Kajian Jenis Tanaman Rumput Untuk Teknologi Fitoremediasi Tanah Tercemar Logam Berat

Mifta Alwan Dzakwan[1], Achmad Chusnun Ni'am[2]

[1,2]Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITATS

Email : adzakwan1@gmail.com

ABSTRACT

Heavy metal contamination on the soil can cause physiological and life changes in the contaminated area. The increasing population in the world with high industrial activity has resulted in an increased potential for heavy metal contamination of the soil. Phytoremediation is one of green and inexpensive technologies for improving the quality of soil contaminated with heavy metals. Phytoremediation can be done in situ, namely directly by planting in a contaminated area, or exsitually by using reactors, pots, and so on. Phytoremediation can be done by using hyperaccumulator plants, plants that have high biomass, using intercropping patterns, fertilizing, adding EDTA, and adding microbes that are tolerant of heavy metals. In carrying out phytoremediation on contaminated soil, plants absorb heavy metals through the roots, then translocate them to all parts of the plant with the help of xylem. This study aims to examine the types of grass plants that have potential as a medium for phytoremediation agents for soil contaminated with heavy metals.

Keyword : *Phytoremediation, Grass for phytoremediation, Mechanism of phytoremediation*

ABSTRAK

Pencemaran logam berat pada tanah dapat mengakibatkan perubahan fisiologis dan kehidupan yang berada pada areal kontaminasi tersebut. Peningkatan populasi di dunia dengan aktivitas industri yang tinggi mengakibatkan meningkatnya potensi pencemaran logam berat pada tanah. Fitoremediasi merupakan salah satu teknologi yang ramah lingkungan dan murah dalam melakukan perbaikan kualitas suatu tanah tercemar logam berat. Fitoremediasi dapat dilakukan secara *insitu* yaitu langsung dengan melakukan penanaman pada areal yang terkontaminasi, atau secara *exsitu* dengan menggunakan reaktor, pot, dan lain sebagainya. Fitoremediasi dapat dilakukan dengan menggunakan tanaman hiperakumulator, tanaman yang memiliki biomassa tinggi, penggunaan pola tumpangsari, pemupukan, penambahan EDTA, dan penambahan mikroba yang toleran terhadap logam berat. Dalam melakukan fitoremediasi pada tanah yang tercemar, tanaman menyerap logam berat melalui akar, kemudian melakukan translokasi ke seluruh bagian tanaman dengan bantuan xylem. penelitian ini bertujuan untuk mengkaji jenis tanaman rumput yang memiliki potensi sebagai media agen fitoremediasi terhadap tanah yang tercemar logam berat.

Kata Kunci : Fitoremediasi, Jenis tanaman rumput, Mekanisme fitoremediasi

PENDAHULUAN

Logam berat adalah suatu elemen alami yang memiliki karakteristik massa atom yang cukup tinggi dan kepadatan yang tinggi, biasanya terjadi dalam konsentrasi yang cukup rendah, mereka dapat ditemukan diseluruh kerak bumi [1]. Logam berat dalam keadan bebas, logam berat tersebut dapat mencemari lingkungan sekitarnya seperti terserap oleh tanaman dan bersifat racun, sedangkan dalam keadaan tidak bebas logam dapat berikatan dengan unsur hara, organik ataupun anorganik lainnya [1]. Tanah dapat terkontaminasi oleh akumulasi logam berat dan metaloid melalui emisi dari area industri yang berkembang pesat, tailing tambang, pembuangan limbah logam tinggi, bensin dan cat bertimbal, aplikasi pupuk tanah, kotoran hewan, lumpur limbah, pestisida, irigasi air limbah, residu pembakaran batubara, tumpahan petrokimia, dan deposisi atmosfer [2]. Logam berat merupakan kelompok kimia anorganik berbahaya yang tidak terdefinisi, dan yang paling umum ditemukan pada saat mengkontaminasi adalah timbal (Pb), kromium (Cr), arsenik (As), seng (Zn), kadmium (Cd), tembaga (Cu), merkuri (Hg), dan nikel (Ni) [2]. Fitoremediasi adalah teknologi ramah lingkungan dalam meremediasi tanah yang tercemar logam berat [3]. Mekanisme dari fitoremediasi adalah penggunaan tanaman dan akarnya atau suatu tanaman yang terkait dengan suatu komunitas mikroba untuk mendekontaminasi suatu tanah sedimen.teknik tersebut digunakan untuk menurunkan, menghilangkan, atau menstabilkan suatu kontaminan organik atau anorganik pada area yang tercemar [3]. Rumput memiliki sistem perakaran yang luas, biomassa besar, tumbuh cepat, menempati tutupan tanah yang luas dan menunjukkan toleransi yang lebih tinggi [4]. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tanaman jenis rumput yang memiliki potensi dalam melakukan fitoremediasi tanah tercemar oleh logam berat.

TINJAUAN PUSTAKA

Fitoremediasi

Fitoremediasi adalah upaya penggunaan tanaman dan bagian-bagiannya untuk mendekontaminasi limbah dan masalah-masalah pencemaran lingkungan baik secara ex-situ menggunakan kolam buatan atau reaktor maupun in-situ

atau secara langsung pada tanah atau area yang terkontaminasi limbah [5]. Fitoremediasi digunakan sebagai teknologi perbaikan tanah yang memanfaatkan kemampuan tanaman pengumpul logam untuk mengekstraksi logam dari tanah dengan akarnya dan memusatkan logam ini di bagian tanaman di atas tanah. [5]. Dalam mekanismenya logam berat yang terlarut di dalam tanah diserap oleh sel akar, kemudian disimpan sebagian di dalam akar, dipindahkan sebagian ke pembuluh xilem, untuk diseleksi dan didetoksifikasi dalam vakuola sel [6]. Dengan demikian, penyerapan, pengangkutan, sekuestrasi dan detoksifikasi logam berat merupakan proses penting dalam tanaman melakukan fitoremediasi [6]. Setelah itu logam berat yang ada pada bagian xylem akan ditranslokasikan pada seluruh bagian tanaman dengan melalui aliran transpirasi [7].

Tanah Tercemar Logam Berat

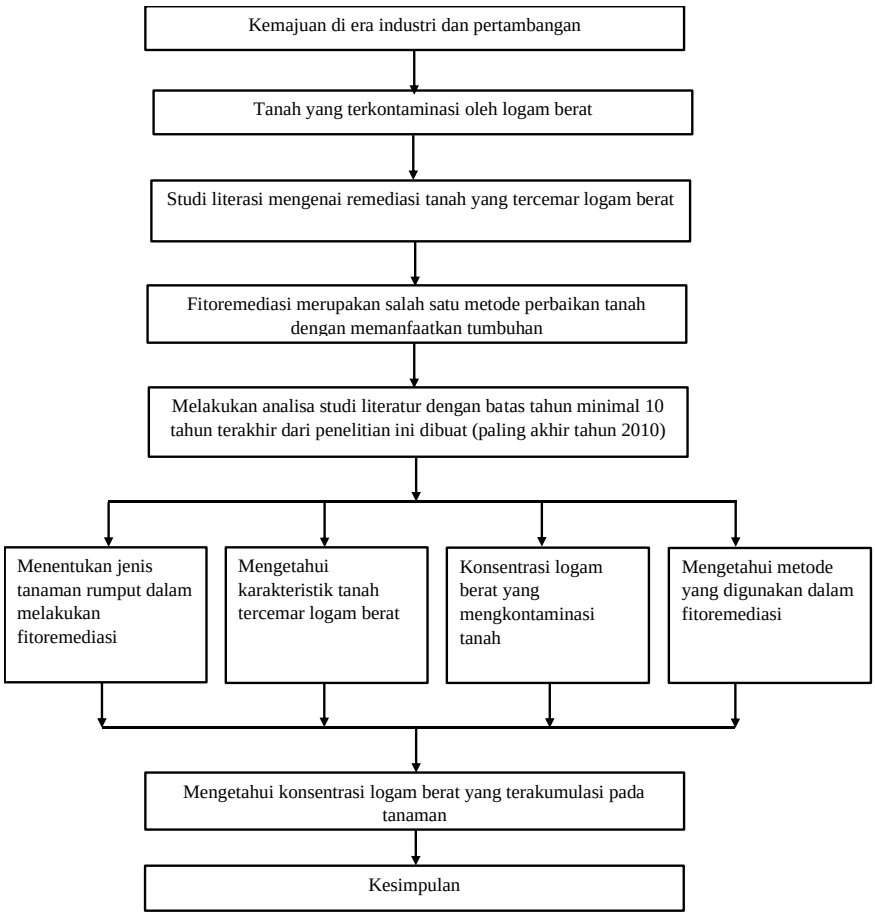
Secara alami logam berat dilepaskan melalui proses dinamik pelapukan batuan, dan eerosi oleh batuan dasar maupun endapan mineral [8]. Namun aktivitas manusia juga dapat menyebabkan penyebaran logam berat seperti proses industri, agrokimia, irigasi air limbah, maupun aktivitas rumah tangga [8]. Kontaminasi logam memiliki potensi yang berbahaya apabila memiliki sifat toksik, *non-biodegradabl*e, dan limbah yang bersifat *persistence* atau menetap [9]. Paparan dosis yang melebihi batas dari logam logam esensial ini dapat mengakibatkan dampak buruk pada kesehatan apabila secara langsung maupun tidak langsung masuk kedalam tubuh manusia seperti gangguan pencernaan, masalah peredaran darah, ginjal dan hati, dan kanker [10, 11].

Potensi Rumput Dalam Melakukan Fitoremediasi

Dalam melakukan fitoremediasi rumput memiliki keunggulan dalam sistem perakaran yang luas, biomassa yang besar, tumbuh dengan cepat, dapat tumbuh pada tanah yang luas, dan rumput merupakan tanaman monokotil dimana menunjukkan toleransi terhadap polutan yang lebih tinggi jika dibandingkan tanaman dikotil [4]. Selain itu beberapa tanaman dengan jenis rumput masuk kedalam C4, dimana tanaman yang termasuk kedalam golongan tersebut diketahui memiliki biomassa yang tinggi dan memiliki rotasi pertumbuhan yang cepat [12]. Beberapa tanaman telah diketahui memikiki produksi biomassa yang tinggi, memiliki sistem perakaran yang baik, dan mampu beradaptasi hingga melakukan remediasi tanah yang terkontaminasi logam berat. Tanaman rumput tersebut adalah akar wangi (*Vetiveria zizanioides*), kalamenjana (*Phalaris arundinacea*), rumput gajah (*Pennisetum purpureum*), dan rumput cyperus (*Cyperus* sp.) [13-16].

METODE

Penelitian ini dilakukan dengan melakukan analisa tinjauan pada jurnal penelitian sebelumnya dengan jangka waktu minimal 10 tahun terakhir dari penelitian ini dibuat. Desain penelitian ini adalah literature review. Studi literature review adalah cara yang dipakai untuk megumpulkan data atau sumber yang berhubungan pada sebuah topik tertentu yang bisa didapat dari berbagai sumber seperti jurnal, buku, internet, dan pustaka lain. Literatur review merupakan ikhtisar komprehensif tentang penelitian yang sudah dilakukan mengenai topik yang spesifik untuk menunjukkan kepada pembaca apa yang sudah diketahui tentang topik tersebut dan apa yang belum diketahui, untuk mencari rasional dari penelitian yang sudah dilakukan atau untuk ide penelitian [17]. Dalam penelitian ini dilakukan kajian terhadap empat jenis tanaman dalam melakukan fitoremediasi terhadap tanah tercemar logam berat yaitu akar wangi (Vetiveria zizanioides), kalamenjana (Phalaris arundinacea), rumput gajah (Pennisetum purpureum), dan rumput cyperus (Cyperus sp.).



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Akar Wangi

Gambar 2. Akar Wangi (Vetiveria zizanioides)
Sumber : http://disbun.jabarprov.go.id/akarwangi, diakses 11-02-2021

Dalam penelitian dalam mengakumulasi logam berat menggunakan rumput akar wangi terhadap tanah tercemar logam berat akibat industri peleburan dan emurnian tembaga di Iran, menunjukkan tanaman tersebut dapat mengakumulasi dengan konsentrasi tertinggi mencapai 1134 ppm dan terendah sebesar 14,5 ppm pada akar [18]. Kemudian dengan metode secara exsitu dengan penambahan 5% limbah red mud industri pengolahan limbah menunjukkan akumulasi logam berat Mn, Mg, Zn, Cu, Ni, Cr, Pb, dan Cd [19]. Fitoremediasi juga dilakukan secara insitu [20], menunjukkan rumput akar wangi dapat mengakumulasi logam berat sebesar 0,93 mg/kg untuk arsenik dan 0,18 untuk Pb. Berikut merupakan tabel rangkuman kajian fitoremediasi terhadap tanah tercemar logam berat dengan menggunakan tanaman akar wangi:

Tabel 1 Rangkuman Kajian Fitoremediasi Tanah Tercemar Logam Berat Dengan Menggunakan Akar Wangi

Jenis Tanaman	Metode	Lokasi	Karakteristik Tanah	Logam Terakumulasi	Sumber
Akar wangi (V*etiveria zizanioides*)	*Exsitu* dengan menggunakan reaktor elektrokinetik	Kerman, Iran	Tanah tercemar (ppm) : 276 As; 7,1 Cd; 5444 Cu; 253,7 Pb; 14,1 Sb; 421,5 Zn.	Logam terakumulasi (ppm) : 1134 As; 1,074 Cd; 29,88 Cu; 114 Pb; 36,6 Sb; 67,5 Zn	[18]
Akar wangi (V*etiveria zizanioides*)	Secara *exsitu* dengan menggunakan pot	Varanasi, India	Tanah tercemar (mg/kg) : 313,27 Mn; 723,29 Mg; 581,02 Zn; 192,4 Cu; 36,47 Ni; 51,52; Pb; 74,79 Cd	Logam terakumulasi (mg/kg) : 25,2 Mn; 27,83 Mg; 11,11 Zn; 13,01 Cu; 1,33 Ni; 2,73 Pb	[19]
Akar wangi (V*etiveria zizanioides*)	Secara *insitu*	Guizhou, China	Tanah tercemar (mg/kg) As 4,5 dan Pb 7,87	Logam terakumulasi oleh tanaman (mg/kg) As 0,93 dan Pb 0,18	[20]
Akar wangi (V*etiveria zizanioides*)	*Exsitu*, menggunakan pot	Joda East, Odisha, India	Tanah tercemar : Cr 239,45; Zn 75,8; Mn 68,15; Cu 37,25	Logam terakumulasi oleh tanaman (mg/kg) : Cr 54,62; Zn 48,26; Mn 81,53; Cu 205	[21]
Akar wangi (V*etiveria zizanioides*)	*Exsit*u, dengan menggunakan reaktor	Lechang, Shaoguan, Guangdong, China	Tanah terkontaminasi :Pb 848 mg/kg dan Zn 1750 mg/kg	Logam berat terakumulasi Pb 150,3 mg/kg dan Zn 485 mg/kg	[22]

Rumput kalamenjana (*Phalaris arundinacea*)

Gambar 3. Kalamenjana (phalaris arundinacea)
Sumber : plantsoftheworldonline.org/Phalaris arundinacea, diakses 11-02-2021

Rumput kalamenjana (*Phalaris arundinacea*) dalam penelitian yang dilakukan secara exsitu oleh [23] menunjukkan dapat mengakumulasi logam berat Mg dan Na sebesar 1350 mg/kg dan 421 mg/kg secara berurutan. Kemudian pada penelitian yang dilakukan oleh [24] dalam melakukan fitoremediasi terhadap dengan menambahkan lumpur pengolahan limbah rumah tangga dapat mengakumulasi Cd, Ni, dan Zn sebesar 0,3214; 3,76; dan 122,6 mg/kg secara berurutan. *Phalaris arundinacea* juga dilaporkan dapat logam berat nickel (Ni) hingga 157,89 mg/kg [25]. Berikut merupakan tabel rangkuman kajian fitoremediasi tanah tercemar logam berat dengan menggunakan kalamenjana (*Phalaris arundinacea*) :

Tabel 2 Rangkuman Kajian Fitoremediasi Tanah Tercemar Logam Berat Dengan Menggunakan Kalamenjana

Jenis Tanaman	Metode	Lokasi	Karakteristik Tanah	Akumulasi Logam Berat	Sumber
Phalaris arundinacea L.	Secara *exsitu* dengan menggunakan pot	Bystrzyca, Silesia, Polandia	Tanah terkontaminasi logam (mg/kg) : Mg 2911 dan Na 30,2	Akumulasi oleh tanaman (mg/kg) : Mg 2355,17 dan Na 637,2	[23]
Phalaris arundinacea L.	Secara *exsitu* dengan menggunakan reaktor container	Częstochowa, Polandia	Lumpur pengolahan dengan konsentrasi (mg/kg) : Cd 0,363; Ni 18,3; Zn 299,3	Logam berat yang terakumulasi : Cd 0,3365; 2,78; Zn 100,4	[24]
Phalaris arundinacea L.	Secara *insitu*	brownfield Rainton Bridge, Inggris Raya	Tanah terkontaminasi(mg/kg) : As 13; Cd 0,41; Cu 53; Pb 106; Hg 0,18; Ni 27; Zn 185	Logam terakumulasi oleh tanaman : As 0,5; Cd 0,1; Cu 4,1; Pb 2,2; Hg 0,02; Ni 2,3; Zn 28	[26]
Phalaris arundinacea L.	Secara *exsitu*	Poznan, Polandia	Tanah dengan penambahan konsentrasi logam berat Ni 40, 80 dan 100 mg/kg	Akumulasi logam berat Ni pada tanaman 52,3 mg/kg – 157,89 mg/kg	[25]

Rumput Gajah (*Pennisetum purpureum*)

Gambar 4. Rumput gajah (Pennisetum Purpureum)
Sumber : Sumber : F.A. Ujang et al.,2018

Rumput gajah (*Pennisetum purpureum*) menunjukkan akumulasi logam berat Cd yang cukup baik dengan penambahan EDTA. Akumulasi logam berat oleh tanaman mencapai 1042 mg/kg pada akar [27]. Pada penelitian yang dilakukan dengan menambahkan mikroba *Micrococcus* sp. dan *Arthrobacter* sp. menunjukkan peningkatan akumulasi logam berat Cd secara berurutan sebesar 271,3; 38,1 mg/kg dan 258; 34,6 mg/kg pada akar dan tunas secara berurutan [28]. Dalam penelitian lain rumput gajah secara exsitu dapat mengakumulasi logam berat yang ada pada tannery sludge tempat pembuangan akhir. Tanaman tersebut dapat mengakumulasi 1241,6 mg/kg Cr; 65,8 mg/kg Cu; 505,9 mg/kg pada akar Zn pada tunas; dan 22,4 mg/kg pada daun [29]. Berikut merupakan tabel rangkuman kajian fitoremediasi tanah tercemar logam berat dengan menggunakan rumput gajah :

Tabel 3 Rangkuman Kajian Fitoremediasi Tanah Tercemar Logam Berat Dengan Menggunakan Rumput Gajah

Jenis Tanaman	Metode	Lokasi	Karakteristik Tanah	Akumulasi Logam Berat Oleh Tanaman	Sumber
Rumput gajah (*Pennisetum purpureum*)	*Exsitu* dengan menggunakan sistem hidroponik	-	Tanah dengan penambahan EDTA dan Cd sebesar 20, 40, 60, 80, dan 100 mg/l	Akumulasi logam berat mencapai 350 mg/kg sampai 2050 mg/kg	[27]
Rumput gajah (*Pennisetum purpureum*)	*Exsitu* dengan menggunakan sistem pot	Dabaoshan, Shaoguan, China	Penambahan limbah dengan konsentrasi logam : Zn 46,51; Mn 829,5; Cu 52,56; Pb 489,5; Cd 1,74; Cr 129,4; As 52,57 mg/kg	Akumulasi logam berat: Zn 76,78; Mn 1206; Cu 81,13; Pb 490;Cd 1,74; Cr 129,4; As 52,57	[30]
Rumput gajah (*Pennisetum purpureum*)	*Exsitu* dengan menggunakan sistem pot	Gazipur, Bangladesh	Lumpur pertambangan dengan konsentrasi : Cr 6845; Cu 73; Zn 93; Pb 29 mg/kg	Akumlasi logam berat oleh tanaman : Cr 1623,1; Cu 65,8; Zn 475; Pb 14	[29]
Rumput gajah (*Pennisetum purpureum*)	*Exsitu* dengan menggunakan kontainer	Niger Delta, Nigeria	Tanah terkontaminasi logam berat Cu 24,02; Ni 10,89; 13,88 Zn	Akumulasi logam berat oleh tanaman (mg/kg) : 22,02 Cu; 6,89 Ni; 10,5 Ni	[31]
Rumput gajah (*Pennisetum purpureum*)	*Exsitu* dengan menggunakan sistem pot	Distrik Mae Sot, Provinsi Tak, Thailand	Tanah agrikultur dengan kontaminasi Cd 50,35 mg/kg dengan penambahan bakteri	Akumulasi logam berat Cd pada akar 271,3 mg/kg dan pada tunas 38,1 mg/kg	[28]

Rumput Cyperus (*Cyperus* sp.)

Gambar 5. Rumput teki (Cyperus Sp)
Sumber : intisari.grid.id, diakses 11-02-2021

Dalam penelitian fitoremediasi dengan penambahan lumpur pengolahan limbah industri tekstil menunjukkan *Cyperus kyllingia-rasiga* dapat mengakumulasi logam berat Al, Cr, Cd, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, dan Pb secara exsitu dengan menggunakan pot [32]. Kemudian pada penelitian lain menunjukkan *Cyperus rotundus L*. penyerapan logam berat pada tanah dengan penambahan logam berat Cd dan Cr 5 mg/l dengan total akumulasi sebesar 16,87 mg/kg untuk Cd dan 66,38 mg/kg untuk Cr [33]. *Cyperus haspan* menunjukkan akumulasi logam berat yang tinggi pada Mg sebesar 195 mg/kg namun rendah untuk akumulasi terhadap Zn yaitu sebesar 0,79 mg/kg dengan limbah yang digunakan adalah

limbah lindi tempat pengolahan akhir [34]. Berikut merupakan rangkuman kajian fitoremediasi terhadap tanah tercemar logam berat dengan menggunakan *Cyperus* sp. :

Tabel 4 Rangkuman Kajian Fitoremediasi Tanah Tercemar Logam Berat Dengan Menggunakan Rumput Cyperus

Jenis Tanaman	Metode	Lokasi	Karakteristik Tanah	Akumulasi Logam Berat Oleh Tanaman	Sumber
Cyperus kyllingia-rasiga	*Exsitu* dengan menggunakan *polypropylene* pot	Malaysia	Lumpur pengolahan industri tekstil (mg/kg) : Al 47,5; Cd 4,9; Cu 13; Zn 183,3; Pb 1,4	Tanaman dapat mengakumulasi logam berat (mg/kg) : Al 15,7; Cd, 1,27; Cu 8,06; Zn 77; Pb 0,6	[32]
Cyperus rotundus L.	*Exsitu* menggunakan media pot	Acharya Nagarjuna University	Tanah dengan penambahan konsentrasi Cd dan Cr sebesar 5 mg/l	Akumulasi logam berat mencapai 16,87 mg/kg Cd dan 66,38 mg/kg Cr	[33]
Cyperus haspan	*Exsitu* dengan menggunakan pot	Penang, Malaysia	Tanah dengan penambahan *leachate landfill* dengan kandungan (mg/l) : Mn 24,8; Mg 660; Zn 7,43	Logam berat yang terakumulsi oleh tanaman (mg/l) : Mn 17,6; Mg 322; Zn 1,79	[34]
Cyperus rotundus	*Exsitu* dengan menggunakan pot	Gamboru Ngala Maiduguri, Borno State, Nigeria	Tanah dengan penambahan logam berat Zn, Pb, Ni sebesar 1000 dan 3000 sedangkan Cd sebsar 150, 250 dan 400 ppm	Akumulasi oleh akar : Zn : 3060 ppm; Pb : 643 ppm; Cd : 328 ppm; Ni : 173 ppm	[35]

KESIMPULAN

Dalam kajian penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa seluruh jenis rumput dalam pembahasan menunjukkan seluruh rumput dapat mengakumulasi logam berat yang mencemari tanah. Namun rumput gajah memliki potensi yang lebih besar jika dibandingkan dengan yang lain karena menunjukkan tingginya konsentrasi logam yang diakumulasi.

DAFTAR PUSTAKA

[1] M. Koller and H. M. Saleh, "Introductory Chapter: Introducing Heavy Metals," in *Heavy Metals*, 2018.
[2] R. A. Wuana and F. E. Okieimen, "Heavy Metals in Contaminated Soils: A Review of Sources, Chemistry, Risks and Best Available Strategies for Remediation," *ISRN Ecology*, vol. 2011, pp. 1-20, 2011.
[3] F. Bian, Z. Zhong, X. Zhang, and C. Yang, "Phytoremediation potential of moso bamboo (Phyllostachys pubescens) intercropped with Sedum plumbizincicola in metal-contaminated soil," *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 24, no. 35, pp. 27244-27253, 2017/12/01 2017.
[4] G. Gajić, M. Mitrović, and P. Pavlović, "Feasibility of Festuca rubra L. native grass in phytoremediation," in *Phytoremediation Potential of Perennial Grasses*, 2020, pp. 115-164.
[5] O. P. Shukla, A. A. Juwarkar, S. K. Singh, S. Khan, and U. N. Rai, "Growth responses and metal accumulation capabilities of woody plants during the phytoremediation of tannery sludge," *Waste Manag*, vol. 31, no. 1, pp. 115-23, Jan 2011.
[6] Z. B. Luo, J. He, A. Polle, and H. Rennenberg, "Heavy metal accumulation and signal transduction in herbaceous and woody plants: Paving the way for enhancing phytoremediation efficiency," *Biotechnol Adv*, vol. 34, no. 6, pp. 1131-1148, Nov 1 2016.

[7] G. Choppala *et al.*, "Cellular Mechanisms in Higher Plants Governing Tolerance to Cadmium Toxicity," *Critical Reviews in Plant Sciences,* vol. 33, no. 5, pp. 374-391, 2014/09/03 2014.

[8] A. Logiewa, A. Miazgowicz, K. Krennhuber, and C. Lanzerstorfer, "Variation in the Concentration of Metals in Road Dust Size Fractions Between 2 µm and 2 mm: Results from Three Metallurgical Centres in Poland," *Archives of Environmental Contamination and Toxicology,* vol. 78, no. 1, pp. 46-59, 2020/01/01 2020.

[9] F. Zhang, D. Gao, C. Zeng, W. Xiang, and M. Zhang, "Accumulations of Heavy Metals in Roadside Soils Close to Zhaling, Eling and Nam Co Lakes in the Tibetan Plateau," *International journal of environmental research and public health,* vol. 10, pp. 2384-400, 06/01 2013.

[10] M. Ahsan *et al.*, "Analysis of major heavy metals in the available fish species of the Dhaleshwari River, Tangail, Bangladesh," vol. 6, pp. 349-354, 07/01 2018.

[11] S. Kuppusamy, T. Palanisami, V. Kadiyala, S. S. Lee, R. Naidu, and M. Mallavarapu, "Remediation approaches for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) contaminated soils: Technological constraints, emerging trends and future directions," *Chemosphere,* vol. 168, 02/04 2017.

[12] D. Paudel *et al.*, "Surveying the genome and constructing a high-density genetic map of napiergrass (Cenchrus purpureus Schumach)," (in eng), *Scientific reports,* vol. 8, no. 1, pp. 14419-14419, 2018.

[13] V. C. Pandey and A. Praveen, "Vetiveria zizanioides (L.) Nash – more than a promising crop in phytoremediation," in *Phytoremediation Potential of Perennial Grasses*, 2020, pp. 31-62.

[14] H. Anderson, *invasive Reed Canary Grass (Phalaris arundinacea subsp. arundinacea) Best Management Practices in Ontario*. 2012.

[15] Y. Ishii, K. Hamano, D.-J. Kang, S. Idota, and A. Nishiwaki, "Cadmium Phytoremediation Potential of Napiergrass Cultivated in Kyushu, Japan," *Applied and Environmental Soil Science,* vol. 2015, pp. 1-6, 2015.

[16] L. Kakarla, Prasada Rao Allu, C. Rama, and M. Botlagunta, "A Review on Biological and Chemical Properties of Cyperus Species.," *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences,* vol. 5, no. 4, p. 15, 2014.

[17] A. Denney and R. Tewksbury, "How to Write a Literature Review," *Journal of Criminal Justice Education,* vol. 24, 06/01 2013.

[18] R. Siyar, F. Doulati Ardejani, M. Farahbakhsh, P. Norouzi, M. Yavarzadeh, and S. Maghsoudy, "Potential of Vetiver grass for the phytoremediation of a real multi-contaminated soil, assisted by electrokinetic," *Chemosphere,* vol. 246, p. 125802, May 2020.

[19] M. Gautam and M. Agrawal, "Phytoremediation of metals using vetiver (Chrysopogon zizanioides (L.) Roberty) grown under different levels of red mud in sludge amended soil," *Journal of Geochemical Exploration,* vol. 182, pp. 218-227, 2017.

[20] G. Hao, Y. Yin, L. Fangfang, Y. Sen, A. Jiangyong, and F. Yun, "Removal of arsenic and lead from soils contaminated with coal gangue using Vetiveria zizanioides," *International Journal of Mining, Reclamation and Environment,* vol. 29, no. 1, pp. 47-61, 2015/01/02 2015.

[21] R. Banerjee, P. Goswami, S. Lavania, A. Mukherjee, and U. C. Lavania, "Vetiver grass is a potential candidate for phytoremediation of iron ore mine spoil dumps," *Ecological Engineering,* vol. 132, pp. 120-136, 2019.

[22] S. C. Wu*, C. C. Wong*, W. S. Shu*, A. G. Khan*, and M. H. Wong*, "Mycorrhizo-Remediation of Lead/Zinc Mine Tailings Using Vetiver: A Field Study," *International Journal of Phytoremediation,* vol. 13, no. 1, pp. 61-74, 2010/11/18 2010.

[23] L. Polechońska and A. Klink, "Trace metal bioindication and phytoremediation potentialities of Phalaris arundinacea L. (reed canary grass)," *Journal of Geochemical Exploration,* vol. 146, pp. 27-33, 2014.

[24] R. Karolina, F. Krzysztof, and K. Malgorzata, "Phytoremediation Potential of Selected Energetic Plants (Miscanthus giganteus L. and Phalaris arundinacea L.) in Dependence on Fertilization," *Journal of Environmental Science and Engineering A,* vol. 4, no. 11, 2015.

[25] J. Korzeniowska and E. Stanislawska-Glubiak, "Phytoremediation potential of Phalaris arundinacea, Salix viminalis and Zea mays for nickel-contaminated soils," *International Journal of Environmental Science and Technology,* vol. 16, no. 4, pp. 1999-2008, 2019/04/01 2019.

[26] R. A. Lord, "Reed canarygrass (Phalaris arundinacea) outperforms Miscanthus or willow on marginal soils, brownfield and non-agricultural sites for local, sustainable energy crop production," *Biomass and Bioenergy,* vol. 78, pp. 110-125, 2015.

[27] A. Tanannonchai and P. Sampanpanish, "Phytotolerance, phytotoxicity and phytoremediation of Cd and EDTA mixtures with napier grass," *EnvironmentAsia,* vol. 11, pp. 157-167, 01/01 2018.

[28] N. Wiangkham and B. Prapagdee, "Potential of Napier grass with cadmium-resistant bacterial inoculation on cadmium phytoremediation and its possibility to use as biomass fuel," *Chemosphere,* vol. 201, pp. 511-518, Jun 2018.

[29] M. A. Juel, T. K. Dey, I. Akash, and K. Das, *Heavy Metals Phytoremidiation Potential of Napier Grass (Pennisetum Purpureum) Cultivated in Tannery Sludge*. 2018.

[30] C. Ma, H. Ming, C. Lin, R. Naidu, and N. Bolan, "Phytoextraction of heavy metal from tailing waste using Napier grass," *CATENA,* vol. 136, pp. 74-83, 2016/01/01/ 2016.

[31] R. B. Kogbara, B. K. Badom, and J. M. Ayotamuno, "Tolerance and phytoremediation potential of four tropical grass species to land-applied drill cuttings," *Int J Phytoremediation,* vol. 20, no. 14, pp. 1446-1455, 2018.

[32] L. Ab. Aziz Abdul, K. Ahmad Tarmizi Abd, A. Ahmad Shukri, R. Mohd Baharudin, and Y.-T. Hung, "Phytoremediation of Metals in Industrial Sludge by Cyperus Kyllingia-Rasiga, Asystassia Intrusa and Scindapsus Pictus Var Argyaeus Plant Species," *International Journal of Integrated Engineering,* vol. 4, no. 2, 01/01 2012.

[33] A. Vasavi, R. Usha, and P. M. Swamy, "Phytoremediation- An overview review," *Journal of Industrial Pollution Control,* vol. 26, pp. 83-88, 01/01 2010.

[34] C. O. Akinbile, M. S. Yusoff, and A. Z. Ahmad Zuki, "Landfill leachate treatment using sub-surface flow constructed wetland by Cyperus haspan," *Waste Manag,* vol. 32, no. 7, pp. 1387-93, Jul 2012.

[35] s. Garba, M. Gudusu, and L. Inuwa, "Accumulation Ability of the Native Grass Species, Cyperus rotundus for the Heavy Metals; Zinc (Zn), Cadmium (Cd), Nickel (Ni) and Lead (Pb)," *International Research Journal of Pure and Applied Chemistry,* vol. 17, pp. 1-15, 10/19 2018.