

DOI <http://dx.doi.org/10.36722/sst.v7i2.1118>

Respon Tanaman Daun Tombak (*Sagittaria lancifolia*) Dalam Cekaman Logam Berat Tembaga (Cu)

Alfin Fatwa Mei Afifudin¹, Eva Agustina^{1*}, Nirmala Fitria Firdhausi¹, Rony Irawanto²

¹ Program studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya, Jl. Ahmad Yani No. 117, Surabaya 60237.

² Pusat Penelitian Konservasi Tumbuhan dan Kebun Raya, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), Jalan. Raya Surabaya- Malang, Km. 65, Purwodadi, Pasuruan, Jawa Timur 57751.

Penulis untuk Korespondensi/E-mail: eva_agustina@uinsby.ac.id

Abstract – One type of heavy metal that pollutes waters is heavy metal copper (Cu). Cu metal is basically an essential metal for living things, but with high levels of Cu metal, it can interfere with the body's metabolic processes. Therefore, there needs to be a solution to overcome Cu metal pollution in the waters. One of them is phytoremediation, or the use of plants to absorb pollutants. Spear leaf plant (*Sagittaria lancifolia*) is proven to be able to absorb heavy metal copper (Cu). However, the growth response is not yet known in more detail. Therefore, this study aimed to determine the growth response of pike leaf (*Sagittaria lancifolia*) under stress of heavy metal copper (Cu). This research is an experimental study with a completely randomized design (CRD). The experiment was conducted with 8 treatments (4 treatments with 2 tests) and 3 replications. The 4 treatments were distinguished based on differences in the concentration of Cu metal used, namely 0 mg/L, 1mg/L, 2mg/L, and 3 mg/L. The results showed that exposure to heavy metal copper (Cu) in each concentration variation and detention time variation did not have a significant effect on the growth and morphological conditions of spear leaf (*Sagittaria lancifolia*) plant, so this plant deserves to be used as an option in recovery efforts of water environment contaminated with heavy metal copper (Cu).

Abstrak - Salah satu jenis logam berat yang banyak mencemari perairan ialah logam berat tembaga (Cu). Logam Cu dasarnya merupakan logam esensial bagi makhluk hidup, namun dengan kadar yang tinggi logam Cu dapat mengganggu proses metabolisme tubuh. Oleh karena itu, perlu ada solusi untuk mengatasi pencemaran logam Cu di perairan. Salah satunya ialah dengan fitoremediasi, atau pemanfaatan tumbuhan untuk menyerap polutan. Tanaman daun tombak (*Sagittaria lancifolia*) terbukti mampu menyerap logam berat tembaga (Cu). Namun belum diketahui respon pertumbuhannya secara lebih detail. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui respon pertumbuhan tanaman daun tombak (*Sagittaria lancifolia*) dalam cekaman logam berat tembaga (Cu). Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Percobaan dilakukan dengan 8 perlakuan (4 perlakuan dengan 2 kali pengujian) dan 3 ulangan. Adapun 4 perlakuan dibedakan berdasarkan perbedaan konsentrasi logam Cu yang digunakan, yakni 0 mg/L, 1mg/L, 2mg/L, dan 3 mg/L. Hasil penelitian menunjukkan paparan logam berat tembaga (Cu) pada masing-masing variasi konsentrasi dan variasi waktu detensi tidak memiliki pengaruh yang berarti terhadap pertumbuhan dan kondisi morfologi tanaman daun tombak (*Sagittaria lancifolia*), sehingga tanaman ini layak dijadikan sebagai salah satu opsi dalam upaya pemulihan lingkungan perairan yang tercemar logam berat tembaga (Cu).

Keywords – Response, Lanceleaf arrowhead, *Sagittaria lancifolia*, Heavy metals, Copper (Cu)

PENDAHULUAN

Kawasan perairan merupakan salah satu kawasan yang rentan terjadi pencemaran [1]. Salah satunya pencemaran yang kerap terjadi ialah pencemaran oleh logam berat. Jenis-jenis logam berat yang banyak dijumpai di perairan diantaranya tembaga (Cu), timbal (Pb), cadmium (Cd), seng (Zn), kromium (Cr), merkuri (Hg), dan nikel (Ni) [2]. Diantara sekian jenis logam berat, logam berat tembaga (Cu) merupakan logam dominan yang mencemari perairan [3]. Selain di perairan darat, logam Cu juga telah dilaporkan mencemari perairan laut [4], [5]. Salah satu penyebab pencemaran Cu ialah adanya industri elektroplating atau pelapisan logam [6]. Jika logam Cu terakumulasi dalam kadar yang tinggi dan waktu yang lama akan menyebabkan terganggunya proses metabolisme tubuh [7]. Oleh karena itu perlu adanya upaya dalam mengatasi pencemaran logam berat tembaga (Cu) terutama di kawasan perairan, karena hampir semua makhluk hidup membutuhkan air dalam kehidupannya [8].

Salah satu upaya dengan menggunakan tumbuhan sebagai agen penyerap polutan, atau biasa disebut teknik fitoremediasi. Kelebihan dari teknik fitoremediasi ialah biayanya murah, resiko kontaminasi rendah, tidak menghasilkan limbah berbahaya, dan *treatment* yang mudah [9]. Banyak tanaman yang telah diteliti kemampuannya dalam upaya fitoremediasi logam berat tembaga (Cu), diantaranya ialah jenis tanama akuatik seperti *Juncus effusus*, *Acorus calamus*, *Eichhornia crassipes*, *Sagittaria sagittifolia*, *Arundina graminifolia*, *Echinodorus major*, *Nymphaea tetragoma*, dan *Pistia stratiotes* [10]. Penggunaan tanaman akuatik dalam fitoremediasi didasarkan oleh prinsip bahwa semua jenis tanaman mampu menyerap polutan dalam tubuhnya, namun setiap tanaman memiliki kemampuan dan tingkat toleransi yang berbeda-beda [11]

Pada penelitian fitoremediasi yang telah dilakukan sebelumnya, beberapa tanaman menunjukkan respon yang tidak baik. Contohnya pada tanaman *Pistia stratiotes* yang mengalami klorosis, yakni kondisi di mana warna daun pada tanaman berubah menjadi kuning bahkan putih yang disebabkan gagalnya pembentukan klorofil sehingga pertumbuhan tanaman menjadi lambat. [12] Juga melaporkan terjadi gejala nekrosis atau kerusakan dan kematian sel, yakni tanaman mengalami perubahan warna pada daun sehingga berubah menjadi coklat, kering, dan berbintik sehingga menyebabkan rontoknya daun dan terjadi kematian

pada tanaman [13]. Tidak hanya itu, pada penelitian yang dilakukan oleh [14], dengan menggunakan tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) juga menunjukkan reaksi klorosis dan nekrosis di akhir pengamatannya.

Lebih lanjut, pengamatan oleh [15] dengan menggunakan rumput dalam meremediasi tanah yang tercemar minyak bumi juga menunjukkan respon tanaman klorosis, daun mengkerut, dan pada akar tanaman mengalami reduksi. Berdasarkan beberapa kondisi kelainan fisiologis yang telah dipaparkan, dirasa perlu adanya kajian fisiologi berupa respon yang diberikan oleh tanaman setelah terpapar logam berat, karena pada dasarnya kemampuan tanaman dalam mengakumulasi dan menyerap kontaminan bergantung pada jenis dan karakteristik dari masing-masing tanaman [11]. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui respon pertumbuhan tanaman daun tombak (*Sagittaria lancifolia*) dalam menghadapi cekaman logam berat tembaga (Cu). Hal ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan tanaman daun tombak apakah memiliki kemampuan lebih dalam menghadapi cekaman polutan logam Cu.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Percobaan dilakukan dengan 8 perlakuan (4 perlakuan dengan 2 kali pengujian) dan 3 ulangan. Adapun 4 perlakuan dibedakan berdasarkan perbedaan konsentrasi logam Cu yang digunakan, yakni 0 mg/L, 1mg/L, 2mg/L, dan 3 mg/L. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya reaktor berupa bak plastik ukuran 5 liter, gelas ukur, botol kaca, corong, pipet ukur, bulb, timbangan analitik, penggaris, gunting, oven, dan instrument AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*). Sedangkan bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya air, larutan CuSO₄, aquades, kertas saring, tumbuhan akuatik daun tombak (*Sagittaria lancifolia*), larutan standart Cu, HClO₄, dan HNO₃ pekat.

Beberapa parameter yang diamati dalam penelitian ini ialah: (a) jumlah daun, (b) biomassa tanaman, dan (c) perubahan morfologi tanaman
Tahapan penelitian dalam penelitian ini yakni:

Aklimatisasi

Tanaman daun tombak dengan ukuran ± 45 cm diambil dari koleksi dalam keadaan segar.

Kemudian tanaman dibiarkan selama 1 bulan didalam rumah kaca. Aklimatisasi bertujuan agar tanaman beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang baru, sehingga akan memperkecil adanya bias dalam penelitian.

Pembuatan larutan kerja

Pembuatan larutan kerja didasarkan variasi konsentrasi Cu yang digunakan, yakni 0 mg/L, 1mg/L, 2mg/L, dan 3 mg/L. Larutan induk yang dipakai ialah CuSO₄ dengan konsentrasi 1000 mg/L, diencerkan dengan rumus:

$$M1 \times V1 = M2 \times V2 \quad (1)$$

Keterangan:

M1: Konsentrasi larutan awal

M2: Konsentrasi larutan yang diinginkan

V1: Volume air awal

V2: Volume air setelah pengenceran

Pengamatan

Setelah dilakukan aklimatisasi selama 1 bulan, masing-masing sampel bibit tanaman dimasukkan pada masing-masing wadah reaktor yang telah berisi logam Cu dengan konsentrasi berbeda dan media air suling sebanyak 2 liter. Selanjutnya tanaman diamati secara berkala pada setiap parameter yang telah ditentukan.

Analisis data

Parameter perubahan morfologi tanaman dilakukan secara deskriptif kualitatif dengan menghitung ataupun mengamati secara langsung dan menguraikan data serta fakta secara berurutan. Adapun data-data dari parameter lain seperti biomassa tanaman dan jumlah daun dianalisis menggunakan uji parametrik sidik ragam atau *Analysis of Variance* (ANOVA) dengan taraf kesalahan 5%, uji ini bertujuan untuk mengetahui adanya perbedaan pengaruh masing-masing perlakuan terhadap parameter yang diamati

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengamatan respon pertumbuhan tanaman sangatlah penting untuk penelitian fitoremediasi. Hal ini karena ketika tanaman terpapar stress seperti cekaman logam berat dalam konsentrasi yang tinggi, umumnya tanaman akan memberikan respon berupa perubahan morfologi. Seperti halnya kebihan Cu dapat mengganggu perkembangan normal dengan mempengaruhi reaksi biokimia dan proses fisiologis pada tanaman [16]. Adapun pengamatan respon

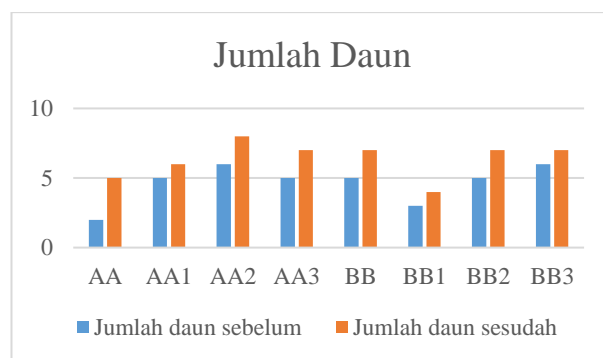
pertumbuhan dalam penelitian ini diantaranya ialah pengukuran jumlah daun, biomassa tanaman berupa berat basah dan berat kering tanaman, dan perubahan morfologi tanaman *Sagittaria lancifolia*.

Jumlah Daun

Daun merupakan salah satu bagian tumbuhan yang berfungsi sebagai tempat sintesis makanan untuk metabolismenya. Semakin banyak jumlah daun, semakin banyak pula tempat bagi tumbuhan untuk memproduksi makanannya sehingga hasilnya juga akan semakin banyak [17].

Tabel 1. Jumlah Daun

No	Variasi konsentrasi	Waktu kontak	Jumlah daun	
			Sebelum	Sesudah
1	Kontrol	2 minggu	2	5
2	1 mg/L	2 minggu	5	6
3	2 mg/L	2 minggu	6	8
4	3 mg/L	2 minggu	5	7
5	Kontrol	4 minggu	5	7
6	1 mg/L	4 minggu	3	4
7	2 mg/L	4 minggu	5	7
8	3 mg/L	4 minggu	6	7



Gambar 1. Grafik Jumlah Daun

Pada Gambar 1 telah terlihat rata-rata jumlah daun saat sebelum treatment dan setelah treatment. Kemudian, Jika dilihat dari Gambar 1, diketahui bahwa pada masing-masing perlakuan rata-rata jumlah daun mengalami penambahan pada sebelum dan sesudah treatment. Rata-rata penambahan jumlah daun ialah sebanyak dua lembar, namun pada perlakuan kontrol dengan waktu kontak 2 minggu menunjukkan penambahan paling banyak, yakni sebanyak tiga daun. Adanya penambahan rata-rata jumlah daun menunjukkan bahwa tidak ada

pengaruh antara paparan logam tembaga (Cu) dengan jumlah daun *Sagittaria lancifolia*. Lebih lanjut setelah dilakukan uji statistik antara jumlah daun sebelum dan sesudah treatment, nilai sig yang diperoleh ialah 0,000. Berdasarkan nilai tersebut, dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan antara jumlah daun sebelum dan sesudah treatment. Hal ini sesuai dengan Bagan 1 yang menunjukkan penambahan jumlah daun pada semua perlakuan.

Biomassa Tanaman

Pengukuran biomassa tanaman dilakukan dengan mengukur berat basah dan berat kering tanaman. Menurut [18], bobot segar ialah bobot tanaman pada saat dipanen dan sebelum layu serta kehilangan air. Selain itu, Bobot segar menunjukkan hasil aktivitas

metabolism tanaman dan juga hasil fotosintesis tanaman, karena hasil dari fotosintesis digunakan untuk membentuk sel tanaman sehingga dapat berpengaruh pada bobot segar tanaman [17]. Sementara itu, Berat kering tajuk mengungkapkan total biomassa yang dapat diserap tanaman. Menurut [19] berat kering suatu tanaman merupakan hasil akumulasi bersih dari asimilasi CO₂ yang dilakukan selama pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Pertumbuhan tanaman itu sendiri dapat memperhitungkan baik peningkatan berat basah maupun akumulasi bahan kering. Oleh karena itu, semakin baik tanaman tumbuh, semakin berat berat keringnya.

Tabel 2. Biomassa Tanaman

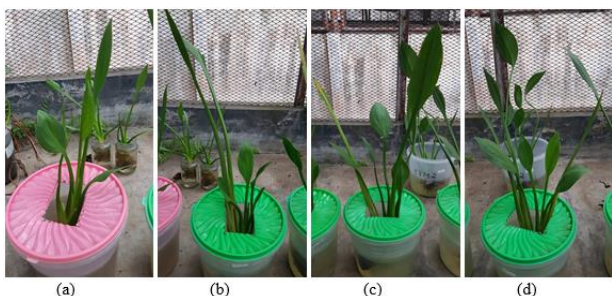
No	Variasi konsentrasi	Waktu kontak	Berat basah (g)	Berat kering (g)		Total (g)
				Akar	Tajuk	
1	Kontrol	2 minggu	70	0,77	5,11	5,88
2	1 mg/L	2 minggu	108	1,18	8,39	9,57
3	2 mg/L	2 minggu	103	0,82	9,1	9,92
4	3 mg/L	2 minggu	107	0,69	8,22	8,91
5	Kontrol	4 minggu	66	0,72	6,41	7,13
6	1 mg/L	4 minggu	65	0,63	4,9	5,53
7	2 mg/L	4 minggu	77	0,8	6,84	7,64
8	3 mg/L	4 minggu	109	1,2	10,2	11,4

Pada Tabel 2. merupakan hasil pengukuran dari biomassa tanaman *Sagittaria lancifolia*. Pengukuran berat basah dan berat kering dilakukan pada minggu kedua dan keempat pada saat pemanenan. Perbedaan berat kering tajuk tidak hanya dipengaruhi oleh berat segar tajuk, tetapi juga oleh jumlah daun karena daun merupakan tempat akumulasi hasil fotosintesis tanaman. Seiring dengan meningkatnya proses fotosintesis, maka hasil fotosintesis yang berupa senyawa organik akan bermigrasi ke seluruh organ tanaman dan mempengaruhi berat kering tanaman [20] dalam [17]. Hasil bahan kering adalah keseimbangan antara fotosintesis dan respirasi. Fotosintesis meningkatkan berat kering dengan menyerap CO₂, dan respirasi mengurangi berat kering dengan menghilangkan CO₂. Jika respirasi lebih besar dari fotosintesis, berat kering berkurang dan sebaliknya [17].

Selanjutnya dilanjutkan dengan uji statistika pada kedua parameter tersebut. Hasil uji menunjukkan nilai signifikansi pada berat basah sebesar 0,000 dan pada berat kering sebesar 0,000. Oleh karena itu, dapat diambil kesimpulan bahwa terdapat perbedaan rata-rata antara berat basah dan berat kering pada masing-masing perlakuan. Perbedaan rata-rata pada berat tajuk dapat dipengaruhi oleh ketersediaan nutrisi dan zat hara pada tiap perlakuan [17]. Berbeda pada berat kering, perbedaan rata-rata pada berat kering dapat disebabkan oleh proses fotosintesis pada masing-masing tanaman [20].

Perubahan Morfologi tanaman

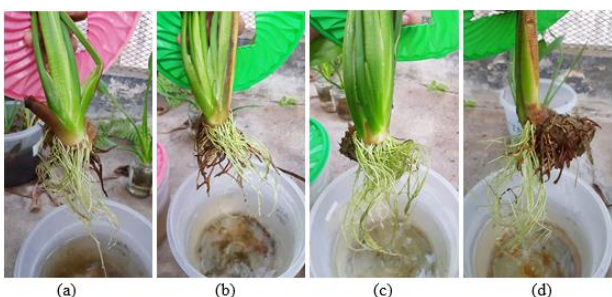
Pengamatan perubahan morfologi tanaman bertujuan untuk mengetahui perubahan morfologi serta adaptasi tanaman *Sagittaria lancifolia* ketika terpapar logam berat Cu. Adapun lebih lanjut tentang perubahan morfologi tanaman setelah terpapar logam Cu selama 2 minggu dapat dilihat pada contoh:



Gambar 2. Morfologi tanaman setelah 2 minggu paparan.

Keterangan: (a) kontrol; (b) 1 mg/L; (c) 2 mg/L; (d) 3 mg/L.

Terlihat pada Gambar 2. kondisi tanaman *Sagittaria lancifolia* setelah terpapar logam Cu selama 2 minggu masih dalam kondisi yang cukup baik. Hal ini ditandai dengan warna batang dan daun yang masih dalam kondisi segar. Selain itu, bentuk dan strukturnya juga masih dalam kondisi kuat. Berdasarkan kondisi tersebut, dapat diketahui bahwa tanaman daun tombak (*Sagittaria lancifolia*) cukup kuat pada lingkungan yang tercemar logam Cu selama 2 minggu, karena tidak terdapat gejala klorosis maupun nekrosis pada daunnya. Klorosis pada daun merupakan salah satu gejala awal umum keracunan tembaga [21]. Gejala lainnya adalah pertumbuhan akar terhambat, yang meliputi perkembangan yang buruk, percabangan berkurang, penebalan, dan warna gelap [22]. Gejala-gejala tersebut berbanding terbalik dengan kondisi akar *Sagittaria lancifolia* yang baik dan masih dapat bertumbuh, seperti terlihat pada Gambar 3 sebagai berikut:



Gambar 3. Morfologi akar tanaman setelah 2 minggu paparan.

Keterangan: (a) kontrol; (b) 1 mg/L; (c) 2 mg/L; (d) 3 mg/L.

Begitu pula pada tanaman yang terpapar logam Cu selama 4 minggu. Kondisi morfologi tanaman *Sagittaria lancifolia* terlihat masih dalam keadaan baik seperti pada Gambar 4 sebagai berikut:



Gambar 4. Morfologi tanaman setelah 4 minggu paparan.

Keterangan: (a) kontrol; (b) 1 mg/L; (c) 2 mg/L; (d) 3 mg/L.

Terlihat pada Gambar 4 kondisi morfologi *Sagittaria lancifolia* setelah 4 minggu terpapar logam Cu. Menurut [23] Kelebihan Cu dapat mempengaruhi proses fisiologis penting pada tanaman dan menyebabkan masalah dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Di sisi lain, kelebihan Cu ditandai dengan berkurangnya biomassa tanaman, klorosis daun, pertumbuhan akar terhambat, kecoklatan, dan nekrosis. Efek toksisitas Cu sebagian besar akan berpengaruh terhadap pertumbuhan akar tanaman. Hal ini karena air dan nutrisi masuk ke tanaman melalui akar, setiap cacat atau malformasi akar menimbulkan masalah bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Sedangkan, terlihat pada Gambar 4 akar *Sagittaria lancifolia* juga masih dalam kondisi yang baik, ditandai dengan warnanya yang masih hijau dan masih lebat. Kondisi tersebut jauh dari ciri-ciri tanaman yang terpapar toksisitas Cu. Umumnya tanaman yang terkena toksisitas Cu akan mengalami klorosis yang biasanya ditandai dengan adanya bercak atau lesi berwarna krem atau putih [24]. Peningkatan hasil toksisitas tembaga dalam membentuk daerah nekrotik di ujung dan tepi daun [23].

Berdasarkan Gambar 2 dan Gambar 4 terlihat kondisi tanaman *Sagittaria lancifolia* pada paparan 2 minggu maupun 4 minggu terlihat cukup baik, sehingga dapat diketahui bahwa pada lingkungan yang tercemar logam Cu dengan konsentrasi 3 mg/L, tanaman daun tombak (*Sagittaria lancifolia*) masih bisa bertahan dengan cukup baik. Hal ini ditandai dengan kondisi akarnya yang masih hijau dan lebat, batangnya yang masih kokoh, serta daunnya yang terlihat masih hijau dan kokoh, bahkan masih bisa tumbuh tunas daun yang baru. Padahal umumnya kelebihan tembaga menghambat ekspansi daun, pemanjangan sel, dan pembelahan sel [25], [26]. Lebih lanjut, paparan yang lama terhadap cekaman tembaga menyebabkan helaian daun terlipat,

peningkatan jumlah rambut pada permukaan bawah helaian daun, peningkatan jumlah stomata dan penurunan ukuran stomata, dan pengurangan volume ruang antar sel mesofil [23].

KESIMPULAN

Adanya paparan logam berat tembaga (Cu) pada masing-masing variasi konsentrasi dan variasi waktu detensi tidak memberikan pengaruh yang berarti terhadap pertumbuhan dan kondisi morfologi tanaman daun tombak (*Sagittaria lancifolia*), sehingga tanaman ini layak dijadikan sebagai salah satu opsi dalam upaya pemulihan lingkungan perairan yang tercemar logam berat tembaga (Cu).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing yang telah membimbing serta mengarahkan penulis dalam penyusunan artikel ini. Selain itu, terima kasih kepada Kebun Raya Purwodadi yang telah memfasilitasi dalam melaksanakan penelitian ini.

REFERENSI

- [1] A. F. Afifudin and R. Irawanto, "Estimating The Ability of Lanceleaf Arrowhead (*Sagittaria lancifolia*) in Phytoremediation of Heavy Metal Copper (Cu)," *Berk. SAINSTEK*, vol. 9, no. 3, pp. 125–130, Aug. 2021, doi: 10.19184/BST.V9I3.26667.
- [2] S. A. Zubayr, "Analisis Status Pencemaran Logam Berat di Wilayah Pesisir (Studi Kasus Pembuangan Limbah Cair dan Tailing Padat/Slag Pertambangan Nikel Pomalaa)," IPB (Bogor Agricultural University), Bogor, 2009.
- [3] R. A. A. I. . P. F. A. Filipus, "Bioakumulasi Logam Berat Tembaga Cu Pada Kerang Darah Di Perairan Muara Sungai Lumpur Kabupaten Ogan Komering Ilir Sumatera Selatan," *Maspri J*, vol. 10, no. 2, pp. 131–140, 2018.
- [4] A. Rukmi, "Analisis Kandungan Logam Berat Tembaga (Cu) Pada Tiram Bakau (*Crassostrea Cucullata*) Dan Air Di Pesisir Paciran, Kabupaten Lamongan, Jawa Timur," Universitas Brawijaya, Malang, 2019.
- [5] D. Yunasfi and K. P. Singh, "The heavy metal of cuprum (Cu) and lead(Pb) content in *Avicennia marina* and *Rhizophora mucranata* The heavy metal of cuprum (Cu) and lead(Pb) content in *Avicennia marina* and *Rhizophora mucranata*," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 374, no. 1, Nov. doi: 10.1088/1755-1315/374/1/012064. 2019.
- [6] N. Sekarwati, "Dampak Logam Berat Cu (Tembaga) dan Ag (Perak) pada Limbah Cair Industri Perak Terhadap Kualitas Air Sumur dan Kesehatan Masyarakat serta Upaya Pengendaliannya di Kota Gede Yogyakarta," UNS Sebelas Maret, Surakarta, 2014.
- [7] M. Siotto and R. Squitti, "Copper imbalance in alzheimer's disease: Overview of the exchangeable copper component in plasma and the intriguing role albumin plays," *Coord. Chem. Rev.*, vol. 37, no. 1, pp. 86–95, 2018.
- [8] S. Fitria, "Potensi Tanaman Genjer (*Limnocharis Flava*) Untuk Mengurangi Kadar Logam Berat (Pb Dan Cu) Serta Radionuklida Dengan Metode Fitoremediasi," Universitas Brawijaya, Malang, 2014.
- [9] K. H. D. Tang, S. H. Awa, and T. Hadibarata, "Phytoremediation of Copper-Contaminated Water with *Pistia stratiotes* in Surface and Distilled Water," *Water. Air. Soil Pollut.*, vol. 231, no. 12, doi: 10.1007/s11270-020-04937-9. 2020.
- [10] D. Lu, Q. Huang, C. Deng, and Y. Zheng, "Phytoremediation of Copper Pollution by Eight Aquatic Plants," *Polish J. Environ. Stud.*, vol. 27, no. 1, pp. 175–181, Jan. 2018, doi: 10.15244/PJOES/73990. 2018.
- [11] N. Hidayati, *Tanaman Akumulator Merkuri (Hg), Timbal (Pb), dan Kadmium (Cd) untuk Fitoremediasi*, no. Cd. 2020.
- [12] A. Taufiqr, A. R. Asri, and Joko Purnomo, "Penanggulangan Klorosis pada Kacang Tanah di Alfisol Alkalis," *Bul. Brawijaya*, vol. 3, no. 1, pp. 1–16, 2008.
- [13] M. Firmansyah and M. Alfarisi, "Uji Patogenesis Patogen Hawar Daun Pada Tanaman Kayu Afrika (*Maesopsis Eminii* Engl.) Di Persemaian Permanen BPDAS Bogor," *J. Silvikultur Trop.*, vol. 7, no. 2, pp. 115–124, 2016.
- [14] A. Fatoni, "Fitoremediasi Logam Berat (Zn) Menggunakan Tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*)," UIN Sunan Ampel, Surabaya, 2020.
- [15] S. Estuningsih, J. Juswardi, B. Yudono, and R. Yulianti, "Potensi tanaman rumput sebagai agen fitoremediasi tanah terkontaminasi limbah minyak bumi," 2013.

- [16] S. Guzel and R. Terzi, "Exogenous hydrogen peroxide increases dry matter production, mineral content and level of osmotic solutes in young maize leaves and alleviates deleterious effects of copper stress," *Bot. Stud.*, vol. 54, no. 1, Aug. doi: 10.1186/1999-3110-54-26. 2013
- [17] Ardiansyah, "Aplikasi Kombinasi Limbah Cair Industri Tempe Dan Urea Pada Pertumbuhan Dan Hasil Selada (*Lactuca Sativa*)," FP UMY, Yogyakarta, 2016.
- [18] C. Ross and F. S. Garden, *Plant Physiology, 1947-1972*. 1974.
- [19] W. Larcher, *Physiological plant ecology: ecophysiology and stress physiology of functional groups*. 2003.
- [20] B. nurdin. "Antipasi Perubahan Iklim untuk Keberlanjutan Ketahanan Pangan," *J. Dialog Kebijakan. Publik*, vol. 4, no. 1, 2011.
- [21] A. Verma and S. Bhatia, "Analysis of some physicochemical parameters and trace metal concentration present in the soil around the area of Pariccha thermal power station in Jhansi, India," *Int. J. Innov. Sci. Eng.*, vol. 3, pp. 10482–10488, 2014.
- [22] P. M. G. Nair, I. M. Chung, "Study on the correlation between copper oxide nanoparticles induced growth suppression and enhanced lignification in Indian mustard (*Brassica juncea* L.)," *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, vol. 113, pp. 302–313. doi: 10.1016/J.ECOENV.2014.12.013. 2015.
- [23] A. Sağlam, F. Yetişsin, M. Demiralay, and R. Terzi, "Copper Stress and Responses in Plants," *Plant Met. Interact. Emerg. Remediat. Tech.*, pp. 21–40, Jan. doi: 10.1016/B978-0-12-803158-2.00002-3. 2016.
- [24] C. W. Lee, M. B. Jackson, M. E. Duysen, T. P. Freeman, and J. R. Self, "Induced Micronutrient Toxicity in 'Touchdown' Kentucky Bluegrass," *Crop Sci.*, vol. 36, no. 3, pp. 705–712. doi: 10.2135/CROPSCI1996.0011183X003600030031X. May 1996.
- [25] W. Maksymiec, "Effect of copper on cellular processes in higher plants," *Photosynth. 1997* 343, vol. 34, no. 3, pp. 321–34. doi: 10.1023/A:1006818815528. Jan 1998.
- [26] H. Panou-Filothou and A. M. Bosabalidis, "Root structural aspects associated with copper toxicity in oregano (*Origanum vulgare* subsp. *hirtum*)," *Plant Sci.*, vol. 166, no. 6, pp. 1497–1504. doi: 10.1016/J.PLANTSCI.2004.01.026. Jun 2004.