

# Potensi Fitoremediasi *Salvinia molesta* terhadap Logam Berat dalam Limbah Cair: Pendekatan melalui Analisis Biokonsentrasi Faktor dan Faktor Translokasi

Alifia Salsabila Zain, Praditya Sigit Ardisty Sitogasa \*

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Surabaya

\*Koresponden email: praditya.s.tl@upnjatim.ac.id

Diterima: 9 Juni 2025

Disetujui: 16 Juni 2025

## Abstract

This study aims to evaluate the potential of the aquatic plant *Salvinia molesta* in absorbing heavy metal nickel (Ni) from wastewater through phytoremediation. The process was assessed using Bioconcentration Factor (BCF) and Translocation Factor (TF) parameters. The experimental method was conducted by applying variations in leaf density and surface coverage of the plant in reactors containing nickel solution. Results showed that *Salvinia molesta* reduced Ni concentration by up to 85.50%, with the highest metal accumulation found in the roots. The maximum BCF value reached 1.68, and the TF was 0.905, indicating that the plant effectively absorbed Ni from water into roots, but only partially translocated it to the upper parts. Therefore, *Salvinia molesta* demonstrates potential as a phytoremediator for Ni-contaminated water, with root accumulation being the dominant mechanism.

**Keywords:** *phytoremediation, bioconcentration factor (bcf), translocation factor (tf)*

## Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi tanaman kiambang (*Salvinia molesta*) dalam menyerap logam berat nikel (Ni) dari limbah cair melalui pendekatan fitoremediasi. Proses ini dianalisis menggunakan *Bioconcentration Factor* (BCF) dan *Translocation Factor* (TF). Penelitian dilakukan dengan metode eksperimental menggunakan variasi jumlah daun dan luasan penutupan tanaman pada reaktor yang berisi larutan nikel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Salvinia molesta* mampu menurunkan konsentrasi Ni hingga 85,50% dengan akumulasi logam tertinggi pada akar. Nilai BCF tertinggi tercatat sebesar 1,68 dan TF sebesar 0,905, yang menunjukkan bahwa tanaman ini efektif menyerap logam dari air ke akar, namun hanya sebagian kecil yang ditranslokasikan ke bagian atas tanaman. Dengan demikian, *Salvinia molesta* berpotensi sebagai agen fitoremediasi dalam perairan tercemar nikel, meskipun mekanisme dominan adalah akumulasi di akar.

**Kata Kunci:** *fitoremediasi, biokonsentrasi faktor, faktor translokasi*

## 1. Pendahuluan

Pencemaran logam berat di lingkungan perairan akibat aktivitas industri merupakan permasalahan serius yang dapat mengganggu keseimbangan ekosistem dan membahayakan kesehatan makhluk hidup. Salah satu logam berat yang sering ditemukan dalam limbah cair industri, terutama industri elektroplating, baterai, dan pertambangan, adalah Nikel (Ni)[1]. Logam ini bersifat toksik dalam konsentrasi tertentu, dapat terakumulasi dalam tubuh organisme, dan bersifat non-biodegradable, sehingga memerlukan metode penanganan yang efektif dan berkelanjutan [2].

Salah satu solusi berkelanjutan untuk mengurangi kandungan logam berat di perairan adalah melalui fitoremediasi, yaitu teknik pemanfaatan tanaman untuk menyerap, mengakumulasi, dan menetralkan kontaminan dari lingkungan [3]. Berdasarkan responsnya terhadap keberadaan logam, tanaman dapat diklasifikasikan menjadi empat jenis utama. Tanaman akumulator mampu menyerap logam dan menyalurkannya ke bagian atas tanaman, sedangkan hiperakumulator menunjukkan kemampuan lebih tinggi dengan menyerap logam hingga lebih dari 1% dari berat keringnya. Sementara itu, tanaman *excluder* bekerja dengan menahan logam di zona akar (*rizosfer*) dan mencegah penyerapannya ke jaringan tanaman. Adapun tanaman indikator menyerap logam dalam jumlah yang proporsional dengan kadar logam di lingkungan sekitarnya, sehingga dapat mencerminkan tingkat pencemaran yang ada[4].

*Salvinia molesta*, atau yang dikenal sebagai kiambang, merupakan tanaman air yang memiliki potensi besar dalam fitoremediasi karena pertumbuhannya yang cepat, toleransinya terhadap kondisi lingkungan ekstrem, dan kemampuannya menyerap logam berat dari media air[5]. Efektivitas *Salvinia*

*molesta* dalam fitoremediasi logam berat seperti Nikel dapat dianalisis melalui dua perhitungan, yaitu *Bioconcentration Factor* (BCF) dan *Translocation Factor* (TF)[6].

BCF mengukur kemampuan tanaman dalam mengakumulasi logam dari air ke dalam jaringan tanaman, sedangkan TF menunjukkan kemampuan tanaman dalam mentranslokasikan logam dari akar ke bagian atas tanaman seperti batang dan daun[7]. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi *Salvinia molesta* dalam menyerap dan mentranslokasikan logam nikel (Ni) dari limbah cair melalui pengukuran BCF dan TF, serta mengevaluasi efektivitasnya sebagai agen fitoremediasi dalam sistem perairan tercemar.

## 2. Metode Penelitian

### *Alat dan Bahan*

Penelitian ini menggunakan box polietilena (31×23 cm) sebagai reaktor, oven pengering, timbangan digital, gelas ukur, pH meter, pinset, gunting, dan loyang oven. Analisis logam berat menggunakan alat *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS). Bahan utama adalah tumbuhan air *Salvinia molesta* (Kiambang) berumur ±1 bulan. Media tanam berupa limbah cair *elektroplating* yang mengandung logam berat Nikel didalamnya.



**Gambar 1.** Tumbuhan Kiambang (*Salvinia molesta*)  
Sumber: Hasil penelitian, (2025)

### *Desain Eksperimen*

Penelitian menggunakan desain faktorial dengan dua variabel bebas: jumlah daun Kiambang (rendah, sedang, tinggi) dan persentase penutupan permukaan reaktor (25%, 50%, 75%). Terdapat 9 kombinasi perlakuan dan 2 kontrol, sehingga total 11 reaktor. Penelitian dilakukan di luar ruangan . untuk mendapatkan kondisi yang menyerupai lingkungan alami.

### *Pengumpulan Sampel Air, Tanaman dan Proses Fitoremediasi*

Sampel tanaman *Salvinia molesta* diperoleh dari daerah Kabupaten Tangerang, Banten, dengan kriteria umur sekitar satu bulan dan jumlah daun antara 10 hingga 30 helai. Sebelum digunakan dalam percobaan, tanaman mengalami proses aklimatisasi selama 7 hari untuk menyesuaikan diri dengan lingkungan baru. Setelah masa aklimatisasi, tanaman dimasukkan ke dalam reaktor berisi 5 liter limbah *elektroplating* sesuai dengan desain eksperimen. Proses fitoremediasi dilaksanakan selama 15 hari dengan penanaman tanaman berdasarkan kombinasi perlakuan yang telah ditentukan. Setelah periode proses fitoremediasi tersebut, tanaman dipanen dan dianalisis untuk mengetahui kandungan logam berat Ni didalamnya.

### *Preparasi Sampel dan Analisa Kadar Ion Logam Ni pada Tanaman Kiambang (Salvinia molesta)*

Setelah 15 hari fitoremediasi, akar dan daun *Salvinia molesta* dipisahkan, dicuci dengan air bersih, lalu dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 5 jam. Sampel kering dicacah dan disimpan sebelum dianalisis. Analisis kandungan nikel (Ni) dilakukan dengan metode (AAS) setelah sampel melalui proses

destruksi. Hasilnya digunakan untuk menghitung efisiensi akumulasi dan distribusi logam dalam jaringan tanaman.

#### Faktor Biokonsentrasi

Akumulasi logam berat kemudian dihitung dengan Faktor Biokonsentrasi (BCF), yang digunakan untuk menghitung kemampuan akar dan daun dalam mengakumulasi logam berat Ni, dengan rumus berikut:

$$BCF = \frac{\text{Konsentrasi logam berat pada tumbuhan}}{\text{Konsentrasi logam berat pada media tumbuh}}$$

*Bioconcentration Factor* (BCF) merupakan rasio antara konsentrasi logam berat dalam jaringan tanaman terhadap konsentrasi logam dalam air, yang digunakan untuk mengukur kemampuan tanaman dalam menyerap dan mengakumulasi logam dari lingkungannya. Nilai BCF > 1 menunjukkan bahwa tanaman memiliki kemampuan akumulasi logam yang tinggi dan dikategorikan sebagai fitotranslokator, yang efektif untuk fitoekstraksi. Sebaliknya, BCF < 1 menunjukkan kemampuan serapan yang rendah dan tanaman lebih berperan sebagai fitostabilisator, yaitu menahan logam di akar dan mengurangi mobilitasnya dalam lingkungan.[8].

#### Faktor Translokasi

*Translocation Factor* (TF) logam berat digunakan untuk menghitung proses translokasi logam berat dari akar ke daun, dihitung dengan rumus:

$$BCF = \frac{\text{konsentrasi Logam berat pada daun}}{\text{konsentrasi Logam berat pada akar}}$$

Rasio konsentrasi logam pucuk/akar dihitung untuk setiap logam. Hasil pembagian ini menunjukkan faktor translokasi (TF) logam berat dari akar ke pucuk. Perhitungan TF dapat digunakan untuk menentukan status tanaman sebagai fitoekstraksi (TF>1) dan fitostabilisasi (TF<1)[9].

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### Analisis kandungan Ni pada Tumbuhan

Untuk mengevaluasi efektivitas proses fitoremediasi secara menyeluruh, penelitian ini tidak hanya mengamati penurunan konsentrasi nikel (Ni) dalam air limbah, tetapi juga menganalisis kandungan Ni yang terserap oleh tumbuhan kiambang (*Salvinia molesta*). Analisis ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana kemampuan kiambang dalam menyerap dan mengakumulasi logam berat dari lingkungan perairan yang tercemar. Berikut merupakan **Tabel 1** hasil perhitungan efektifitas kiambang di hari ke 15:

**Tabel 1.** Penurunan Ni

Reaktor	Hari ke- 15		%	Pengurangan kandungan Ni hari ke 0-15	Total Ni yang terserap pada tumbuhan
	Penurunan Ni (mg/L)	Removal (%)			
Kontrol	6,2	60,00	60,00	9,2	0
A1	2,69	81,80	21,80	12,1	2,50
A2	2,62	81,90	21,90	11,9	2,64
A3	2,52	82,50	22,50	11,9	2,87
B1	2,44	83,50	23,50	12,4	3,12
B2	2,43	83,70	23,70	12,5	3,23
B3	2,42	84,00	24,00	12,7	3,44
C1	2,39	84,20	24,20	12,7	3,47
C2	2,36	84,50	24,50	12,8	3,60
C3	2,19	85,50	25,50	12,9	3,67

Sumber: Hasil penelitian (2025)

Penurunan signifikan konsentrasi nikel (Ni) pada reaktor perlakuan menunjukkan peran penting *Salvinia molesta* dalam proses fitoremediasi. Pada reaktor C3, penurunan konsentrasi mencapai 85,50%

setelah 15 hari perlakuan. Hal ini menunjukkan bahwa tanaman mampu menyerap logam berat Ni secara efektif. Total logam Ni yang terserap oleh tanaman pada reaktor tersebut sekitar 3,67 mg, atau  $\pm 25,5\%$  lebih tinggi dibandingkan reaktor kontrol tanpa tanaman. Sebaliknya, reaktor kontrol hanya menunjukkan penurunan sekitar 60%, yang diduga terjadi akibat mekanisme non-biologis seperti pengendapan atau adsorpsi pada media. Perbedaan ini menjadi dasar kuat bahwa akumulasi Ni terjadi karena peran tanaman, bukan hanya faktor fisik atau kimia. Untuk mendukung hasil ini, dilakukan pula analisis kandungan logam berat Ni dalam jaringan tanaman setelah 15 hari masa perlakuan, sebagaimana ditampilkan pada **Tabel 2**.

**Tabel 2.** Hasil Uji Lab kandungan Ni pada sedimen

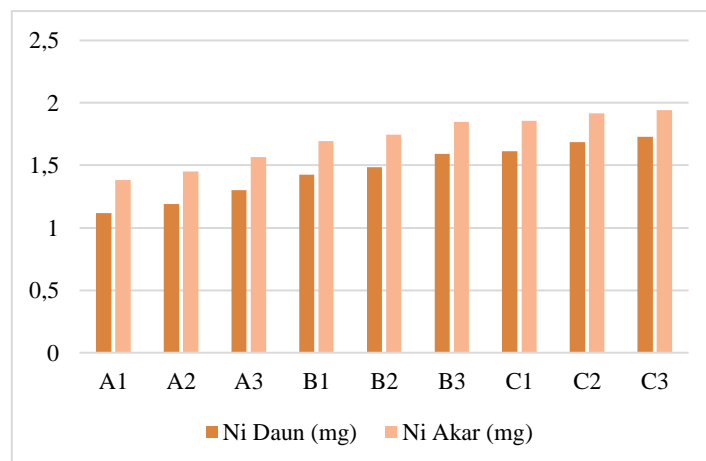
Reaktor	Daun mg/g	Akar mg/g	Total mg/g
A1	1,119	1,361	2,48
A2	1,189	1,421	2,61
A3	1,302	1,548	2,85
B1	1,424	1,676	3,10
B2	1,484	1,726	3,21
B3	1,591	1,780	3,37
C1	1,614	1,825	3,44
C2	1,685	1,885	3,57
C3	1,729	1,911	3,64

Sumber: Hasil penelitian (2025)

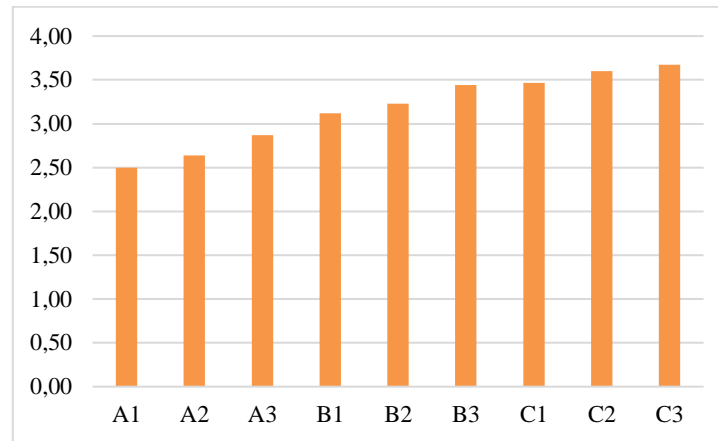
Nilai total akumulasi nikel (Ni) yang terserap pada tanaman di reaktor C3 berdasarkan perhitungan estimasi (Tabel 1) adalah sebesar 3,67 mg, sedangkan hasil uji laboratorium terhadap jaringan tanaman pada reaktor yang sama (**Tabel 2**) menunjukkan akumulasi sebesar 3,64 mg/g. Selisih antara keduanya hanya 0,03 mg ( $\pm 0,8\%$ ), yang masih berada dalam batas kesalahan eksperimen yang wajar ( $<5\%$ ). Kecocokan nilai ini mengindikasikan bahwa metode estimasi berdasarkan selisih konsentrasi Ni di air (*removal*) dapat merepresentasikan dengan baik akumulasi aktual di jaringan tanaman.

Perbandingan ini menegaskan bahwa penurunan kandungan Ni dalam air tidak hanya disebabkan oleh pengendapan atau faktor lingkungan lainnya, melainkan sebagian besar diserap secara aktif oleh jaringan tanaman, terutama daun dan akar. Korelasi antara jumlah Ni yang hilang dari media (air) dan yang terakumulasi di jaringan tumbuhan mendukung hipotesis bahwa fitoremediasi melalui *Salvinia molesta* berjalan efektif, di mana akar menyumbang proporsi akumulasi yang sedikit lebih tinggi daripada daun, seperti terlihat dari kandungan Ni akar C3 (1,911 mg/g) > daun C3 (1,729 mg/g). Hal ini sesuai dengan penelitian Fitriani., 2020, yang menyatakan bahwa proses fitoremediasi logam berat oleh tumbuhan air didominasi oleh mekanisme penyerapan aktif jaringan tanaman, bukan semata-mata pengendapan pasif di media air[10].

Nilai ini mendekati hasil estimasi pada **Tabel 2**, memperkuat bahwa proses penurunan Ni dalam air sebagian besar disebabkan oleh penyerapan aktif oleh tumbuhan. Hal ini menunjukkan bahwa estimasi berdasarkan selisih persen *removal* merepresentasikan kontribusi tanaman, dan menguatkan bahwa penurunan Ni terutama disebabkan oleh penyerapan aktif oleh tumbuhan[11].



**Gambar 2.** Grafik hasil kandungan total Ni pada tumbuhan  
 Sumber: Hasil penelitian, (2025)



**Gambar 3.** Grafik hasil kandungan total Ni pada tumbuhan  
Sumber: Hasil penelitian, 2025

Berdasarkan grafik kandungan Ni pada tanaman kiambang (*Salvinia molesta*), terlihat adanya peningkatan akumulasi logam nikel (Ni) seiring dengan bertambahnya jumlah daun dan luasan penutupan tanaman di permukaan air. Pada kelompok A (jumlah daun kecil), kandungan Ni meningkat dari sekitar 2,48 mg/kg pada luasan 25% (A1) menjadi 2,85 mg/kg pada luasan 75% (A3). Hal ini menunjukkan bahwa meskipun jumlah daun masih sedikit, peningkatan luasan tanaman dapat meningkatkan efisiensi penyerapan Ni. Pada kelompok B (jumlah daun sedang), kandungan Ni meningkat secara bertahap dari 3,10 mg/kg (B1) hingga 3,37 mg/kg (B3), yang mencerminkan peningkatan kapasitas akumulasi logam seiring bertambahnya luas area dan jumlah daun. Kelompok C (jumlah daun banyak) menunjukkan hasil tertinggi, dengan kandungan Ni mencapai 3,64 mg/kg pada perlakuan C3 (luasan 75%). Hal ini mengindikasikan bahwa semakin besar biomassa dan area penutupan tanaman di permukaan air, maka kemampuan akumulasi logam oleh kiambang juga semakin tinggi.

*Salvinia molesta* diketahui memiliki sistem akar yang rapat dan luas permukaan besar, yang mendukung proses adsorpsi dan absorpsi logam berat dari kolom air[12]. Dalam mekanisme ini, kontaminan yang masuk ke dalam akar akan terlarut di sekitar zona akar, dengan proses yang bergantung pada waktu karena adanya mekanisme biosorpsi dan bioakumulasi[13]. Peningkatan jumlah daun dan luasan tanaman berkontribusi pada luas permukaan fotosintetik serta aktivitas metabolisme yang lebih tinggi, yang dapat meningkatkan kemampuan tanaman dalam menyerap dan menyimpan logam berat seperti nikel (Ni)[14].

#### Faktor Biokonsentrasi (BCF)

Selanjutnya, pengukuran faktor biokonsentrasi (*Bioconcentration Factor/BCF*) dilakukan sebagai salah satu indikator penting untuk mengetahui sejauh mana kemampuan tanaman dalam menyerap, mengakumulasi, dan mentranslokasikan logam berat dari dalam tanah atau substrat ke jaringan tanaman, terutama bagian akar dan daun, sehingga dapat memberikan gambaran mengenai efektivitas tanaman tersebut dalam proses fitoremediasi[15]. Berikut merupakan hasil perhitungannya:

**Tabel 3.** Nilai Faktor Biokonsentrasi (BCF)

Reaktor	Kandungan Ni hari ke 15 mg/l	Kandungan Ni pada tumbuhan mg/g	BCF
A1	6,2	2,48	1,03
A2	2,69	2,61	1,06
A3	2,62	2,85	1,09
B1	2,52	3,10	1,28
B2	2,44	3,21	1,33
B3	2,43	3,37	1,43
C1	2,42	3,44	1,46
C2	2,39	3,57	1,53
C3	2,36	3,64	1,68

Sumber : Hasil analisis, 2025

*Bioconcentration Factor* (BCF) adalah rasio antara konsentrasi logam dalam jaringan tanaman (akar) terhadap konsentrasi logam di lingkungan (misalnya air). BCF mencerminkan efisiensi penyerapan logam dari lingkungan ke akar. Nilai BCF > 1 menunjukkan bahwa tanaman mampu mengakumulasi logam secara efektif dari lingkungan ke dalam jaringannya [16].

Berdasarkan hasil perhitungan yang ditampilkan dalam tabel, seluruh reaktor menunjukkan nilai BCF > 1, yang berarti *Salvinia molesta* dalam semua perlakuan mampu mengakumulasi logam nikel (Ni) dari lingkungan ke jaringan akarnya secara efektif. Nilai BCF tertinggi terdapat pada Reaktor C3 sebesar 1,68, diikuti oleh C2 (1,53), dan C1 (1,46), yang mengindikasikan bahwa peningkatan densitas tanaman memberikan efek positif terhadap kemampuan akumulasi logam di akar.

Pola kenaikan nilai BCF seiring peningkatan perlakuan juga memperkuat indikasi bahwa *Salvinia molesta* memiliki potensi sebagai tanaman fitoremediator yang kuat, khususnya pada fase awal penyerapan (akumulasi di akar). Dengan nilai BCF yang seluruhnya di atas 1, tanaman ini memenuhi kriteria sebagai akumulator logam berat, sesuai dengan literatur yang menyebutkan bahwa tanaman dengan BCF > 1 dianggap efektif dalam fitoremediasi berbasis akumulasi [17].

#### Faktor Translokasi (TF)

Selanjutnya, perhitungan faktor translokasi (*Translocation Factor*/TF) dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan tanaman dalam mentransfer atau memindahkan logam berat yang telah diserap dari akar menuju bagian atas tanaman, seperti batang dan daun. Perhitungan ini penting untuk mengetahui distribusi internal logam berat dalam tubuh tanaman, serta untuk menilai potensi tanaman dalam mekanisme fitoremediasi khususnya jenis fitostabilisasi atau fitoekstraksi. Berikut merupakan hasil perhitungannya:

**Tabel 4.** Perhitungan Faktor Translokasi

Reaktor	Daun mg/g	Akar mg/g	TF
A1	1,119	1,361	0,822
A2	1,189	1,421	0,837
A3	1,302	1,548	0,841
B1	1,424	1,676	0,850
B2	1,484	1,726	0,860
B3	1,591	1,780	0,894
C1	1,614	1,825	0,884
C2	1,685	1,885	0,894
C3	1,729	1,911	0,905

Sumber : Hasil analisis, 2025

*Translocation Factor* (TF) menggambarkan kemampuan tanaman dalam mentranslokasikan logam berat dari akar ke bagian atas tanaman (daun atau batang). Nilai TF dihitung sebagai rasio konsentrasi logam pada bagian atas terhadap konsentrasi logam di akar. Nilai TF > 1 menunjukkan bahwa tanaman cenderung mentranslokasikan logam ke bagian atas, sedangkan TF < 1 menunjukkan dominasi akumulasi di akar [16].

Dari tabel, nilai TF berkisar antara 0,822 hingga 0,905, yang berarti bahwa nikel (Ni) cenderung lebih banyak terakumulasi di akar daripada ditranslokasikan ke daun. Meskipun nilai TF mendekati 1, tanaman *Salvinia molesta* menunjukkan kemampuan transpor logam yang cukup tinggi, tetapi belum mencapai kategori hiperakumulator yang secara umum memiliki TF > 1. Hal tersebut sama dengan penelitian [18] bahwa dalam faktor translokasi Ni pada tumbuhan kiambang, hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai TF berkisar antara 0,11 hingga 0,96.

Pola TF juga menunjukkan kecenderungan meningkat dari A1 ke C3. Hal ini sesuai dengan peningkatan biomassa tanaman dan luasan penutupan permukaan air, yang dapat meningkatkan efisiensi metabolisme tanaman dan memfasilitasi distribusi logam ke seluruh jaringan. Nilai TF tertinggi terdapat pada perlakuan A1 (0,838), menunjukkan bahwa pada kondisi ini tanaman hampir mampu mentranslokasikan logam secara seimbang antara akar dan bagian atas. Berdasarkan penelitian dari Berdasarkan penelitian [19], *Salvinia molesta* menunjukkan kemampuan transpor logam yang cukup tinggi melalui sistem vaskularnya, meskipun efisiensi akumulasi masih lebih dominan di akar. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun bukan hiperakumulator, *Salvinia molesta* memiliki potensi sebagai tanaman fitoremediator yang efektif dalam menyerap dan mendistribusikan logam berat seperti nikel.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, *Salvinia molesta* memiliki kemampuan akumulasi logam berat nikel (Ni) yang tinggi, ditunjukkan oleh nilai *Bioconcentration Factor* (BCF) > 1. Namun, nilai *Translocation Factor* (TF) < 1 mengindikasikan bahwa tanaman ini lebih efisien menyimpan logam di bagian akar daripada mentranslokasikannya ke daun. Hal ini menunjukkan bahwa *Salvinia molesta* lebih efektif berperan sebagai fitostabilisator dalam proses fitoremediasi limbah cair industri yang mengandung nikel. Berdasarkan temuan ini, *Salvinia molesta* berpotensi dimanfaatkan sebagai agen fitoremediasi yang efektif dan aplikatif, terutama pada sistem pengolahan limbah cair yang memerlukan stabilisasi logam berat dalam akar. Penelitian lanjutan disarankan untuk mengeksplorasi kombinasi metode ini dengan pendekatan fisik atau kimia seperti adsorpsi, serta menguji efektivitasnya terhadap variasi konsentrasi dan parameter lingkungan lainnya.

#### 5. Referensi

- [1] D. Y. Pratiwi, "Dampak Pencemaran Logam Berat (Timbal, Tembaga, Merkuri, Kadmium, Krom) Terhadap Organisme Perairan Dan Kesehatan Manusia," 2020.
- [2] C. M. Raffa, F. Chiampo, and S. Shanthakumar, "Remediation of metal/metalloid-polluted soils: A short review," May 01, 2021, *MDPI AG*. doi: 10.3390/app11094134.
- [3] D. Widyastuti, D. Suprayitno, and S. Sulastri, "Potensi *Chamaedorea Elegans* Dalam Menurunkan Kadar Logam Berat Cd Leachate Dengan Metode Fitoremediasi," 2024.
- [4] Putri, Ratu Wulandari Permatasari, Poedji Loekitowati Hariani, and Zainal Arifin. "Biokonsentrasi Faktor (BCF) dan Faktor Translokasi (TF) Purun tikus (*Eleocharis dulcis*) dalam Fitoremediasi Air Asam Tambang." *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)* 5.1 (2023): 76-82.
- [5] P. Montong, G. Lenzun, and Mt. Lapian Fakultas Peternakan Universitas Sam Ratulangi Manado, "Fitoremediasi tanaman kiambang (*Salvinia molesta*) pada pengolahan limbah cair peternakan babi," 2024.
- [6] F. Rachmadiarti and G. Trimulyono, "The efficacy of *Salvinia molesta* Mitch. and *Marsilea crenata* Presl. as phytoremediators of lead pollution," 2018. [Online]. Available: [www.horticultureresearch.net](http://www.horticultureresearch.net)
- [7] N. Z. Zahari, M. Julius, F. N. Cleophas, F. A. F. Adnan, K. Budin, and R. Tair, "Phytoremediation Potential of *Salvinia Molesta* to Reduce Ni and Cd from Simulated Wastewater," in *Green Energy and Technology*, Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, 2023, pp. 3–17. doi: 10.1007/978-981-99-1695-5\_1.
- [8] R. Hayati and T. Anita Zahara, "Remediasi Tanah Tercemar Logam Timbal (Pb) Menggunakan Tanaman Bayam Cabut (*Amaranthus tricolor* L.)," 2019.
- [9] R. Wulandari Permatasari Putri *et al.*, "Biokonsentrasi Faktor (BCF) dan Faktor Translokasi (TF) Purun tikus (*Eleocharis dulcis*) dalam Fitoremediasi Air Asam Tambang Bioconcentration Factors (BCF) and Translocation Factors (TF) Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*) in Phytoremediation of Acid Mine Drainage," *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*, vol. 5, no. 1, 2023.
- [10] P. R. Fitriani, "Efektivitas *Salvinia Molesta* Sebagai Agen Fitoremediasi Besi (Fe) Pada Air Eks Galian Pasir, Kecamatan Pasir Sakti, Kabupaten Lampung Timur," 2023.
- [11] N. Z. Zahari, M. Julius, F. N. Cleophas, F. A. F. Adnan, K. Budin, and R. Tair, "Phytoremediation Potential of *Salvinia Molesta* to Reduce Ni and Cd from Simulated Wastewater," in *Green Energy and Technology*, Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, 2023, pp. 3–17. doi: 10.1007/978-981-99-1695-5\_1.
- [12] Rosyidah, Nabila Fitri, and Fida Rachmadiarti. "Salvinia molesta sebagai Agen Fitoremediasi Logam Berat Zink (Zn) di Perairan." *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi* 12.3 (2023): 430-438.
- [13] M. Paulina *et al.*, "Phytoremediation with Various Types of Plants : Review," *Journal of Global Forest and Environmental Science*, vol. 4, no. 1, 2024.
- [14] Santi, Ratna, and Deni Pratama. "Pengaruh Pemberian Timbal (Pb) Terhadap Pertumbuhan Dua Varietas Lada (*Piper nigrum* L)." *Enviagro: Jurnal Pertanian dan Lingkungan* 9.2 (2023): 23-33.
- [15] S. Q. Ilhami and J. A. Nurdini, "Analisis Faktor Biokonsentrasi Dan Faktor Translokasi Dari Logam Berat Cu Pada Mangrove *Rhizophora* sp.," *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan dan Perikanan*, vol. 5, no. 4, pp. 394–401, Nov. 2024, doi: 10.21107/juvenil.v5i4.28067.
- [16] R. Wulandari Permatasari Putri *et al.*, "Biokonsentrasi Faktor (BCF) dan Faktor Translokasi (TF) Purun tikus (*Eleocharis dulcis*) dalam Fitoremediasi Air Asam Tambang Bioconcentration Factors (BCF) and Translocation Factors (TF) Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*) in Phytoremediation of Acid Mine Drainage," *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*, vol. 5, no. 1, 2023.

- 
- [17] K. Yopi, P. Gde, and N. Putu, "Akumulasi Logam Berat Seng (Zn) pada Akar dan Daun Lamun *Enhalus acoroides* di Perairan Pantai Sanur, Bali," *Current Trends in Aquatic Science I*, vol. 1, pp. 47–58, 2018.
- [18] N. Z. Zahari, M. Julius, F. N. Cleophas, F. A. F. Adnan, K. Budin, and R. Tair, "Phytoremediation Potential of *Salvinia Molesta* to Reduce Ni and Cd from Simulated Wastewater," in *Green Energy and Technology*, Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, 2023, pp. 3–17. doi: 10.1007/978-981-99-1695-5\_1.
- [19] R. U. Sawaiker and B. F. Rodrigues, "Preliminary studies on trace metal accumulation by aquatic weed *Salvinia molesta* and its implication in Phytoremediation," *International Journal of Ecology and Environmental Sciences*, vol. 48, no. 4, Jul. 2022, doi: 10.55863/ijeec.2022.0509.