

Potensi Tanaman Sangitan (*Sambucus javanica*) sebagai Fitoremediator Tanah Tercemar Logam Berat Zn dari Air Limbah Industri Pelapisan Logam

Potential of Sangitan Plant (Sambucus javanica) as Phytoremediator of Soil Contaminated with Heavy Metal Zn Wastewater of Metal Coating Industry

Kania Salsabilah Nur Rifanda¹, Ahmad Erlan Afiuddin², Tanti Utami Dewi^{3*}

¹Departemen Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

^{2,3} Program Studi D4 Teknik Pengolahan Limbah, Politeknik Negeri Perkapalan Negeri Surabaya

Email: ¹ erlan.ahmad@ppns.ac.id, kantiasalsabila1501@gmail.com, tanti.dewi@ppns.ac.id

*Penulis korespondensi: tanti.dewi@ppns.ac.id

Direview : 4 Oktober 2023

Diterima : 25 Januari 2024

ABSTRAK

Fitoremediasi merupakan metode pengolahan biologis alternatif yang dapat digunakan untuk mereduksi kontaminan dalam tanah maupun air. Fitoremediasi memiliki keunggulan hasil buangan yang ramah lingkungan dan anggaran yang dikeluarkan lebih rendah dibandingkan proses fisik dan kimia. Di samping itu fitoremediasi memiliki kelemahan pada waktu penyerapan kontaminan yang lama dan tidak sedikit pula tumbuhan yang dijadikan sebagai agen fitoremediator mengalami kematian karena tidak mampu bertahan dengan tingginya konsentrasi logam berat yang terkandung dalam media tercemar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi *Sambucus javanica* (*S. javanica*) sebagai fitoremediator tanah tercemar logam berat Zn dari air limbah industri. Fitoremediasi berlangsung selama 10 hari dengan konsentrasi air limbah Zn buatan (*artificial*) yang dipaparkan sebesar 5 mg/L sebanyak 50 ml/hari pada tanaman uji. Media tanam yang digunakan adalah 100% tanah dalam pot (A_1) dan 50% tanah yang dihomogenisasi dengan 50% pupuk kandang (A_2). Pengujian dilakukan terhadap setiap bagian tanaman dan media tanam dengan waktu kontak pada hari ke 0, 5, dan 10 fitoremediasi. Tanaman yang digunakan sebagai fitoremediator dalam penelitian ini adalah Sangitan (*S. javanica*). Waktu kontak optimum pada penelitian ini terjadi pada hari ke 10 fitoremediasi, penambahan pupuk kandang 50% berpengaruh terhadap konsentrasi logam berat Zn. Akumulasi logam berat Zn pada daun lebih besar dibandingkan pada akar dengan rata-rata BCF daun 0,694 dan BCF akar 0,308, sedangkan nilai TF > 1 merepresentasikan bahwa Sangitan (*S. javanica*) mempunyai potensi sebagai fitoremediator dan mempunyai kemampuan yang sangat baik dalam mentranslokasikan logam berat Zn.

Kata kunci: factor biokonsentrasi (BCF), factor translokasi (TF), fitoremediasi, *S. javanica*, Zn

ABSTRACT

Phytoremediation is an alternative biological treatment that can be used to reduce soil or water pollutants. Phytoremediation has the advantage of environmentally friendly waste products and a lower budget compared to physical and chemical processes. In addition, phytoremediation has the weakness of long contaminant absorption times, and quite a few plants that are used as phytoremediation agents die because they are unable to survive the high concentrations of heavy metals contained in polluted media. This study aims to determine the ability of the *S. javanica* (*S. javanica*) plant as a phytoremediator for soil contaminated with the heavy metal Zn from industrial wastewater. Phytoremediation lasted for 10 days by contacting artificial Zn wastewater with a concentration of 5 mg/L and as much as 50 ml/day on the test plants. The planting medium used was 100% soil (A_1) and 50% homogenized soil with 50% manure (A_2). Tests were carried out on each part of the plant and growing medium with contact times of 0, 5, and 10 days of phytoremediation. The plant used as a phytoremediator is Sangitan (*S. javanica*). The optimum contact time in this study occurred on the 10th day of phytoremediation, and the addition of a 50% dose of organic matter in manure had an effect on the concentration of the heavy metal Zn. The accumulation of heavy metal Zn in plant leaves was greater than in roots, with an average BCF of 0.694 for leaves and 0.308 for roots. While the TF value > 1 represents that the Sangitan plant (*S. javanica*) has the potential to be a phytoremediator and has a high ability to translocate the heavy metal Zn.

Keywords: bioconcentration factor (BCF), phytoremediation, translocation factor (TF), *S. javanica*, Zn.

1. PENDAHULUAN

Pencemaran tanah dapat disebabkan oleh bahan pencemar udara yang terlarut dalam air hujan dan jatuh ke tanah, logam berat yang berasal dari limbah industri, limbah rumah sakit, pertambangan, zat radioaktif, limbah rumah tangga, dan residu pupuk atau pestisida dari kegiatan pertanian, limbah pembersih dan limbah cair lainnya. Ditinjau dari toksisitasnya terhadap organisme hidup, logam berat dapat diklasifikasikan dalam urutan berikut: $Hg > Cu > Zn > Ni > Pb > Cd > Cr > Sn > Fe > Mn > Al$ (Wang et al., 2003; Zwolak et al., 2019). Pencemaran tanah oleh logam berat menjadi perhatian yang cukup besar dalam dunia industri. Pencemaran logam berat tidak hanya menimbulkan dampak buruk pada berbagai parameter yang berkaitan dengan kualitas dan hasil tanaman tetapi juga menyebabkan perubahan ukuran, komposisi dan aktivitas populasi mikroba. Oleh karena itu, logam berat dianggap sebagai salah satu sumber utama pencemaran tanah. Seng yang masuk melalui pencernaan dan menumpuk di dalam tubuh secara bersamaan dapat mempengaruhi beberapa organ, seperti paru-paru, hati, ginjal, jantung, dan sistem saraf. Logam berat seng (Zn) yang beredar di alam dalam jumlah berlebih dapat menimbulkan dampak berbahaya baik bagi lingkungan maupun organisme, termasuk *metal fume fever syndrome* (Rahmayanti dkk., 2018).

Fitoekstraksi adalah salah satu mekanisme fitoremediasi yang efektif untuk akumulasi dan transfer logam berat dari akar hingga pucuk yang terkontaminasi tanah. Penyerapan kontaminan khususnya logam berat terjadi pada tanaman hiperakumulator dengan mekanisme yang berbeda berdasarkan jenis tanaman (Jan and Parray, 2016). Tiga strategi utama yang ada saat ini untuk melakukan fitoekstraksi zat anorganik dari tanah dengan menggunakan tanaman: (1) penggunaan akumulator hiper alami; (2) peningkatan serapan unsur spesies biomassa tinggi melalui penambahan bahan kimia pada tanah dan tanaman; dan (3) fitovolatilisasi unsur-unsur, yang sering kali melibatkan perubahan bentuk kimianya di dalam tumbuhan sebelum volatilisasi ke atmosfer (McGrath et al. 2002; Ekta and Modi, 2018). Proses fitoremediasi dapat berlangsung tidak lepas dari pengaruh beberapa faktor antara lain suhu, derajat keasaman (pH), waktu kontak, umur tumbuhan, jumlah tumbuhan, dan jenis tumbuhan.

Tumbuhan hiperakumulator adalah tumbuhan yang digunakan untuk menerapkan teknik fitoremediasi karena memiliki kemampuan mengakumulasi zat kontaminan dibagian akar, batang dan daun dengan konsentrasi sangat tinggi dari dalam tanah. Sifat akumulasi hiperakumulator dibandingkan dengan non-hiperakumulator dirangkum menjadi 4 kriteria hiperakumulator: kriteria ambang batas, faktor translokasi (rasio konsentrasi pucuk ke akar, $TF > 1$), faktor pengayaan (rasio konsentrasi pucuk terhadap tanah, $EF > 1$), dan kriteria toleransi (biomassa tidak berkurang). Tanaman yang bercirikan $TF > 1$ secara simultan, $EF > 1$, dan kriteria toleransi dianggap sebagai akumulator (Wei and Zhou 2008; van der Ent et al. 2013; Dou et al., 2019). Faktor biokonsentrasi adalah nilai yang dihitung untuk menyatakan kemampuan tanaman dalam menghilangkan senyawa logam dari tanah atau substrat, sering ditulis dengan singkatan BCF (*Bioconcentration Factor*), sedangkan pengertian *Translocation Factor* (TF) adalah nilai yang menunjukkan kemampuan senyawa. untuk ditransfer dari akar tanaman ke organ lain seperti batang dan daun (Mellem et al., 2012). Tanaman dapat digunakan sebagai fitostabilizer jika memiliki $BCF > 1$ dan $TF < 1$ dan fitoekstraktor jika tanaman memiliki $BCF < 1$ dan $TF > 1$. Menurut Baker (dalam Santana dkk., 2018) nilai TF memiliki kategori sebagai berikut:

- a. $TF > 1$: Mekanisme fitoakumulasi (fitoekstraksi) adalah proses penyerapan logam berat oleh akar tanaman kemudian di translokasikan ke batang dan daun.
- b. $TF < 1$ tergolong dalam mekanisme fitostabilisasi yaitu proses yang dilakukan oleh tanaman untuk mengubah bahan pencemar atau polutan dalam tanah menjadi senyawa yang non toksik tanpa terlebih dahulu menyerapnya ke dalam tubuh tanaman. Hasil konversi dari polutan tersebut tetap berada di dalam tanah tanaman, menstabilkan polutan dalam tanah, sehingga membuat logam berat tidak berbahaya.

Banyak jenis tumbuhan yang berpotensi sebagai hiperakumulator yang dapat disesuaikan dengan tingkat kontaminasi, namun tidak sedikit pula penelitian dengan tumbuhan hiperakumulator yang mengalami kematian karena tidak mampu bertahan dengan konsentrasi logam berat. Hal tersebut menjadi tantangan yang cukup besar dalam menentukan & seleksi terhadap tumbuhan hiperakumulator. *Thlaspi caerulescens*, *T. calaminare*, *Sambucus*, dan *Rumex* adalah tanaman hiperakumulator untuk kontaminan zink (Zn) dan Cd (Baker and Brooks, 1998; Ulfah and Dewi, 2015). Salah satu jenis tanaman hiperakumulator yang tergolong dalam genus *Sambucus* adalah *Sambucus javanica*, juga dikenal sebagai Sangitan. Budidaya tumbuhan *S. javanica* tergolong mudah, stek batang adalah metode yang paling umum diaplikasikan. Spesies ini banyak ditemukan, struktur tubuhnya yang kokoh dan berkayu mampu membuatnya lebih lama bertahan hidup namun masyarakat Indonesia jarang melihat potensinya bahkan seringkali menganggapnya sebagai gulma. Akibatnya,

pemanfaatannya masih belum optimal.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium menggunakan tumbuhan sejumlah 36 batang. Bahan organik yang ditambahkan pada tanaman berupa pupuk kandang sapi merk green lembang dengan komposisi 70% kotoran sapi yang dikomposkan secara alami tanpa zat kimia, 10% tanah lembang, dan 20% sekam bakar. Hasil uji yang telah dilakukan menunjukkan pupuk kandang sapi memiliki kandungan C organik 13,38%, N sebesar 0,98%, P 0,16%, K 0,28%, dan kadar air 38,46% yang mana kandungan tersebut telah memenuhi kriteria berdasarkan SNI 19-7030-2004. Sebanyak 18 batang tumbuhan akan diberi perlakuan penambahan pupuk kandang dengan dosis 0% dan 100% tanah, sedangkan untuk 18 batang tumbuhan selanjutnya akan diberikan pupuk kandang dan tanah dengan perbandingan 1:1 yaitu dosis pupuk kandang sebesar 50% dan 50% tanah, lalu tumbuhan diberi label penamaan. Tumbuhan diamati kondisi fisiologisnya mulai dari jumlah daun, tinggi, dan jumlah cabangnya hingga berumur 4 minggu.

Range Finding Test (RFT): Tahap *Range Finding Test* (RFT) dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui toleransi optimum tumbuhan *S. javanica* mampu bertahan hidup saat dikontakkan dengan air limbah terkontaminasi logam berat Zn. RFT *S. javanica* dilakukan dengan variasi pengenceran air limbah yang memiliki nilai interval serupa yaitu 0% (0 mg/L); 50% (2,5 mg/L); dan 100% (5 mg/L). Masing-masing persentase menggunakan 6 tumbuhan dan lama tahap RFT adalah 7 hari.

Fitoremediasi: Proses fitoremediasi dilakukan menggunakan tumbuhan berdasarkan hasil kondisi fisiologis terbaik selama tahap penanaman. Fitoremediasi dilakukan dengan menyiram atau memberikan air limbah sebanyak 50 ml/hari pada tumbuhan 44 setiap pagi pukul 08.00. Waktu kontak yang digunakan dalam tahap fitoremediasi adalah hari ke-0, 5, dan 10. Setiap waktu kontak akan menggunakan 2 tanaman hasil tahap RFT per konsentrasi contohnya yaitu 6 tanaman dengan persentase konsentrasi 0% dibagi pada waktu kontak hari ke-0, 5, dan 10 begitu pula untuk persentase konsentrasi 50% dan 100%. Pengukuran pH dan suhu media tanam menggunakan soil tester sedangkan untuk suhu ruang menggunakan thermometer ruangan, hal ini dilakukan setelah penyiraman.

Pemanenan tanaman uji: Tahapan pemanenan dilakukan berdasarkan variasi waktu kontak yang telah ditentukan sebelumnya. Waktu kontak 0 hari menjadi kontrol. Selanjutnya jika waktu kontak adalah 5 hari, maka proses pemanenan tumbuhan dilakukan setelah fitoremediasi berlangsung selama 5 hari. Hal yang sama juga berlaku untuk waktu kontak 10 hari. Tumbuhan yang telah memenuhi lama waktu kontak kemudian dipanen. Hal yang harus dilakukan selanjutnya yaitu memisahkan antara akar, batang, dan daun tumbuhan. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 48 menggunakan validasi duplo (dua kali pengulangan). Bagian tanaman yang telah dipisahkan dan sampel tanah yang menjadi media tanam setiap tumbuhan lalu ditimbang berat basahannya, kemudian dimasukkan ke dalam oven untuk dikeringkan dengan suhu 80°C selama 48 jam. Hasil sampel tumbuhan dan tanah yang menjadi adsorbat ditimbang berat keringnya kemudian dijadikan serbuk. Operasional kombinasi variabel penelitian terdapat pada Tabel 1.

Tabel -1. Operasional Kombinasi Variabel Penelitian

Dosis Pupuk Kandang (A) (%)	Waktu Kontak Fitoremediasi (B) (Hari)	Bagian Tanaman dan Tanah (C)	Kombinasi Variabel
0 (A ₁)	0 (B ₁)	Akar (C ₁)	A ₁ B ₁ C ₁ (R ₁)
		Batang (C ₂)	A ₁ B ₁ C ₂ (R ₂)
		Daun (C ₃)	A ₁ B ₁ C ₃ (R ₃)
		Tanah (C ₄)	A ₁ B ₁ C ₄ (R ₄)
	15 (B ₂)	Akar (C ₁)	A ₁ B ₂ C ₁ (R ₅)
		Batang (C ₂)	A ₁ B ₂ C ₂ (R ₆)
		Daun (C ₃)	A ₁ B ₂ C ₃ (R ₇)
		Tanah (C ₄)	A ₁ B ₂ C ₄ (R ₈)
	25 (B ₃)	Akar (C ₁)	A ₁ B ₃ C ₁ (R ₉)
		Batang (C ₂)	A ₁ B ₃ C ₂ (R ₁₀)
		Daun (C ₃)	A ₁ B ₃ C ₃ (R ₁₁)
		Tanah (C ₄)	A ₁ B ₃ C ₄ (R ₁₂)
50 (A ₂)	0 (B ₁)	Akar (C ₁)	A ₂ B ₁ C ₁ (R ₁₃)
		Batang (C ₂)	A ₂ B ₁ C ₂ (R ₁₄)

Dosis Pupuk Kandang (A) (%)	Waktu Kontak Fitoremediasi (B) (Hari)	Bagian Tanaman dan Tanah (C)	Kombinasi Variabel
	15 (B ₂)	Daun (C ₃)	A ₂ B ₁ C ₃ (R ₁₅)
		Tanah (C ₄)	A ₂ B ₁ C ₄ (R ₁₆)
		Akar (C ₁)	A ₂ B ₂ C ₁ (R ₁₇)
		Batang (C ₂)	A ₂ B ₂ C ₂ (R ₁₈)
	25 (B ₃)	Daun (C ₃)	A ₂ B ₂ C ₃ (R ₁₉)
		Tanah (C ₄)	A ₂ B ₂ C ₄ (R ₂₀)
		Akar (C ₁)	A ₂ B ₃ C ₁ (R ₂₁)
		Batang (C ₂)	A ₂ B ₃ C ₂ (R ₂₂)
		Daun (C ₃)	A ₂ B ₃ C ₃ (R ₂₃)
		Tanah (C ₄)	A ₂ B ₃ C ₄ (R ₂₄)

Pengujian sampel: Sampel setiap bagian tumbuhan dan tanah yang telah dikeringkan lalu dianalisa menggunakan metode sesuai dengan SNI 6989.7:2009 tentang Cara Uji Seng secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Sebanyak 1 gram sampel dilarutkan dengan 10 ml asam nitrat (HNO₃), kemudian dipanaskan selama 15 menit 45 dengan suhu 350°C, lalu sampel tersebut disaring dan ditambahkan aquades hingga mencapai 25 ml (Novitasari, 2017). Selanjutnya sampel diberi label penamaan dan siap untuk dianalisa. Tahap analisa sampel dilakukan di laboratorium Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (PPNS). Hasil uji konsentrasi logam berat Zn yang terkandung pada setiap sampel akan menjadi data yang kemudian akan diolah dan dianalisa.

Uji Statistika dan analisa data: Tahap pengolahan dan analisa data dilakukan ketika konsentrasi Zn yang diserap oleh tanah dan tumbuhan *S. javanica* pada bagian akar, batang, serta daun telah diketahui. Beberapa tahapan yang dilakukan diantaranya adalah melakukan analisa data akumulasi logam Zn menggunakan *Two Ways Analysis of Variance* (ANOVA) karena terdapat lebih dari dua variabel bebas dalam proses terhadap penyerapan logam berat Zn. Uji statistika dilakukan dengan bantuan software SPSS (*Statistical Package for the Social Science*). Adapun asumsi yang digunakan untuk ANOVA dua arah diantaranya yaitu populasi yang diuji berdistribusi normal (uji normalitas), varians dari populasi yang diuji sama (uji homogenitas), dan sampel independen satu dengan yang lain. Data dalam uji normalitas dan homogenitas dapat dituliskan dalam pernyataan sebagai berikut :

- Data berdistribusi normal : nilai signifikansi > 0,05
- Data berdistribusi tidak normal : nilai signifikansi < 0,05
- Data berasal dari varians sama (homogen) : nilai signifikansi ≥ 0,05
- Data berasal dari varians berbeda (tidak homogen) : nilai signifikansi < 0,05

Pengujian pengaruh variasi jenis perlakuan terhadap konsentrasi logam Zn dilakukan setelah terpenuhinya data terdistribusi normal dan homogen, dengan nilai signifikansi < 0,05 menyatakan bahwa variabel berpengaruh, sebaliknya apabila > 0,05 maka tidak berpengaruh secara statistik. Kemudian menghitung nilai *Bioconcentration Factors* (BCF), dan *Translocation Factors* (TF). Rumus perhitungan BCF oleh Nafie dkk., (2019) sebagai berikut :

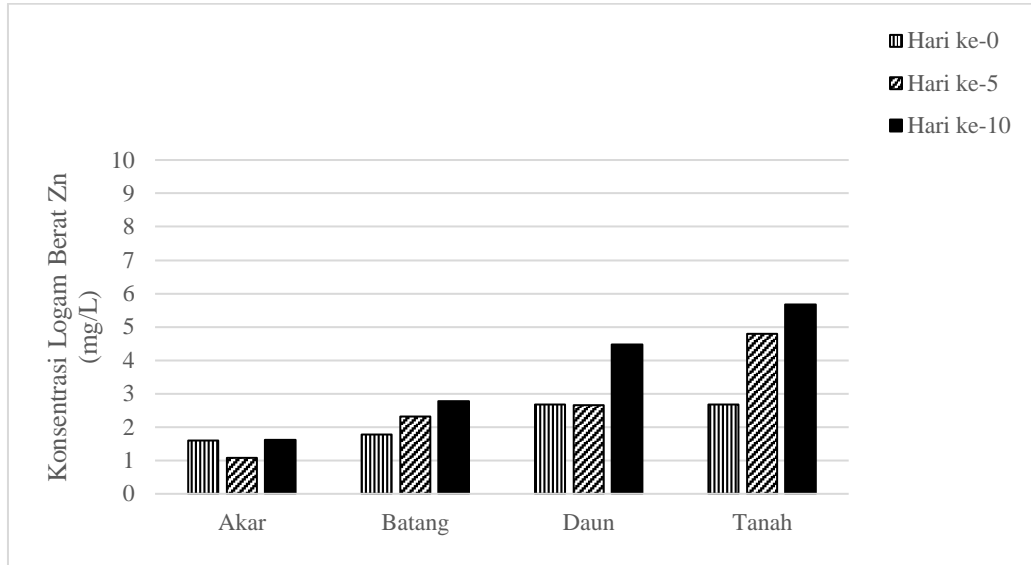
$$BCF = \frac{\text{logam berat pada tanaman}}{\text{logam berat pada tanah}} \dots\dots\dots(1)$$

$$TF = \frac{BCF \text{ daun}}{BCF \text{ akar}} \dots\dots\dots(2)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

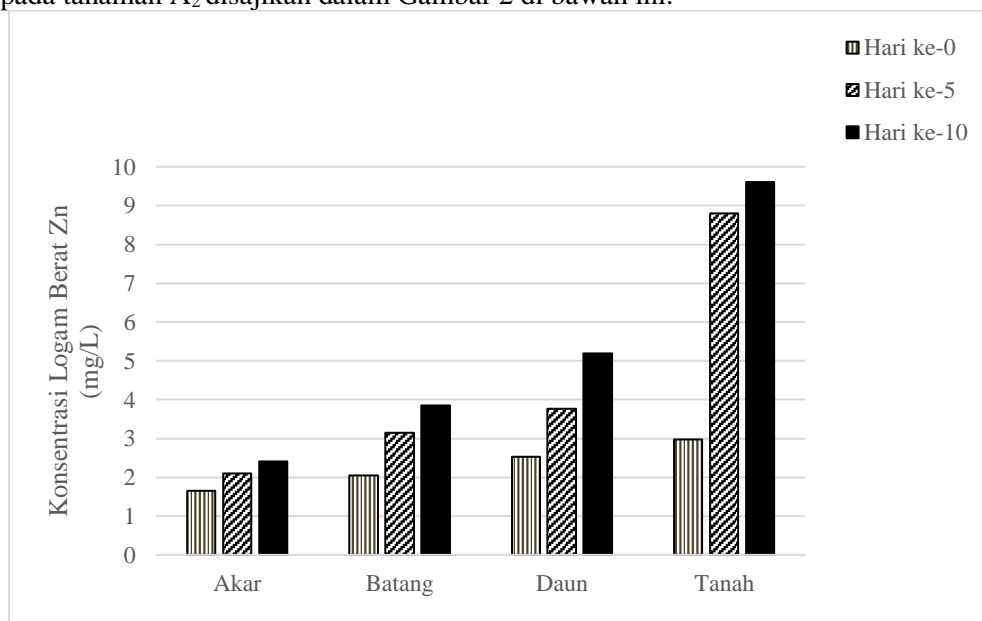
3.1 Penyerapan Logam Berat Zn pada Bagian Tanaman

Tanaman *S. javanica* mampu menyerap dan mendistribusi logam berat Zn di seluruh organnya. Berdasarkan hasil RFT, tanaman uji mampu bertahan hidup hingga konsentrasi tertinggi yaitu 5 mg/L sehingga dapat dilanjutkan pada tahap fitoremediasi sesuai dengan waktu kontakannya. Tanaman yang diuji dengan waktu kontak fitoremediasi di hari ke-0 adalah tanaman hasil RFT hari ke-7. Hasil penyerapan dan translokasi logam Zn disajikan dalam Gambar 1.



Gambar-1. Konsentrasi Logam Berat Zn pada Tanaman A₁

Gambar di atas menunjukkan bahwa pola penyerapan konsentrasi logam berat Zn setiap bagian tanaman dan tanah mengalami peningkatan pada waktu kontak hari ke-0, 5, dan 10. Penyerapan logam berat terendah berada di hari ke-0 dan tertinggi di hari ke-10. Hal yang berbeda justru terlihat pada kondisi daun tanaman di hari ke-5 fitoremediasi yang mengalami sedikit penurunan. Hal ini dikarenakan kondisi fisiologis tanaman yaitu batang tanaman uji yang berukuran sedikit lebih ramping membuat daun yang dihasilkan berjumlah lebih sedikit sehingga mempengaruhi nilai konsentrasi logam berat Zn. Selanjutnya untuk hasil uji konsentrasi logam berat Zn pada tanaman A₂ disajikan dalam Gambar 2 di bawah ini.



Gambar-2. Konsentrasi Logam Berat Zn pada Tanaman A₂

Berdasarkan Gambar 2 terlihat bahwa konsentrasi logam berat Zn terendah untuk seluruh bagian tanaman dan tanah berada pada waktu kontak hari ke-0, sedangkan akumulasi tertinggi adalah pada hari ke-10. Jika ditinjau dari Gambar 1 dan 2 konsentrasi terkandung dalam tanaman perlakuan A₂ > A₁. Tanaman A₁ pada hari ke-0, 5, dan 10 secara berturut-turut mampu menyerap sebesar 8,735 mg/kg; 10,866 mg/kg; dan 14,543 mg/kg. Tanaman A₂ secara berturut-turut di hari ke-0, 5, dan 10 adalah 9,182 mg/kg; 17,821 mg/kg; 21,048 mg/kg. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya yaitu kadar awal Zn yang terdapat pada media tanam A₂ > A₁ dan kandungan bahan organik pupuk kandang yang dapat mempengaruhi kesuburan tanaman sehingga mampu menyerap lebih banyak logam berat Zn. Penelitian terdahulu oleh Pavel V. Maslennikov (2021) menunjukkan bahwa penyerapan Zn selama 5 bulan (Agustus-Oktober) oleh *Sambucus nigra* untuk wilayah

rekreasi sebesar 30,2 mg/kg-1; wilayah pemukiman sebesar 34,2 mg/kg-1; dan wilayah industri sebesar 32,4 mg/kg-1. Hal ini menunjukkan bahwa penyerapan Zn oleh *S. javanica* cukup optimum selama 10 hari dibandingkan dengan *S.nigra* yang membutuhkan waktu hingga 5 bulan.

Umumnya logam berat Zn banyak terakumulasi pada bagian akar tanaman, namun apabila ditinjau dari hasil penelitian kandungan logam berat Zn lebih banyak terdapat pada bagian daun tanaman. Hal ini dapat disebabkan oleh kondisi bibit yang digunakan adalah berbentuk stek batang, bukan berasal dari biji. Hal ini tentu mempengaruhi perbedaan penyerapan dan translokasi logam berat Zn pada tanaman karena pertumbuhannya dimulai dari daun terlebih dahulu, sehingga akar yang seharusnya menjadi pintu masuk atau jalur utama dari penyerapan, justru terdistribusi terlebih dahulu ke bagian batang dan daun tanaman.

Nilai konsentrasi logam berat yang terkandung dalam daun lebih besar daripada batang dapat disebabkan karena jenis batang Sangitan (*S. javanica*) adalah batang berkayu. Hal inilah yang menyebabkan transpor nutrisi dari tanah lebih cepat terserap dan banyak terakumulasi pada daun jika dibandingkan dengan batang. Seperti halnya penelitian yang dilakukan oleh Suprihatin dkk., (2014) pada tumbuhan mangrove yang juga memiliki batang berkayu kuat seperti Sangitan. Akumulasi logam berat Zn tertinggi terdapat pada daun dengan konsentrasi 38,72 mg/kg; akar sebesar 19,4 mg/kg; dan terendah pada batang yaitu 4,14 mg/kg.

Selain itu dalam penelitian ini, daun dan tangkai diuji menjadi satu kesatuan sehingga menyebabkan tingginya tingkat akumulasi pada daun tanaman. Penelitian yang dilakukan oleh Hayati dalam Anugroho (2020) unsur Mn, Zn, Cd, B, dan Se tergolong unsur yang cepat berpindah ke tajuk tanaman; Ni, Co dan Cu tergolong intermediate; Cr, Pb dan Hg tergolong logam yang paling lambat bergerak ke tajuk. Kemudian menurut Nursagita dan Sulistyning (2021) terdapat pengaruh dari mekanisme fitovolatilisasi yang merupakan proses penyerapan polutan oleh tanaman dan polutan tersebut diubah menjadi bersifat mudah menguap (*volatile*) kemudian ditranspirasikan oleh tanaman. Polutan yang dilepaskan ke udara oleh tanaman dapat berbentuk serupa dengan senyawa awal polutan, namun memungkinkan juga untuk menjadi senyawa yang berbeda dari senyawa awal.

3.2 Uji Statistika

Analisa uji statistika yang dilakukan dalam penelitian ini diperlukan untuk mengetahui pengaruh variasi dosis penanaman pupuk kandang, waktu kontak, dan bagian tanaman terhadap *removal* logam berat Zn. Metode pengujian statistik yang digunakan adalah *Two-Way* ANOVA dengan tingkat signifikansi 0,05 (5%). Hasil uji normalitas disajikan dalam Tabel 2.

Tabel -2. Hasil Uji Normalitas

Variabel Terikat	Variabel Bebas	Sig	Kesimpulan		
Konsentrasi Logam Berat Zn	Dosis Pupuk Kandang	0%	0,300	Normal	
		50%	0,303	Normal	
	Waktu Kontak		0 Hari	0,451	Normal
			5 Hari	0,088	Normal
			10 Hari	0,256	Normal
	Bagian Tanaman & Tanah		Akar	0,531	Normal
			Batang	0,583	Normal
			Daun	0,219	Normal
			Tanah	0,382	Normal

Hasil pengujian normalitas berdasarkan Tabel 2 menunjukkan nilai sig > 0,05 yang berarti bahwa data terdistribusi secara normal. Selanjutnya uji homogenitas disajikan dalam Tabel 3 di bawah ini.

Tabel -3. Hasil Uji Homogenitas

Variabel Terikat	Variabel Bebas	Sig.	Kesimpulan
Konsentrasi Logam Berat Zn	Dosis Pupuk Kandang	0,130	Homogen
	Waktu Kontak	0,116	Homogen
	Bagian Tanaman & Tanah	0,101	Homogen

Hasil uji homogenitas yang telah dilakukan menunjukkan bahwa nilai sig juga $> 0,05$. Hal tersebut merepresentasikan data terdistribusi secara homogen. Pernyataan ini menjadikan data memenuhi syarat dan dapat dilakukan pengujian selanjutnya yaitu pengaruh variabel. Hasil uji ANOVA pengaruh beberapa variasi terhadap konsentrasi logam berat Zn disajikan dalam Tabel 4.

Tabel -4. Hasil Uji Pengaruh Variasi Jenis Perlakuan terhadap Konsentrasi Logam Berat Zn

Variabel	Sig.	Kesimpulan
Dosis Pupuk Kandang	0,005	Berpengaruh
Waktu Kontak	0,008	Berpengaruh
Bagian Tanaman & Tanah	0,002	Berpengaruh
Dosis Pupuk Kandang*Waktu Kontak*Bagian Tumbuhan	0,000	Berpengaruh

Analisa *Two Way* ANOVA digunakan untuk mengetahui pengaruh secara statistika melalui signifikansi (sig.), dengan nilai signifikansi $< 0,05$ maka dapat ditarik kesimpulan bahwa seluruh variabel yang digunakan pada penelitian berpengaruh. Tabel 2 didapatkan nilai *sig* $< 0,05$ hal ini menandakan bahwa adanya pengaruh antara variasi dosis pupuk kandang, waktu kontak, dan bagian tumbuhan terhadap konsentrasi logam berat.

3.3 Translokasi Logam Berat dan Potensi Fitoremediasi oleh Tanaman Sangitan (*S. javanica*)

Potensi tanaman sangitan (*S. javanica*) sebagai tanaman fitoremediator atau hiperakumulator dapat ditunjukkan melalui beberapa faktor yaitu *Bioconcentration Factor* (BCF) dan *Translocation Factor* (TF). BCF dan TF dihitung dengan tujuan mengetahui kemampuan tanaman dalam mengakumulasi logam. BCF untuk mengetahui bagaimana akumulasi logam berat dari tanah ke tanaman dan TF untuk translokasi logam berat dari akar ke daun (Dulanlebit dkk., 2021). Hasil dari perhitungan nilai BCF dan TF tanaman sangitan disajikan dalam Tabel 5.

Tabel -5. Nilai BCF dan TF

No.	Dosis Pupuk Kandang (%)	Waktu Kontak Fitoremediasi (Hari)	BCF dari Tanah ke Daun	BCF dari Tanah ke Akar	TF
1.	0 (A ₁)	0 (B ₁)	1,005	0,602	1,670
2.		5 (B ₂)	0,554	0,225	2,461
3.		10 (B ₃)	0,787	0,284	2,769
4.	50 (A ₂)	0 (B ₁)	0,852	0,554	1,538
5.		5 (B ₂)	0,428	0,238	1,800
6.		10 (B ₃)	0,539	0,208	2,160

Apabila ditinjau berdasarkan Tabel 5 maka dapat diketahui nilai BCF fluktuatif seiring bertambahnya waktu kontak. Terlihat dari waktu kontak hari ke-0 menuju hari ke-5 mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan tanaman dalam mengakumulasi logam berat Zn semakin berkurang, namun pada waktu kontak hari ke-5 menuju hari ke-10 justru terlihat terdapat peningkatan nilai BCF dikarenakan konsentrasi yang diserap dan diakumulasi oleh tanaman pada waktu kontak tersebut lebih tinggi sehingga membuat rentang lebih besar daripada hari ke-0 menuju hari ke-5 fitoremediasi.

Hal ini didukung dengan penelitian serupa oleh Puspita dkk., (2013) pada tanaman mangrove bahwa nilai BCF dengan perlakuan kontrol sebesar 13, kemudian dengan konsentrasi 20 ppm memiliki nilai BCF 1 (mengalami penurunan), kemudian terjadi peningkatan nilai BCF yaitu 2 pada konsentrasi 100 ppm, dan

mengalami penurunan kembali pada konsentrasi 500 ppm dengan nilai BCF sebesar 0,4. Nilai TF > 1 menyatakan bahwa tanaman Sangitan (*S. javanica*) dapat digunakan sebagai fitoremediator karena termasuk hiperakumulator dengan mekanisme fitoakumulasi (fitoekstraksi) dan kemampuannya yang tinggi dalam mentranslokasikan logam berat Zn.

4. KESIMPULAN

Waktu kontak optimum penelitian adalah hari ke-10 fitoremediasi dan penambahan dosis bahan organik pupuk kandang sebesar 50% menunjukkan pengaruh terhadap konsentrasi logam berat Zn. Akumulasi logam berat Zn pada tanaman lebih besar di bagian daun daripada akar. Hal ini dapat dilihat dari rata-rata BCF daun yaitu 0,694 sedangkan BCF akar sebesar 0,308. Sementara nilai TF > 1 menunjukkan bahwa tanaman Sangitan (*S. javanica*) dapat digunakan sebagai fitoremediator dan dapat mentranslokasikan logam berat Zn dengan baik.

SARAN

Penelitian berikutnya sebaiknya menggunakan penanaman dimulai dari bibit/benih terlebih dahulu agar pengakaran tanaman lebih kuat. Kemudian pengujian hendaknya dilakukan setiap hari sesuai waktu kontak fitoremediasi agar lebih mengetahui secara spesifik kemampuan tanaman dalam mereduksi kandungan logam berat. Selain itu pemberian polutan Zn hanya dilakukan satu kali untuk mengetahui efektivitas tanaman dalam *removal* Zn, dan penting dilakukan penelitian dengan variabel tanaman dari jenis monokotil untuk bisa dibandingkan dengan *S. javanica* (dikotil) dalam optimasi penyerapan polutan Zn.

DAFTAR PUSTAKA

- Anugroho, Fajri., Evi Kurniawati., Benedictus Alvin Pohan Effendi. (2020). Potensi Fitoremediasi Tanah Tercemar Timbal (Pb) Dengan Penambahan EDTA Menggunakan Rumput Raja (*Pennisetum purpuroides*). Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan.
- Dulanlebit, Yeanchon H., Samuel Unwakoly., Ritti P. Sangadji. (2021). Studi Potensi *Pteris vitata*, *Amaranthus spinosus*, *Ipomoea reptans* sebagai Fitoremediator Tanah Tercemar Merkuri (Hg). MjoCE, Vol.11, No. 1, pp : 32-38.
- Dou, Xuekai., Huiping Dai., Lidia Skuza., Shuhe Wei. (2019). *Bidens pilosa L.* hyperaccumulating Cd with different species in soil and the role of EDTA on the hyperaccumulation. Environmental Science and Pollution Research.
- Ekta, Patel., and Dr. Nainesh R Modi. (2018). A review of phytoremediation. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 7(4), pp. 1485-1489.
- El-Naggar, Ali., Scott X. Chang., Yanjiang Cai., Young Han Lee., Jianxu Wang., Shan-Li Wang., Changkook Ryu., Jorg Rinklebe., Yong Sik Ok. (2021). Mechanistic insights into the (im)mobilization of arsenic, cadmium, lead, and zinc in a multi-contaminated soil treated with different biochars. Environment International, 156, 106638.
- Jan, Sumira and Javid Ahmad Parray. (2016). Approaches to Heavy Metal Tolerance in Plants. Singapore : Springer Science + Business Media Singapore.
- Jiwan, Singh., and Kalamdhad Ajay S. (2011). Effects of Heavy Metals on Soil, Plants, Human Health and Aquatic Life. International Journal of Research in Chemistry and Environment Vol. 1 Issue 2 Oct. 2011(15-21).
- Maslennikov, Pavel V. (2021) Geloecological Features of Zinc Accumulation in the Soil Plants System of Urban Acosystems. Journal of Sustainability Science and Management Vol.16, No.4 : 12-36.
- Mellem, John J., Himansu Baijnath., and Bharti Odhav. (2012). Bioaccumulation of Cr, Hg, As, Pb, Cu and Ni with the ability for hyperaccumulation by *Amaranthus dubius*. African Journal of Agricultural Research, 7(4), pp. 591-596.
- Nafie, Nursiah La., Syarifuddin Liang., Rizda Arifin. (2019). Fitoakumulasi Logam Ni dan Zn dalam Tumbuhan Nipah (*Nypa fruticans*) di Sungai Tallo Makassar. Indo.J.Chem, Vol.7, No.1, pp : 92-100.
- Novitasari, Benedikta Putri. (2017). Pengaruh Konsentrasi Logam Seng (Zn) dalam Tanah Tercemar terhadap Penyerapan oleh Bunga Matahari (*Helianthus annuus L*) pada Fase Vegetatif. Skripsi. Universitas Brawijaya.
- Nursagita, Yulyana Suci., Harmin Sulistyoning. (2021). Kajian Fitoremediasi untuk Menurunkan Konsentrasi

- Logam Berat di Wilayah Pesisir Menggunakan Tumbuhan Mangrov (Studi Kasus: Pencemaran Merkuri di Teluk Jakarta). *Jurnal Teknik ITS* Vol. 10, No. 1, (2021) ISSN: 2337-3539 (2301-9271 Print).
- Puspita, Aulia Dewi., Adi Santoso., dan Bambang Yulianto. (2013). Studi Akumulasi Logam Timbal (Pb) dan Efeknya terhadap Kandungan Klorofil Daun Mangrove *Rhizophora mucronata*. *Journal of Marine Research*, Vol. 3, No. 1, pp: 44-53.
- Rahmayanti, Diajeng Prima., Qorry Nugrahayu., dan Sophia Rahmawati. (2018). Analisis Risiko Logam Berat Seng (Zn) dalam Total Suspended Particulate (TSP) terhadap Kesehatan Manusia di Terminal Bus Giwangan dan Jombor, D.I.Yogyakarta. Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia.
- Rondonuwu, Sindy B. (2014). Fitoremediasi Limbah Merkuri Menggunakan Tanaman dan Sistem Reaktor. *Jurnal Ilmiah Sains*, Vol.14, No. 1.
- Santana, I Komang Yopi Trio., Pande Gde Sasmita Julyantoroa., Ni Putu Putri Wijayantia. (2018). Akumulasi Logam Berat Seng (Zn) pada Akar dan Daun Lamun *Enhalus acoroides* di Perairan Pantai Sanur, Bali. *Current Trends in Aquatic Science I*(1), 47-56.
- Suprihatin, Iryanti Eka., Manuntun Manurung., dan Devi Mayangsari. (2014). Logam Kromium (Cr) dan Seng (Zn) dalam Akar, Batang, dan Daun Tumbuhan Mangrove *Rhizophora apiculata* di Muara Sungai Badung. *Jurnal Kimia*, Vol. 8, No. 2, pp : 178-182.
- Ulfah, Maria dan Endah Rita Sulistya Dewi. (2015). Evaluasi Fitoremediasi Pencemaran Logam Berat di Tanah TPA. Seminar Nasional Hasil Penelitian (SNHP-V). Semarang.
- Widyasari, Ni Luh. (2021). Kajian Tanaman Hiperakumulator pada Teknik Remediasi Lahan Tercemar Logam Berat. *Jurnal Ecocentrism*, Vol. 1, No.1.
- Zwolak, Aneta., Magdalena Sarzyńska., Ewa Szpyrka., Kinga Stawarczyk. (2019). Sources of Soil Pollution by Heavy Metals and Their Accumulation in Vegetables: a Review. *Water Air Soil Pollut* (2019) 230: 164.