

## *Salvinia molesta* sebagai Agen Fitoremediasi Logam Berat Zink (Zn) di Perairan

### *Salvinia molesta* as Zinc (Zn) Heavy Metal Phytoremediation Agents in the Water

Nabila Fitri Rosyidah\*, Fida Rachmadiarti

Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Surabaya

\*e-mail: [nabilafitri26@gmail.com](mailto:nabilafitri26@gmail.com)

**Abstrak.** Salah satu polutan di perairan disebabkan oleh logam berat zink (Zn) yang berasal dari limbah industri, rumah tangga, maupun agrikultur sehingga perlu dilakukan upaya untuk mengurangi limbah tersebut. Fitoremediasi dapat menjadi salah satu solusi masalah ini dengan syarat tumbuhan yang digunakan memiliki tingkat pertumbuhan tinggi, seperti *Salvinia molesta*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh konsentrasi Zn terhadap kemampuan absorpsi Zn di akar dan kadar klorofil. Penelitian yang bersifat eksperimen ini menggunakan desain Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan faktor konsentrasi Zn sebesar 0, 2, dan 4 ppm yang dilakukan selama 14 hari. Kadar Zn di akar diuji menggunakan AAS dan kadar klorofil diuji menggunakan spektrofotometer, lalu dianalisis menggunakan ANAVA satu arah dan Duncan. Hubungan kadar Zn dan kadar klorofil dianalisis menggunakan Uji Korelasi Pearson. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar Zn di akar pada konsentrasi Zn 4 ppm lebih tinggi daripada perlakuan lain, yaitu sebesar 2,40 mg/kg, sedangkan kadar klorofil daun cukup rendah, yaitu 9,7 µg/ml. Hal ini menunjukkan bahwa ada pengaruh konsentrasi Zn terhadap kadar Zn di akar dan kadar klorofil. Semakin tinggi konsentrasi Zn pada media tanam, maka semakin tinggi pula kadar Zn yang diserap oleh akar sehingga kadar klorofil semakin rendah.

**Kata kunci:** air limbah; kadar klorofil; kadar zink; pengolahan air

**Abstract.** One of pollutants in waters is caused by heavy metal zinc (Zn) which comes from industrial, household, and agricultural waste, so need efforts need to reduce this waste. Phytoremediation can be solution for this problem provided that plants used have high growth rate, such as *Salvinia molesta*. This study aimed to determine the effect of Zn concentration on Zn absorption ability in roots and chlorophyll content. This experimental study used Randomized Block Design (RBD) design with factors Zn concentrations of 0, 2, and 4 ppm which were carried out for 14 days. Zn content in roots was tested using AAS and chlorophyll content was tested using spectrophotometer, then analyzed using one way ANOVA and Duncan. The relationship between Zn content and chlorophyll content was analyzed using Pearson Correlation. The results showed that Zn content in roots at 4 ppm Zn concentration was higher than other treatments, which was 2.40 mg/kg, while the leaf chlorophyll content was quite low, which was 9.7 µg/ml. This shows that there is effect of Zn concentration on Zn content in roots and chlorophyll content. The higher Zn concentration in planting medium, the higher Zn content absorbed by roots so that the chlorophyll content is lower.

**Keywords:** wastewater; chlorophyll content; zinc content; water treatment

## PENDAHULUAN

Air menjadi salah satu bahan alam yang cukup penting dalam kehidupan makhluk hidup, seperti menjadi habitat dan berkembangbiaknya biota air, serta sebagai prasarana manusia dalam kegiatan sehari-hari (Hanifah dan Widyastuti, 2017). Perkembangan zaman berdampak pada kuantitas dan kualitas air bersih yang semakin berkurang karena terjadi pencemaran air yang disebabkan oleh aktivitas manusia, seperti kegiatan industri, rumah tangga, pertanian, dan pertambangan yang dapat menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan (Al Kholif dan Ratnawati, 2017). Salah satu pencemaran air yang umumnya terjadi disebabkan oleh logam berat. Hal ini merupakan salah satu alasan paling besar rusaknya ekosistem air karena aktivitas manusia yang tidak bertanggungjawab. Logam berat menjadi salah satu limbah berbahaya karena menyebabkan keracunan pada makhluk hidup, termasuk manusia. Logam berat yang mengendap di perairan pada kurun waktu yang lama akan menjadi toksik bagi lingkungan. Logam berat yang mencemari sungai dapat larut bersama air dan tertimbun di sedimen, serta dapat meningkat seiring waktu. Sedikitnya

terdapat 20 logam berat yang termasuk sebagai limbah beracun yang sering ditemukan di lingkungan sehingga dapat memberi dampak negatif bagi kesehatan makhluk hidup (Ashraf *et al.*, 2019). Beberapa jenis logam berat yang mencemari lingkungan diantaranya adalah Fe, Cd, Cu, Zn, Cr dan Pb. Logam berat yang menjadi polutan lingkungan dapat menyebabkan masalah serius bagi alam. Polutan ini tidak bisa terurai dengan sendirinya (alami) dan akan terakumulasi di lingkungan pada tingkat yang tinggi. Hal ini menjadi masalah global, namun keparahan tingkat polusinya berbeda dari satu daerah dengan daerah lainnya. Jika logam yang berada di dalam sedimen sampai di rantai makanan, baik berasal dari tumbuhan ataupun hewan air yang dimakan oleh manusia dapat menimbulkan gangguan kesehatan (Rahman, 2018).

Salah satu polutan di perairan yang disebabkan logam berat yaitu pencemaran zink (Zn). Logam zink (Zn) merupakan metal yang dapat terkandung pada industry kosmetik, pigmen, alloy, keramik, dan karet (Oktaviani, 2020). Zink (Zn) yang mencemari perairan akan menimbulkan rasa kesat. Pada jumlah yang kecil, logam berat esensial memiliki manfaat bagi makhluk hidup berupa nutrisi untuk pertumbuhan yang sehat, tetapi jika berlebihan dapat menyebabkan toksisitas akut atau kronis (keracunan) (Sukono *et al.*, 2020). Logam berat Zink (Zn) dapat bermanfaat bagi tubuh jika masih dalam ambang batas wajar, yaitu sebesar 12–15 mg/hari. Jika jumlah Zink (Zn) berlebihan dapat bersifat toksik dan mengganggu keseimbangan ekosistem (Adhani dan Husaini, 2017). Berdasarkan PP Nomor 22 Tahun 2021 yang membahas mengenai baku mutu logam berat di perairan menunjukkan bahwa standar Zink (Zn) yang ada di perairan adalah 0,05 mg/L. Logam berat yang masuk ke badan air berhubungan dengan terakumulasinya logam berat pada jaringan tumbuhan, terutama jika polutan ini dalam bentuk terlarut. Jika tumbuhan yang mengikat logam berat merupakan salah satu tanaman yang dikonsumsi, seperti padi maka dampak pencemaran tersebut akan sangat berbahaya bagi manusia. Keberadaan zat toksik tersebut pada tubuh manusia akan merugikan tubuh, serta penyebab terjadinya toksisitas kronis yang dapat mengganggu fungsi ginjal dan hati, serta kerapuhan tulang (Ratnawati dan Fatmasari, 2018). Pada tumbuhan, kelebihan logam Zn dalam waktu yang lama akan memengaruhi proses pertumbuhan dan reproduksinya. Tingginya kadar logam berat pada tumbuhan dapat mengganggu metabolisme sel. Hal ini menyebabkan hilangnya komponen sitoplasma, merusak struktur kloroplas, terganggunya proses fisiologis tumbuhan, serta mengganggu biosintesis klorofil (Sholikah dan Rachmadiarti, 2019).

Tingginya tingkat pencemaran logam di perairan harus ditanggulangi supaya risiko toksisitas terhadap lingkungan berkurang. Tumbuhan dimanfaatkan untuk menjadi salah satu metode mengurangi limbah pencemaran logam berat karena tumbuhan mampu untuk mentranslokasi toksikan pada tingkat tinggi yang disebut dengan fitoremediasi. Tumbuhan yang digunakan untuk fitoremediasi di air, yaitu tumbuhan akuatik yang muncul dan mengapung di permukaan air. Tumbuhan akuatik yang mengapung sering digunakan dalam penelitian karena memiliki tingkat pertumbuhan yang tinggi dan kemampuan untuk langsung menyerap hara di perairan. Hiperakumulator adalah tumbuhan yang mampu hidup pada keadaan dengan konsentrasi logam berat yang tinggi, tumbuhan ini mengadsorpsi logam berat di air sehingga konsentrasi logam berat dalam air akan berkurang (Ratnawati dan Fatmasari 2018). Berbagai tumbuhan akuatik telah banyak dimanfaatkan pada berbagai penelitian, salah satunya *Salvinia molesta* yang termasuk paku air yang hidup mengapung di perairan. Penyerapan logam berat di lingkungan yang dilakukan oleh tumbuhan terbagi menjadi tiga, yaitu adsorpsi logam berat melalui akar tumbuhan, logam berat ditranslokasi menuju bagian lain tanaman, serta logam berat dilokalisasi pada bagian sel tertentu supaya tidak menghambat proses metabolisme. Logam berat yang mencemari lingkungan masuk ke dalam tumbuhan melalui akar bersama dengan masuknya unsur hara dan mineral (Muthoharoh, 2019). Akar tumbuhan dapat memfiltrasi dan mengadsorpsi padatan tersuspensi, sedangkan pertumbuhan mikroba di akar akan mengurangi unsur-unsur hara di media tanam. Logam berat akan masuk ke dalam jaringan tumbuhan melalui akar dan stomata daun (Hapsari *et al.*, 2018).

Sebelumnya Rachmadiarti *et al.* (2022) telah menganalisis kemampuan *Salvinia molesta* Mitchell sebagai agen fitoremediasi logam berat timbal (Pb). Penelitian mengenai penyerapan logam berat Zn masih jarang ditemukan, mengingat mudahnya limbah logam berat Zn mencemari air, baik yang berasal dari pembuangan limbah industri seperti dari industri keramik dan kosmetik, limbah rumah tangga yang berupa urine manusia dan korosi perpipaan, serta limbah agrikultur berupa pestisida kimia yang dapat mencemari badan perairan. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian mengenai kemampuan *Salvinia molesta* sebagai agen fitoremediasi logam berat Zink (Zn) pada konsentrasi Zn sebesar 0 ppm, 2 ppm, dan 4 ppm. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh konsentrasi Zn terhadap kemampuan absorpsi Zn oleh akar dan kadar klorofil pada daun.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian eksperimen ini menggunakan desain penelitian Rancangan Acak Kelompok (RAK). Penelitian dilakukan selama 3 bulan, yaitu pada bulan Oktober-Desember 2022 di *Green House* Jurusan Biologi FMIPA UNESA. Analisis kadar Zn di akar setelah perlakuan dilakukan di Laboratorium FKM Gizi Universitas Airlangga, sedangkan analisis kadar klorofil dilaksanakan di Laboratorium Fisiologi, Biologi FMIPA Universitas Negeri Surabaya.

Pada penelitian yang dilakukan terdapat variabel kontrol berupa biomassa awal tumbuhan pada tiap perlakuan, serta volume dan jenis air media tanam. Variabel manipulasi berupa konsentrasi Zn, yaitu sebesar 0 ppm, 2 ppm, dan 4 ppm. Variabel respons berupa kadar Zn di akar tumbuhan dan kadar klorofil di daun. Perlakuan pada penelitian ini dilakukan selama 14 hari, sebelumnya tumbuhan telah diaklimatisasi terlebih dahulu selama 7 hari. Setiap perlakuan dilakukan ulangan sebanyak tiga kali.

Tahapan awal yang dilakukan yaitu proses aklimatisasi tumbuhan selama 7 hari menggunakan 5 liter akuades. Setelah tahap ini masuk ke dalam pembuatan media tanam dengan menambahkan logam berat Zn sintetis ( $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ ) dengan konsentrasi 0, 2, dan 4 ppm yang telah dilarutkan dengan 5 liter akuades ke dalam akuarium, lalu menambah pupuk cair pada masing-masing media. Kemudian memilih tumbuhan yang hijau dan segar, serta ditimbang dengan massa 100 g. Perlakuan dilakukan selama 14 hari dengan mengukur pH dan suhu setiap hari. Setelah perlakuan selesai kadar Zn di akar tumbuhan dan kadar klorofil dianalisis.

Analisis Kadar Zn di akar dilakukan dengan cara memilih akar tumbuhan dan ditimbang hingga mencapai sekitar 2 gram, lalu diletakkan di cawan porselin. Selanjutnya sampel diuapkan dengan oven hingga temperatur 105-110°C selama 30 menit, lalu diabukan dengan cara ditanur pada suhu 700°C. Kemudian menambahkan HCl 10M sebanyak 2 ml  $HNO_3$  lalu dipanaskan menggunakan *hotplate* hingga abu larut. Setelah itu abu dipindah ke dalam labu takar 50 ml, lalu diencerkan dengan larutan  $HNO_3$  0,1 M sebanyak 2 ml dan akuademin sebanyak 10 ml. Kemudian saring larutan tersebut menggunakan kertas saring dan menganalisis kadar Zn di akar menggunakan AAS.

Analisis kadar klorofil daun dilakukan dengan menimbang masing-masing daun sebesar 1 gram, lalu dibelah kecil-kecil. Selanjutnya menghaluskan daun menggunakan mortal dan alu. Gerusan daun diekstraksi menggunakan 100 ml alkohol 96%, lalu disaring menggunakan kertas saring. Kemudian mengukur kadar klorofil menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 649 nm dan 655 nm yang sebelumnya telah dikalibrasi menggunakan alkohol 96%.

Data yang telah diperoleh selama penelitian dianalisis menggunakan SPSS. Kadar Zn di akar dan kadar klorofil diuji menggunakan Uji ANAVA Satu Arah yang dilanjutkan dengan Uji Duncan untuk mengetahui adanya perbedaan nyata dari setiap perlakuan. Hubungan kadar Zn di akar dan kadar klorofil dianalisis menggunakan Uji Korelasi Pearson.

## HASIL

Data hasil kadar Zn di akar diuji menggunakan ANAVA satu arah yang menunjukkan bahwa terdapat pengaruh konsentrasi Zn terhadap kadar Zn di akar setelah perlakuan yang mengacu pada (Tabel 1). Hasil uji untuk perlakuan konsentrasi Zn memiliki nilai signifikansi  $<0,001$  yang berarti terdapat pengaruh yang berbeda nyata karena nilainya lebih kecil dari  $\alpha$  (0,05). Pada perlakuan dengan konsentrasi Zn 0 ppm tidak ada perbedaan hasil akhir kadar Zn karena hasilnya tetap 0 mg/kg, sedangkan pada konsentrasi Zn 4 ppm dapat menyerap kadar Zn lebih besar dibandingkan pada konsentrasi Zn 2 ppm. Kadar Zn pada akar dari konsentrasi 4 dan 2 ppm secara berturut-turut, yaitu sebesar 2,40 mg/kg dan 2,23 mg/kg.

Hasil uji ANAVA satu arah kadar klorofil daun setelah perlakuan selama 14 hari yang dapat dilihat pada (Tabel 1) menunjukkan bahwa terdapat pengaruh konsentrasi Zn terhadap kadar klorofil daun. Nilai signifikansi hasil uji dari semua perlakuan didapat sebesar  $<0,001$  yang berarti memiliki pengaruh yang nyata karena nilainya lebih kecil dari  $\alpha$  (0,05). Oleh karena itu, dilakukan uji lanjut Duncan yang menunjukkan jika pada perlakuan konsentrasi Zn terhadap kadar klorofil daun terdapat pengaruh yang berbeda nyata, sedangkan pada perlakuan jenis tumbuhan tidak terdapat pengaruh yang berbeda nyata. Rerata kadar klorofil daun dari yang paling tinggi hingga paling rendah, dimulai dari konsentrasi Zn 0 ppm sebesar 18,8  $\mu g/ml$ , lalu 2 ppm sebesar 12,2  $\mu g/ml$ , dan terakhir 4 ppm sebesar 9,7  $\mu g/ml$ .

Hasil pengujian kadar Zn di akar dan kadar klorofil daun setelah perlakuan saling berkorelasi secara negatif yang ditunjukkan oleh grafik pada (Gambar 1). Data tersebut dianalisis menggunakan Uji Korelasi Pearson. Hasil uji menunjukkan bahwa nilai signifikansi  $0,000 < \alpha$  (0,05) yang berarti

bahwa kadar klorofil di daun dan kadar Zn di akar saling berkorelasi. Nilai korelasi yang didapat, yaitu sebesar -0,684 yang berarti bahwa kedua variabel berkorelasi kuat.

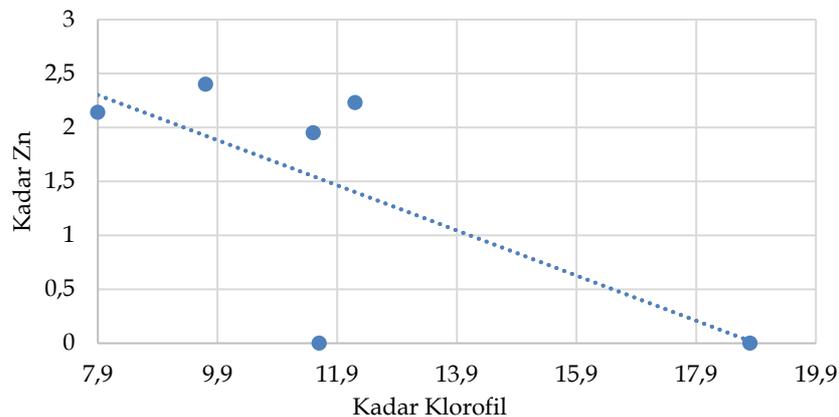
Morfologi tumbuhan setelah 14 hari perlakuan mengalami perubahan. Hal ini dapat dilihat pada warna daun di beberapa perlakuan. Daun mengalami perubahan dari yang awalnya berwarna hijau menjadi kuning, layu, terdapat bintik-bintik kuning pada daun, tetapi terdapat juga tunas baru yang tumbuh diujung tumbuhan dapat dilihat pada (Gambar 2).

Hasil rerata perubahan pH dan suhu pada media tanam selama 14 hari perlakuan diukur setiap hari pada siang hari. Berdasarkan PP No. 22 Tahun 2021 menunjukkan bahwa nilai pH dan suhu masih memenuhi standar baku mutu yang dapat diacu pada (Tabel 2). Rata-rata nilai pH pada media mengalami peningkatan menuju nilai yang netral. Nilai pH pada konsentrasi 0 ppm sebesar 6,33, pada konsentrasi 2 ppm sebesar 6,24, dan pada konsentrasi 4 ppm sebesar 6,23. Rerata selama perlakuan yang didapat pada konsentrasi 0 ppm, 2 ppm, dan 4 ppm berturut-turut, yaitu 27,8°C, 28,2°C, dan 28,2°C.

**Tabel 1.** Rerata kadar Zn di akar dan kadar klorofil daun *S. molesta* setelah perlakuan 14 hari

Tumbuhan	Konsentrasi Zn (ppm)	Kadar Zn di akar (mg/kg)	Kadar Klorofil ( $\mu\text{g/ml}$ )
<i>S. molesta</i>	0	$0 \pm 0,000^A$	$18,8 \pm 0,050^C$
	2	$2,23 \pm 0,025^B$	$12,2 \pm 0,146^B$
	4	$2,40 \pm 0,040^C$	$9,7 \pm 0,217^A$

Keterangan: Angka yang diikuti oleh notasi abjad berbeda pada baris dan kolom menunjukkan bahwa data tersebut berbeda nyata menurut hasil Uji Duncan dengan taraf uji 0,05. Notasi A, B, dan C menunjukkan nilai dari yang terendah hingga tertinggi.



**Gambar 1.** Grafik hubungan antara Kadar Zn di Akar dan Kadar Klorofil di Daun



**Gambar 2.** Morfologi tumbuhan setelah perlakuan selama 14 hari. (a) Klorosis, (b) Nekrosis, dan (c) Tumbuh tunas baru.

**Tabel 2.** Rerata perubahan pH dan suhu selama perlakuan 14 hari

Tumbuhan	Parameter	Konsentrasi Zn (ppm)			Baku Mutu*
		0	2	4	
<i>S. molesta</i>	pH	$6,33 \pm 0,394$	$6,24 \pm 0,336$	$6,23 \pm 0,222$	6-9
	Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )	$27,8 \pm 0,361$	$28,2 \pm 0,265$	$28,2 \pm 0,252$	Dev 3

Keterangan: \*)Berdasarkan Peraturan Pemerintah RI Nomor 22 Tahun 2021

## PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan tumbuhan akuatik *S. molesta* untuk mengetahui kemampuannya dalam menyerap logam berat Zn. Tumbuhan ini termasuk pakis air yang hidup mengapung di air dan memiliki pertumbuhan biomassa yang cepat. Tumbuhan akuatik memiliki kemampuan untuk mengurangi berbagai macam kontaminan anorganik maupun organik, logam berat, dan pestisida, dimana zat kontaminan tersebut terdapat dari berbagai sumber, seperti air limbah industri, limbah domestik, dan limbah pertanian. Tumbuhan ini mampu tumbuh di tempat yang sangat tercemar dengan variasi suhu, pH, dan tingkat nutrisi (Yuliasni *et al.*, 2023). Makrofit ini dapat digunakan untuk fitoremediasi karena memiliki beberapa karakteristik yang menempatkannya sebagai tumbuhan yang lebih baik daripada tumbuhan air lainnya. Karakteristiknya meliputi tingkat pertumbuhan yang cepat, daya apung pada air yang tinggi, kapasitas dalam meningkatkan nitrogen untuk perkembangbiakannya dalam air sehingga memungkinkan tanaman untuk tumbuh di daerah dengan tingkat nitrogen rendah, dll. (Sood *et al.*, 2012). Tumbuhan yang hidup pada lingkungan tercemar akan mencoba bertahan hidup dengan berbagai mekanisme, beberapa mekanisme yang mungkin dilakukan, yaitu ameliorasi dan toleransi. Ameliorasi adalah kapabilitas tumbuhan untuk meminimalkan pengaruh zat toksik, contohnya dengan inaktivasi secara kimia dan dilusi (pengenceran). Tumbuhan dapat mentoleransi bahan pencemar dengan mengembangkan suatu sistem supaya dapat tetap hidup walaupun terpapar zat toksik pada konsentrasi tertentu. Toleransi dapat terjadi dengan syarat tumbuhan dapat tetap tumbuh meskipun berada dalam paparan logam berat (Gupta *et al.*, 2013).

Pada penelitian ini teknik fitoremediasi yang digunakan adalah teknik rhizofiltrasi yang merupakan penyerapan konsentrasi dan akumulasi kontaminan di akar tumbuhan (Akhtar *et al.*, 2023). Tumbuhan air dapat menjadi solusi yang efisien dalam pemulihan polutan di perairan (Yan *et al.*, 2019). Salah satu polutan yang sering ditemui yaitu logam berat, contohnya zink (Zn). Logam ini termasuk salah satu logam esensial yang dibutuhkan oleh makhluk hidup, tetapi jika dalam kondisi yang berlebihan akan menjadi toksik (Adhani dan Husaini, 2017) yang menyebabkan disfungsi sistem sehingga menyebabkan menurunnya pertumbuhan dan reproduksi (Susilowati, 2021). Pada dasarnya semua jenis tumbuhan dapat mengadsorpsi, mentranslokasi, dan mengakumulasi toksikan di lingkungan tumbuhnya, tetapi konsentrasi tersebut berbeda-beda bergantung pada jenis tumbuhan dan tingkat toksisitasnya. Logam berat yang telah diadsorpsi oleh akar akan berikatan dengan zat pengkelat. Kelat merupakan senyawa yang dapat membantu peningkatan pengangkutan logam berat pada tumbuhan. Beberapa jenis kelat yang ada pada tumbuhan, yaitu histidin untuk mengikat timbal (Pb), fitokhelatin untuk mengikat Al, dan asam sitrat yang dapat mengikat Zn (Irahmani *et al.*, 2017). Menurut Salisbury dan Ross (1992), pengangkutan Zn dengan jaringan xylem untuk ditranslokasikan ke bagian tubuh lain, seperti daun, memerlukan bantuan ligan penting asam sitrat supaya proses dapat berjalan secara baik (David *et al.*, 2016).

*Salvinia molesta* dipaparkan pada media yang telah diberi konsentrasi Zn berbeda-beda, yaitu 0 ppm, 2 ppm, dan 4 ppm. Perbedaan konsentrasi Zn pada setiap media memengaruhi jumlah kadar Zn yang diadsorpsi oleh akar. Semakin tinggi konsentrasi logam berat pada media tanam, maka adsorpsi logam berat oleh tumbuhan juga akan semakin tinggi (Suhar *et al.*, 2023). Hasil penelitian yang dapat dilihat pada (Tabel 1) menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi Zn di media tanam, maka kadar Zn yang diadsorpsi oleh akar tumbuhan akan semakin tinggi. Pada perlakuan dengan konsentrasi Zn awal sebesar 4 ppm, terjadi penurunan kadar Zn yang lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi awal Zn 2 ppm. Hasil analisis menunjukkan adanya interaksi antara jenis tumbuhan dan konsentrasi Zn terhadap kemampuan absorpsi Zn pada akar tumbuhan. Pada perlakuan dengan konsentrasi Zn 4 ppm dapat menyerap kadar Zn dengan kadar tertinggi, yaitu sebesar 2,40 mg/kg. Efisiensi degradasi kontaminan bergantung pada berbagai faktor yang saling berhubungan meliputi durasi pemaparan, konsentrasi kontaminan, sifat fisika & kimia polutan, karakteristik tumbuhan, dan karakteristik lingkungan (Ahmad *et al.*, 2017). Logam berat yang diserap oleh tumbuhan sebagian besar dilakukan oleh akar karena akar tumbuhan berkontak langsung dengan media tanam sehingga dapat mengurangi konsentrasi logam pada media yang digunakan. Akar tanaman berperan penting dalam pemindahan polutan dari air yang terkontaminasi bahan pencemar (Al-Ajalín *et al.*, 2020). Pada lapisan endodermis akar terjadi mekanisme fisiologis yang dapat mengontrol adsorpsi logam berat oleh tumbuhan. Mineral yang terlarut akan diserap oleh akar dan dikontrol oleh membran plasma sel endodermis, membran ini berada pada semua jenis tumbuhan yang memiliki kendali akhir terhadap mineral terlarut sehingga proses adsorpsi logam berat oleh akar dapat berkurang efek racunnya. Ion-ion terlarut yang masuk ke sel akar bersamaan

dengan bahan pencemar yang ada di media tanam. Unsur-unsur tersebut dapat masuk dengan dua cara, yaitu simplas melalui membran plasma dari sel-sel akar endodermal dan apoplas lewat ruang antar sel yang dibawa jaringan xylem dengan cara solute (zat yang tidak diurai dalam zat yang lain), kemudian lewat pita kaspari (suatu lapisan yang tidak dapat ditembus solute). Jaringan pengangkut xylem akan mengangkut logam menuju bagian tubuh lain, seperti daun dan batang (David *et al.*, 2016).

Hasil analisis rerata klorofil total pada (Tabel 1) menunjukkan bahwa ada pengaruh konsentrasi Zn terhadap kadar klorofil daun. Data yang telah didapat menunjukkan bahwa kadar klorofil daun *S. molesta* akan semakin rendah seiring tingginya konsentrasi Zn pada media tanam. Kadar klorofil daun setelah 14 hari perlakuan dengan konsentrasi Zn 4 ppm lebih rendah daripada konsentrasi Zn 2, sedangkan konsentrasi Zn 0 ppm memiliki kadar klorofil yang paling tinggi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Olivares (2003) bahwa terdapat perubahan kadar klorofil daun berhubungan dengan konsentrasi logam berat, yaitu tingginya konsentrasi logam berat di lingkungan tempat tumbuh akan menyebabkan kadar klorofil daun menurun (Ulfah *et al.*, 2017). Menurut Sholikhah dan Rachmadiarti (2019), akumulasi logam Cd yang tinggi di dalam tumbuhan yang telah menyerap logam dari media tanam berpengaruh terhadap penurunan kadar klorofil daun. Hal ini dibuktikan dengan penelitiannya, yaitu kadar klorofil akhir paling rendah ditemukan pada konsentrasi 15 ppm, dimana hasil ini lebih rendah jika dibandingkan dengan perlakuan lain pada konsentrasi 0 ppm, 5 ppm dan 10 ppm.

Hasil uji korelasi pearson yang dilakukan untuk mengetahui hubungan kadar Zn di akar dan kadar klorofil daun sesuai dengan teori yang ada. Hal ini dapat dilihat pada grafik (Gambar 1) yang menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar Zn di akar tumbuhan, maka kadar klorofil daun akan semakin rendah. Tingginya kadar logam berat pada tumbuhan dapat mengganggu metabolisme sel. Hal ini menyebabkan hilangnya komponen sitoplasma, merusak struktur kloroplas, terganggunya proses fisiologis tumbuhan, serta mengganggu biosintesis klorofil (Sholikhah dan Rachmadiarti, 2019). Pada saat perlakuan, tumbuhan masih tetap dalam kondisi yang baik ditandai dengan tingkat pertumbuhannya, walaupun kadar klorofil daun menurun. Pertumbuhan dengan media yang diberi konsentrasi Zn 2 dan 4 ppm tetap dapat berlangsung, meskipun tidak sepesat pada perlakuan dengan konsentrasi Zn 0 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa tumbuhan mampu mengadsorpsi logam Zn dengan baik sehingga *S. molesta* dapat digunakan sebagai salah satu agen fitoremediasi logam berat Zn. Rendahnya kadar klorofil pada daun setelah proses perlakuan disebabkan oleh tingginya kadar pemberian Zn pada media tanam yang dapat mengganggu biosintesis klorofil. Hal ini terjadi karena enzim untuk biosintesis klorofil, seperti enzim protochlorophyllide, aminolevulinic acid (ALA) dehidrase, dan porphobilinogen deaminase tidak bekerja dengan baik. Logam berat yang terakumulasi pada tumbuhan berdampak pada aktivitas enzim porphobilinogen deaminase dan aminolevulinic acid, dehidrase yang terganggu sehingga proses sintesis porfirin terhambat. Proses tersebut terhambat karena logam Zn masuk dalam konsentrasi tinggi sehingga terjadi defisiensi nutrisi mineral Fe dan Mg. Dampak dari hal ini, yaitu terjadinya perubahan jumlah dan volume kloroplas, menghambat kerja enzim untuk proses biosintesis klorofil, tepatnya enzim aminolevulinic acid (ALA) dehidrase dan porphobilinogen deaminase (Ulfah *et al.*, 2017).

Morfologi tumbuhan setelah perlakuan selama 14 hari mengalami perubahan, terdapat beberapa daun yang mengalami gejala klorosis dan nekrosis yang dapat dilihat pada (Gambar 2). Pada beberapa perlakuan ditemukan warna daun menjadi kuning yang berarti tumbuhan mengalami gejala klorosis. Hal ini dapat dialami oleh tumbuhan yang mengalami peningkatan toksisitas logam berat, seperti Zn. Selain itu, juga terdapat daun yang layu dan timbul bercak kecokelatan yang mengindikasikan gejala nekrosis. Klorosis yaitu kurang berkembang maupun tidak terbentuknya klorofil daun dapat menguning, sedangkan nekrosis adalah ditemukannya bercak dan warna kecokelatan pada daun yang berarti sebuah kematian sel atau jaringan tumbuhan (Hasyim, 2016). Hal ini berhubungan dengan kadar klorofil pada daun. Tumbuhan yang ada pada konsentrasi Zn 0 ppm, kadar klorofilnya lebih tinggi daripada perlakuan lain, sedangkan kadar klorofil terendah ditemukan pada tumbuhan yang terpapar konsentrasi Zn 4 ppm. Metabolisme dan sintesis klorofil tumbuhan terhambat karena pengaruh toksisitas logam Zn tersebut. Logam berat yang menghalangi kerja enzim untuk proses katalisis sintesis klorofil akan menyebabkan tumbuhan mengalami klorosis. Nekrosis pada tumbuhan terjadi karena ada kematian sel, jaringan, atau organ sehingga ditemukan bercak, bintik, atau noda pada daun. Proses fotosintesis bergantung pada kadar klorofil yang dimiliki oleh daun supaya pertumbuhan dapat terus berlanjut. Perubahan kadar klorofil berhubungan dengan tingginya logam berat yang terdapat dalam lingkungan tersebut. Struktur kloroplas yang rusak berhubungan

dengan penurunan kadar klorofil akibat tingginya konsentrasi logam Cu dan Zn pada media tanam (Putra *et al.*, 2018). Daun tumbuhan dapat mengalami perubahan warna dan penurunan kadar klorofil karena berkontak langsung dengan paparan logam berat (Asih dan Rachmadiarti, 2019).

Pada perubahan morfologi *S. molesta* yang dapat dilihat pada (Gambar 2), selain adanya perubahan warna daun, *S. molesta* juga mengalami pertumbuhan dan reproduksi yang ditandai dengan tumbuhnya tunas baru yang ditemukan diujung tumbuhan. Tunas baru muncul karena tumbuhan tersebut bereproduksi secara vegetatif dengan berkembangbiak melalui batang yang telah rapuh dan kemudian pecah (Hibatullah, 2019). Perlakuan dan pemaparan limbah dengan konsentrasi yang berbeda terhadap tumbuhan jeringau (*Acorus calamus*) menunjukkan adanya daun baru atau tunas baru yang tumbuh. Hal ini menunjukkan bahwa tumbuhan Jeringau tetap mengalami pertumbuhan dan reproduksi, meskipun dalam kondisi terpapar logam berat Pb (Suhar *et al.*, 2023). Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan selama 14 hari dengan memaparkan *S. molesta* pada berbagai konsentrasi Zn. Pada beberapa perlakuan *S. molesta* ditemukan daun yang berubah warna dari hijau menjadi coklat yang menunjukkan bahwa daun mati, namun telah tumbuh tunas baru yang menggantikannya di ujung tumbuhan. Hal ini menunjukkan bahwa *S. molesta* dapat mentoleransi kelebihan Zn di media tanam yang ditandai dengan kemampuan untuk tetap tumbuh dan regenerasi daun yang telah mati.

Faktor fisika dan kimia selama proses perlakuan digunakan sebagai data pendukung dengan parameter yang diamati berupa pH dan suhu media tanam telah memenuhi standar yang optimal untuk pertumbuhan *S. molesta* yang mengacu pada (Tabel 2). Penyerapan logam pada tumbuhan air juga dipengaruhi dengan faktor biotik dan abiotik yang ada di lingkungan, meliputi suhu, pH, dan populasi ionik dari sistem air (Irhamni *et al.*, 2017). Hasil pengukuran pH pada media tanam menunjukkan nilai yang relatif meningkat dari pH asam ke pH netral. Hal ini terjadi karena lamanya waktu kontak langsung tumbuhan dengan media tanam (Raissa & Tangahu, 2017). Nilai pH memiliki pengaruh terhadap hasil uji fitoremediasi karena pH media tanam akan memengaruhi proses pertumbuhan dan perkembangan. Umumnya tumbuhan akuatik yang berada pada media dengan nilai pH kurang dari 4 akan mati karena tumbuhan tidak mampu hidup pada pH yang terlalu rendah (Suryadi *et al.*, 2017). Jika pH media tanam tidak menunjukkan nilai menuju netral, maka dapat mengganggu kinerja biologis pada proses penjernihan badan air dari zat kontaminan (Dewi dan Faisal, 2015). Kemampuan tumbuhan dalam menyerap ion-ion dan unsur hara, serta mengetahui adanya unsur toksik bagi tumbuhan bergantung dengan nilai pH media tanam (Hardiani, 2017). Tumbuhan tidak dapat menyerap nutrisi dan unsur hara di media tanam meskipun jumlahnya cukup jika nilai pH media terlalu asam atau basa. Tingkat pencemaran logam berat pada pH yang rendah akan semakin besar karena kelarutan logam berat semakin mudah terjadi (Baroroh *et al.*, 2018). Suhu lingkungan berpengaruh secara tidak langsung terhadap terjadinya peningkatan tumbuhan dalam menyerap logam berat. Suhu yang optimal akan membantu proses metabolisme dan fotosintesis tumbuhan dengan baik (Rahayuningtyas *et al.*, 2018). Umumnya tumbuhan air dapat tumbuh secara optimal pada suhu 20-30°C dan pH air sekitar 5-8. Pada pengukuran suhu selama 14 hari perlakuan didapatkan nilai sebesar 27,6-28,2°C dan nilai pH sebesar 6,01-6,33. Hasil pengukuran suhu dan pH tersebut masih memenuhi standar baku mutu berdasarkan PP No. 22 Tahun 2021, dimana baku mutu untuk suhu sekitar 27 - 30°C (Dev 3) dan pH adalah 6-9.

## SIMPULAN

*Salvinia molesta* terbukti dapat digunakan sebagai agen fitoremediasi logam berat Zn. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tumbuhan ini dapat mengadsorpsi Zn di media tanam, serta mampu bertahan hidup dan berkembangbiak dengan baik. Akar *S. molesta* yang terpapar konsentrasi Zn 4 ppm mampu mengadsorpsi kadar Zn dengan nilai tertinggi sebesar 2,40 mg/kg, sedangkan kadar klorofil daunnya cukup rendah, yaitu 9,7 µg/ml. Semakin tinggi konsentrasi Zn pada media tanam, maka semakin tinggi pula kadar Zn yang diadsorpsi oleh akar *S. molesta* sehingga kadar klorofil daun akan semakin rendah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adhani R dan Husaini, 2017. *Logam Berat Sekitar Manusia*. Lambung Mangkurat University Press Pusat Pengelolaan Jurnal dan Penerbitan Unlam: Banjarmasin.
- Ahmad J, Abdullah SRS, Hassan HA, Rahman RAA, and Idris M, 2017. Screening of tropical native aquatic plants for polishing pulp and paper mill final effluent. *Malaysian J. Anal. Sci.*; 21: 105- 112.
- Akhtar MS, Hameed A, Aslam S, Ullah R, and Kashif A, 2023. Phytoremediation of Metal-Contaminated Soils and Water in Pakistan: a Review. *Water, Air, & Soil Pollution*; 234(1): 11.

- Al-Ajalín FAH, Idris M, Abdullah SRS, Kurniawan, SB, and Imron MF, 2020. Evaluation of short-term pilot reed bed performance for real domestic wastewater treatment. *Environ. Technol. Innov.*; 20: 101-110.
- Al Kholif M dan Ratnawati R, 2017. Pengaruh beban hidrolis media dalam menurunkan senyawa ammonia pada limbah cair rumah potong ayam (RPA). *WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA*; 15(1): 1-9.
- Ashraf S, Ali Q, Zahir ZA, and Asghar HN, 2019. Phytoremediation: Environmentally sustainable way for reclamation of heavy metal polluted soils. *Ecotoxicology and Environmental Safety*; 174: 714-727.
- Asih DW dan Rachmadiarti F, 2019. *Azolla microphylla* sebagai Fitoremediasi Logam Pb. *LenteraBio*; 8(1): 85-90.
- Baroroh F, Handayanto E, dan Irawanto R, 2018. Fitoremediasi Air Tercemar Tembaga (Cu) Menggunakan *Salvinia molesta* dan *Pistia stratiotes* serta Pengaruhnya terhadap Pertumbuhan Tanaman *Brassica rapa*. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*; 5(1): 689-700.
- David M, Liang S, dan Hala Y, 2016. Fitoakumulasi Cd dan Zn dalam Tumbuhan Bakau *Rhizophora mucronata* di Sungai Tallo Makassar. *Jurnal Akta Kimia Indonesia*; 9(2).
- Dewi F dan Faisal M, 2015. Efisiensi penyerapan fosfat limbah laundry menggunakan kangkung air (*Ipomoea aquatic* Forsk) dan jeringau (*Acorus calamus*). *Jurnal Teknik Kimia USU*; 4(1): 7-10.
- Gupta DK, HG Huang, and FJ Corpas, 2013. Lead Tolerance In Plants: Strategies for Phytoremediation. *Environ Sci Pollut Res*; 20: 2150- 2161.
- Hanifah Y dan Widyastuti W, 2017. Kajian Kualitas Air Sungai Konteng sebagai Sumber Air Baku Pdam Tirta Darma Unit Gamping, Kabupaten Sleman. *Jurnal Bumi Indonesia*; 6(1): 228-741.
- Hapsari JE, Amri C, dan Suyanto A, 2018. Efektivitas Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*) sebagai Fitoremediasi dalam Menurunkan Kadar Timbal (Pb) Air Limbah Batik. *Sanitasi: Jurnal Kesehatan Lingkungan*; 9(4): 172-177.
- Hardiani H, 2017. Potensi tanaman dalam mengakumulasi logam Cu pada media tanah terkontaminasi limbah padat industri kertas. *Jurnal Selulosa*; 44(01): 27-40.
- Hasyim NA, 2016. Potensi Fitoremediasi Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) Dalam Mereduksi Logam Berat Seng (Zn) Dari Perairan Danau Tempe Kabupaten Wajo. *Teknosains*; 11(2).
- Hibatullah HF, 2019. *Fitoremediasi Limbah Domestik (Grey Water) Menggunakan Tanaman Kiambang (Salvinia molesta) Dengan Sistem Batch*. UIN Sunan Ampel: Surabaya.
- Indonesia. 2021. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*. LN RI Tahun 2021 Nomor 22. Jakarta.
- Irhanni I, Pandia S, Purba E, dan Hasan W, 2017. Kajian akumulator beberapa tumbuhan air dalam menyerap logam berat secara fitoremediasi. *Jurnal Serambi Engineering*; 1(2): 75-84.
- Muthoharoh R, 2019. *Pemanfaatan Tumbuhan Semanggi (Marsilea Crenata) Sebagai Fitoremediasi Logam Kromium Total (Cr) Pada Limbah Cair Batik (Studi Kasus Industri Batik UID, Pakemsari Desa Sumberpakem Kecamatan Sumberjambe Kabupaten Jember)*. UNEJ press: Jember.
- Oktaviani L, 2020. *Fitoremediasi logam berat Seng (Zn) dngan memanfaatkan tanaman Apu-Apu (Pistia Stratiotes) menggunakan sistem Batch*. UIN Sunan Ampel: 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.
- Putra RS, Kusumawati N, Trismiarni ME, dan Ma'arif N, 2018. Gabungan Proses EAPR-Aerasi (Electro-Assisted Phytoremediation Aerasi) dengan Tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*) untuk Remediasi Air Limbah Logam Cu dan Zn. *PROSIDING SNIPS 2018*: 64-70.
- Rachmadiarti F, Trimulyono G, and Utomo WH, 2022. Analyzing the Efficacy of *Salvinia molesta* Mitchell as Phytoremediation Agent for Lead (Pb). *Nature Environment & Pollution Technology*; 21(2): 733-738.
- Rahayuningtyas I, Wahyuningsih NE, dan Budiyo, 2018. Pengaruh Variasi Lama Waktu Kontak Dan Berat Tanaman Apu-Apu (*Pistia stratiotes* L.) Terhadap Kadar Timbal Pada Irigasi Pertanian. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*; 6(6): 166-174.
- Rahman A, 2018. Kandungan logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada beberapa jenis krustasea di pantai Batakan dan Takisung Kabupaten Tanah Laut Kalimantan Selatan. *Bioscientiae*; 3 (2): 93-100.
- Raissa DG dan Tangahu BV, 2017. Fitoremediasi Air yang Tercemar Limbah Laundry dengan Menggunakan Kayu apu (*Pistia stratiotes*). *Jurnal Teknik ITS*; 6(2): F233-F237.
- Ratnawati R dan Fatmasari RD, 2018. Fitoremediasi Tanah Tercemar Logam Timbal (Pb) Menggunakan Tanaman Lidah Mertua (*Sansevieria trifasciata*) Dan Jengger Ayam (*Celosia plumosa*). *Al-Ard*; 3(2): 62-69.
- Salisbury FB dan Ross CW, 1992. *Fisiologi Tumbuhan Jilid 1*, diterjemahkan oleh: Lukman DR dan Sumaryono, 1995. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Sholikah M dan Rachmadiarti F, 2019. Kemampuan Tumbuhan *Ludwigia adscendens* dalam Menyerap Logam Berat Kadmium (Cd) pada Berbagai Konsentrasi. *LenteraBio*; 8(3): 219-224.
- Sood A, Uniyal PL, Prasanna R, and Ahluwalia AS, 2012. Phytoremediation potential of aquatic macrophyte, *Azolla*. *Ambio*; 41:122-137.
- Suhar S, Mistar EM, Hasmita I, Aflah N, dan Aprita IR, 2023. Penurunan Konsentrasi Pb dengan Metode Fitoremediasi Menggunakan Tumbuhan Jeringau (*Acorus calamus*). *Jurnal Serambi Engineering*; 8(1): 4901-4906.

- Sukono GAB, Hikmawan FR, Evitasari DS, dan Satriawan D, 2020. Mekanisme Fitoremediasi. *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*; 2(02): 40-46.
- Suryadi, Apriani I, dan Kadaria U, 2017. Uji Tanaman Coontail (*Ceratophyllum demersum*) Sebagai Agen Fitoremediasi Limbah Cair Kopi. *Jurnal 84 Teknologi Lingkungan Lahan Basah*; 5(1).
- Susilowati PE, 2021. Studi Bioakumulasi Logam Crom (Cr), Seng (Zn) dan Nikel (Ni) pada Tanaman Obat Binahong (*Anredera cordifolia* (Ten) Steenis.). *Akta Kimia Indonesia*; 6(1): 12-27.
- Ulfah M, Rachmadiarti F, dan Rahayu YS, 2017. Pengaruh Timbal (Pb) terhadap Kandungan Klorofil Kiambang (*Salvinia molesta*). *LenteraBio*; 6(2): 44-48.
- Yan Y, Xu X, Shi C, Yan W, Zhang L, and Wang G, 2019. Ecotoxicological effects and accumulation of ciprofoxacin in *Eichhornia crassipes* under hydroponic conditions. *Environ Sci Pollut Res*; 26: 30348-30355.
- Yuliasni R, Kurniawan SB, Marlina B, Hidayat MR, Kadier A, Ma PC, and Imron MF, 2023. Recent Progress of Phytoremediation-Based Technologies for Industrial Wastewater Treatment. *Journal of Ecological Engineering*; 24(2): 208-220.

**Article History:**

Received: 6 April 2023

Revised: 8 Agustus 2023

Available online: 15 Agustus 2023

Published: 30 September 2023

**Authors:**

Nabila Fitri Rosyidah, Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya, Kampus Ketintang Surabaya 60231, Indonesia, e-mail: [nabilafitri26@gmail.com](mailto:nabilafitri26@gmail.com)

Fida Rachmadiarti, Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya, Kampus Ketintang Surabaya 60231, Indonesia, e-mail: [fidarachmadiarti@unesa.ac.id](mailto:fidarachmadiarti@unesa.ac.id)

**How to cite this article:**

Rosyidah NF, Rachmadiarti F, 2023. *Salvinia molesta* sebagai Agen Fitoremediasi Logam Berat Zink (Zn) di Perairan. *LenteraBio*; 12(No): 430-438.