berperan meliputi *aminolevulinic acid (ALA) dehidrase*, *protochlorophyllide*, dan *porphobilinogen deaminase*. Keberadaan logam berat pada jaringan tumbuhan berkaitan dengan aktivitas *porphobilinogen deaminase* dan *aminolevulinic acid (ALA) dehidrase* yang dapat menghambat proses sintesis porfirin yang merupakan bagian dari klorofil.

Semakin tinggi kandungan logam yang diberikan, maka semakin tinggi pula kandungan logam Pb yang ada pada daun. Kemampuan absorpsi tersebut berpengaruh terhadap kandungan klorofil pada daun yang cenderung semakin menurun. Meskipun kandungan klorofil menurun akan tetapi tumbuhan masih berada

dalam kondisi yang baik dilihat dari pertumbuhan tanaman, dimana pertumbuhan tanaman tetap dapat berlangsung meskipun lebih lambat dari perlakuan kontrol. Melihat kondisi tersebut, dapat diketahui bahwa tumbuhan kiambang mampu menyerap logam Pb dengan pertumbuhan yang baik sehingga dapat dimanfaatkan sebagai salah satu tanaman fitoremediasi.

Berdasarkan penelitian tersebut, dapat diketahui bahwa terdapat keterkaitan antara akumulasi logam dan kandungan klorofil, yaitu semakin tinggi akumulasi logam Pb pada tanaman maka kadar klorofil pada daun akan semakin menurun. Hal ini disebabkan karena masuknya logam Pb secara berlebihan dapat mengurangi nutrisi mineral Fe dan Mg yang mengakibatkan perubahan jumlah dan volume kloroplas, selain itu Pb pada tanaman juga dapat menghalangi kerja enzim *porphobilinogen deaminase* dan *aminolevulinic acid (ALA) dehidrase* yang dibutuhkan pada proses biosintesis klorofil.

#### SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat diketahui bahwa perlakuan berbagai konsentrasi logam berat Pb berpengaruh terhadap kadar logam Pb pada daun dan kadar klorofil. Akumulasi logam tertinggi dapat dilihat pada perlakuan dengan konsentrasi 15 ppm dengan nilai persentase sebesar 32,58%, dengan kandungan klorofil terendah pada konsentrasi 15 ppm sebesar 1,638 mg/l. Perlakuan berbagai waktu detensi pada tanaman kiambang mengakibatkan perbedaan pada kadar logam pada daun dan kadar klorofil daun kiambang. Waktu detensi yang mengakibatkan peningkatan kadar logam pada daun dan penurunan kadar klorofil daun kiambang adalah selama 14 hari. Interaksi antara waktu detensi dan kandungan logam berat timbal berpengaruh terhadap kandungan klorofil daun kiambang dan akumulasi logam pada daun kiambang.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Kovacs M, 1992. *Biological Indicators in Environmental Protection*. England: Market Cross House.
- Monita R, 2013. Kandungan Klorofil Tanaman Kangkung Air (*Ipomoea aquatica* Forsk) Akibat Pemberian Logam Kadmium (Cd) Pada Berbagai Konsentrasi. *Skripsi*. Universitas Negeri Surabaya
- Olivares E, 2003. The Effect Of Lead On The Phytochemistry Of *Tithonia Diversifolia* Exposed To Roadside Automotive Pollution Or Grown In Pots Of Pb-Supplemented Soil. *Brazilian Journal Plant Physiology*. 15(3):149-158.
- Paramitasari A, 2014. Kemampuan Tumbuhan Air Kiapu *Pistia stratiotes* dan Kiambang *Salvinia molesta* Dalam Fitoremediasi Timbal. *Skripsi*. Dipublikasikan. Bogor: Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.
- Piotrowska A, Bagjus A, Zylkiewics BG, dan Zambrzycka E, 2009. Changes in Growth, Biochemical Components, and Antioxidant Activity in Aquatic Plant *Wolfia Arrhiza* (Lemnaceae) Exposed to Cadmium and Lead. *Journal Springer Science*.
- Priandoko DA, Parwanayoni NMS, dan Sundra IK, 2013. Kandungan Logam Berat (Pb Dan Cd) Pada Sawi Hijau (*Brassica Rapal. Subsp. Pervoidis Bailey*) Dan Wortel (*Daucus Carrotal. Var. Sativa Hoffm*) Yang Beredar Di Pasar Kota Denpasar. *Jurnal Simbiosis*. 1(1): 9-20.
- Prasad DDK, dan Prasad ARK, 1990. Porphyrin metabolism in lead and mercury treated bajra (*Pennisetum typhoidenum*) seedlings. *Journal Biosci*. 14(4): 271-279.
- Rachma NA, 2013. Adaptasi Tumbuhan Tapak Dara Air (*Jussiaea repens L.*) Yang Terpapar Logam Berat Kadmium (Cd). *Skripsi*. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- Rahayu YS, dan Yuliani, 2013. Petunjuk Praktikum Fisiologi Tumbuhan. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- Salisbury FB, dan Ross CW, 1995. Fisiologi Tumbuhan Jilid 1. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Salisbury FB, dan Ross CW, 1995. Fisiologi Tumbuhan Jilid 2. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Saygideger S, Muhittin D, dan Gonca K, 2004. Effect of Lead and pH on Lead Uptake, Chlorophyll and Nitrogen Content of *Typha latifolia L.* and *Ceratophyllum demersum L.* International Journal of Agriculture and Biology. Diakses melalui [http://www.fspublishers.org/published\\_papers/58212\\_...pdf](http://www.fspublishers.org/published_papers/58212_...pdf). Pada tanggal 24 Desember 2015.
- Widowati H, 2011. Pengaruh Logam Berat Cd, Pb Terhadap Perubahan Warna Batang Dan Daun Sayuran. *Jurnal El-Hayah*. 1(4): 167-173.