

Inventarisasi Tumbuhan Akuatik Berpotensi Fitoremediator Air Limbah Industri di Waduk Bunder Gresik

Muhammad Badrut Tamam^{1*}, Aisyah Hadi Ramadani¹, Eti Milhatul Maflahah Halma¹, Chandra Tri Uliana Sari¹

¹ Program Studi Biologi, Fakultas Sains Teknologi dan Pendidikan, Universitas Muhammadiyah Lamongan, Jl. Raya Plalangan Plosowahyu KM.3 Lamongan Jawa Timur, Indonesia 62218

* mh.badruttamam@gmail.com

ABSTRACT

The Bunder Reservoir Ecosystem is composed of various components, both biotic and abiotic. One of the components contained in the reservoir is aquatic plants as phytoremediator for wastewater. The aquatic plant inventory in the Bunder Reservoir aims to determine the diversity of aquatic plant species that have the potential to phytoremediate industrial waste. The research design was descriptive qualitative exploratory. Aquatic plant species were collected using a subjective estimates method with visual techniques. In the waters of the Bunder Reservoir, 17 species of aquatic plants from 13 families were found, including 11 emergent types, 1 free floating, 4 rooted floating, and 1 submersed. Types that have the potential to act as phytoremediators for inorganic waste in the metal categories are *A. philoxerooides*, *A. sessilis*, *Cyperus* sp., *Hygrophila* sp., *I. carnea*, *I. aquatic*, *L. perpusilla*, *N. nucifera*, *Nymphaea* sp., *N. indica*, *P. barbata*, and *T. latifolia*. The aquatic plant that has the potential for phytoremediator of pesticide waste is *L. adscenden*. While *S. sesban* tends to remove oil pollutants. Organic waste degrading species consist of *T. latifolia*, *L. perpusilla*, *I. aquatica*, *Cyperus* sp., And *Brachiaria* sp.

Keywords: species diversity, aquatic plant, phytoremediator, heavy metal

ABSTRAK

Ekosistem Waduk Bunder tersusun dari berbagai komponen baik biotik maupun abiotik. Salah satu komponen yang terdapat dalam waduk tersebut adalah tumbuhan akuatik sebagai fitoremediator air limbah. Inventarisasi tumbuhan akuatik di Waduk Bunder bertujuan untuk mengetahui diversitas spesies tumbuhan akuatik yang berpotensi fitoremediasi limbah industri. Desain penelitian berupa deskriptif kualitatif yang bersifat eksplorasi. Pendataan spesies tumbuhan akuatik dilakukan menggunakan metode *subjective estimates* dengan teknik visual. Pada perairan Waduk Bunder ditemukan 17 spesies tumbuhan akuatik dari 13 familia yang mencakup 11 tipe emergent, 1 free floating, 4 rooted floating, dan 1 submersed. Jenis yang berpotensi sebagai fitoremediator limbah anorganik golongan logam terdiri dari *A. philoxerooides*, *A. sessilis*, *Cyperus* sp., *Hygrophila* sp., *I. carnea*, *I. aquatic*, *L. perpusilla*, *N. nucifera*, *Nymphaea* sp., *N. indica*, *P. barbata*, dan *T. latifolia*. Tumbuhan akuatik yang berpotensi fitoremediator limbah pestisida adalah *L. adscenden*. Sedangkan *S. sesban* cenderung sebagai penghilang polutan minyak. Spesies pendegradasi limbah organic terdiri dari *T. latifolia*, *L. perpusilla*, *I. aquatica*, *Cyperus* sp., dan *Brachiaria* sp.

Kata Kunci: diversitas spesies, tumbuhan akuatik, fitoremediator, logam berat

PENDAHULUAN

Kabupaten Gresik mengalami perkembangan pembangunan industri yang cukup signifikan. Data Dinas Koperasi, UKM, Perindustrian, dan Perdagangan Kabupaten Gresik Tahun 2017, setidaknya terdapat 6.495 industri yang berada di Kabupaten Gresik. Tingginya sektor industri ini memiliki dampak terhadap sosial ekonomi dan lingkungan dimana keduanya saling bertolak belakang. Perekonomian meningkat akan tetapi lingkungan semakin rusak akibat pencemaran limbah yang masuk ke ekosistem.

Waduk Bunder merupakan salah satu waduk yang terletak di tengah kota Gresik dan dimanfaatkan untuk berbagai sektor seperti pertanian. Berdasarkan Peraturan Bupati Gresik Nomor 3 Tahun 2015, Waduk Bunder ditetapkan sebagai penguasaan Pemerintah Kabupaten Gresik di bawah pengawasan Dinas Pekerjaan Umum Bidang Pengairan. Waduk ini diperuntukkan sebagai Sumber Daya Air.

Ekosistem Waduk Bunder tersusun dari berbagai komponen baik biotik maupun abiotik. Salah satu komponen yang terdapat dalam waduk tersebut adalah tumbuhan akuatik yang memiliki kemampuan sebagai fitoremediator air limbah. Inventarisasi tumbuhan akuatik di Waduk Bunder merupakan langkah awal untuk mengetahui potensi tumbuhan akuatik apa saja yang memiliki kemampuan fitoremediasi limbah industri.

Tumbuhan akuatik disebut juga dengan tumbuhan air dan hidrofit. Habitat tumbuhan akuatik yakni berada di lingkungan sekitar air atau di dalam air yang memiliki peranan sebagai produsen energi di suatu ekosistem (Odum dan Barrett, 2005). Fungsi tumbuhan akuatik dalam suatu ekosistem berperan sebagai fitoplankton yang berfungsi sebagai produsen awal rantai makanan di perairan, alga dan tumbuhan berbunga yang berfungsi sebagai tempat ikan berlindung, serta habitat bagi burung dan kehidupan liar lainnya, menyerap nutrisi, menetralisir polutan, penghasil oksigen bagi organisme heterotrof, menstabilkan dasar perairan dan sebagai tumbuhan hias. Selain memiliki peranan dan fungsi secara ekologis, tumbuhan akuatik memiliki manfaat sebagai sumber pangan, obat-obatan, dan agen fitoremeditor.

Tumbuhan akuatik dapat dibagi menjadi beberapa kelompok, yakni: *Submersed plants*, tumbuhan akuatik yang akarnya berada di dasar perairan serta tumbuh melewati bagian permukaan air yang ditandai dengan ciri bunga atau tangkai bunga muncul di bagian atas permukaan air. *Free floating plants*, tumbuhan akuatik yang hidupnya mengapung di permukaan air yang mana akar berada di dasar perairan, pada umumnya tumbuh pada perairan yang nutrisinya banyak. *Rooted floating plants*, tumbuhan akuatik yang memiliki batang di bagian bawah permukaan dengan sistem pertunasan, pada umumnya daun serta bunga mengapung di bagian dasar perairan dengan

kedalaman hingga 4-5 kaki. *Emergent plants*, tumbuhan akutik yang berada di tepi dengan ciri-ciri secara umum memiliki sistem perakaran yang berada di atas permukaan air (Lembi, 2009).

Fitoremediasi merupakan usaha mendekontaminasi limbah di tanah maupun air yang meliputi pencucian, penghancuran, inaktivasi, atau imobilisasi dengan memanfaatkan kemampuan tanaman untuk menyerap zat kontaminan tersebut (Astuti & Indriatmoko, 2018; Herlambang & Suryati, 2018). Proses fitoremediasi cemaran air limbah terdiri dari beberapa tahapan yaitu *Phytoextraction* – proses penarikan limbah kontaminan oleh akar dari media pertumbuhan dan diakumulasikan di sekitar akar. *Rhizofiltration* – proses penyerapan atau pengendapan zat kontaminan di bagian akar tumbuhan. *Phytostabilization* – proses pengurangan mobilitas limbah kontaminan di media pertumbuhan melalui penyerapan oleh akar dan limbah diikat oleh sel-sel akar sehingga tidak terlepas oleh erosi. *Rhyzodegradation* – proses penguraian limbah kontaminan oleh mikroorganisme yang bersimbiosis dengan akar tumbuhan. *Phytodegradation* – proses penguraian limbah kontaminan oleh tumbuhan yang dibantu oleh enzim tertentu seperti enzim oksigenasi dan dehalogenase. *Phytovolatilization* – proses penarikan dan transpirasi limbah kontaminan oleh tumbuhan dalam bentuk zat yang telah terurai oleh proses sebelumnya dan diuapkan ke atmosfer (Martin, 2019)

Penggunaan fitoremediasi memiliki beberapa keuntungan yaitu mudah, sederhana, dan biaya penerapan yang rendah (Cahyanto dkk., 2018). Nizam et al., (2020) membuktikan penggunaan jenis tumbuhan air yaitu *Eichhornia crassipes* dan *Ipomoea aquatica* terbukti efektif untuk mengurangi kadar pencemar dalam air. *E. crassipes* mampu mereduksi kadar fosfat terlarut sedangkan *I. aquatica* mengurangi 92,6% total padatan terlarut dan 82,7% kandungan nitrogen ammonia. Tingginya kemampuan dua spesies tersebut dalam meremediasi polutan didukung oleh sifat cepat tumbuh (*fast growing plant*).

METODE

Inventarisasi tumbuhan akuatik berpotensi sebagai fitoremediasi air limbah industri di waduk bunder gresik dilaksanakan pada bulan September – Januari 2020. Penelitian dilakukan di Waduk Bunder Gresik dengan koordinat $7^{\circ}10'23.09"S$, $112^{\circ}35'31.13"E$.

Desain penelitian berupa deskriptif kualitatif yang bersifat eksplorasi dengan bentuk studi lapangan. Berdasarkan pengertian Siyoto dan Sodik (2015) yang disesuaikan dengan variable penelitian ini, deskriptif kualitatif merupakan penelitian yang menggambarkan fenomena hadirnya tumbuhan akuatik di Waduk Bunder Gresik secara alamiah tanpa adanya perlakuan khusus yang sengaja dilakukan untuk mengondisikan kehadiran tumbuhan tersebut.

Pendataan spesies tumbuhan akuatik dilakukan menggunakan metode *subjective estimates* dengan teknik visual (Madsen and Wersal, 2017) yang dikombinasi foto aerial wahana drone. Teknik ini direkomendasikan untuk pengamatan ketiga jenis tumbuhan akuatik. Drone diterbangkan pada 6 titik stasiun pengamatan sebagai titik sampling. Seluruh tumbuhan yang teramat

diidentifikasi dari famili hingga spesies dan bentuk tumbuhnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tumbuhan akuatik yang berhasil diinventarisasi di Waduk Bunder tercantum pada tabel 1. Total ditemukan 17 spesies tumbuhan akuatik dari 13 familia yang mencakup 11 tipe *emergent*, 1 *free floating*, 4 *rooted floating*, dan 1 *submersed*.

Tabel 1. Daftar tumbuhan akuatik

Nama Ilmiah	Familia	Tipe
<i>Alternanthera philoxeroides</i>	Amaranthaceae	E
<i>Alternanthera sessilis</i>	Amaranthaceae	E
<i>Brachiaria</i> sp.	Poaceae	E
<i>Corchorus trilocularis</i>	Malvaceae	E
<i>Cyperus</i> sp.	Cyperaceae	E
<i>Hygrophila</i> sp.	Acanthaceae	S
<i>Ipomoea aquatica</i>	Convolvulaceae	E
<i>Ipomoea carnea</i>	Convolvulaceae	E
<i>Lemna perpusilla</i>	Araceae	FF
<i>Ludwigia adscenden</i>	Onagraceae	E
<i>Nelumbo nucifera</i>	Nelumbonaceae	RF
<i>Nymphaea nouchali</i>	Nymphaeaceae	RF
<i>Nymphaea pubescens</i>	Nymphaeaceae	RF
<i>Nymphoides indica</i>	Nymphaeaceae	RF
<i>Persicaria barbata</i>	Polygonaceae	E
<i>Sesbania sesban</i>	Fabaceae	E
<i>Typha latifolia</i>	Typhaceae	E

Keterangan : E = emergent; FF = free floating; RF = rooted floating; S = submersed (Sumber : Data Primer, 2021)

Berdasarkan pemetaan penggunaan lahan, sekitar Waduk Bunder banyak dimanfaatkan sebagai pemukiman, pertokoan, industri, lahan pertanian, dan lahan kosong. Pemukiman dan industri berkontribusi terhadap pencemaran limbah domestic berupa *grey water* (sabun, deterjen, minyak) dan *black water* (buangan kakus) yang membawa cemaran bakteri Coliform

(Widiyanto, dkk., 2015). Limbah domestic mengandung amoniak tinggi dan toksik bagi biota perairan (Said dan Sya'bani, 2014; Prayitno dan Sholeh, 2014) selain itu juga komponen fosfor yang menyebabkan eutrofikasi (Sulistia dan Septisya, 2019). Limbah industri menyumbang limbah anorganik berupa logam seperti mercuri (Hg), Khrom (Cr), Kadmium (Cd), timbal (Pb), tembaga (Cu) dan arsen (As) yang akan

menganggu metabolisme dan terakumulasi dalam makhluk hidup mengikuti rantai makanan (Caroline dan Moa, 2015). Bagian selatan waduk mayoritas berbatasan dengan lahan pertanian. Aktivitas pertanian seperti pemberian pupuk dan insektisida mencemari perairan Waduk yang meningkatkan kadar nitrogen, fosfat, kalium, organofosfat, organoklorin, dan karbamat (Mulyono, 2009; Nugroho, dkk., 2015). Organofosat salah satu zat yang berbahaya bagi kesehatan karena dapat menghambat aktivitas enzim asetilkolinestrase yang menyebabkan kejang dan kelumpuhan (Kadim, dkk., 2013). Bahan-bahan pencemar tersebut dapat diremediasi oleh tumbuhan akuatik yang ditemukan pada penelitian ini.

Kemampuan masing-masing tumbuhan berbeda dalam mengakumulasi bahan pencemar. Faktor yang mempengaruhi potensi remediasi pada tumbuhan akuatik diantaranya kecepatan pertumbuhan, struktur anatomi tubuh yang sederhana, laju penyerapan ion substrat ke dalam tubuh, jenis tumbuhan dikotil mampu menyerap pencemar lebih banyak dari monokotil, kandungan kloroplas, konsentrasi pencemar (Notohadiprawiro, 2006; Sa'ad, dkk., 2009). Pada penelitian ini ditemukan beberapa family yang diketahui memiliki kemampuan hyperakumulator logam berat yaitu famili Poacea, Cyperaceae, Fabaceae sesuai dengan penelitian Thampatti et al., (2020).

Alternanthera philoxeroides berdasar catatan Khan et al., (2020) secara spesifik mampu menyerap polutan pewarna industri

tekstil golongan remazol red. Pada penelitian ini tumbuhan *A. philoxeroides* banyak dijumpai pada area yang berdekatan dengan pintu air waduk serta cenderung tumbuh pada zona litoral. Rana dan Maiti (2020) menyatakan bahwa jenis ini dimanfaatkan sebagai tumbuhan penyerap limbah bahan-bahan artifisial. Spesies *Alternanthera* yang lain yaitu *A. sessilis* mampu mengakumulasi logam Pb namun kurang potensial untuk logam Cr dan Cd (Chinmayee et al., 2014). Kemampuan tersebut merupakan mekanisme pertahanan terhadap stress oksidatif.

Penelitian Nandakumar et al. (2019) menyatakan bahwa genus *Brachiaria* dapat digunakan untuk menghilangkan fosfor dan nitrogen pada proses wastewater treatment skala industri kecil dan pertanian. Jenis tumbuhan ini dilaporkan tidak memiliki potensi sebagai fitoekstraksi logam berat (Andrade et al., 2014).

Spesies akuatik lain yang tercatat juga memiliki kemampuan removal kelebihan nutrient pertanian yaitu *Cyperus* sp. Genus *Cyperus* menurut Fletcher et al. (2020) berpotensi menghilangkan nitrogen, ammonia, dan fosfor berlebih di perairan dengan rata-rata efisiensi 64,5%, 69%, dan 54%. Berbeda dengan spesies *Corchorus trilocularis*, Niazy dan Wahdan (2017) melaporkan bahwa spesies ini kurang berpotensi sebagai fitoremediator. Penelitian yang mereka lakukan dengan perlakuan Pb tidak diserap efektif oleh genus *Corchorus*.

Spesies *Hygrophila* sp. dan *Ipomoea* sp. telah banyak dikenal sebagai fitoremediator

logam berat Zn, Pb, Ni, Cd (Mihaela et al., 2014), dan terutama golongan Kromium (Cr). *I. carnea* dan *I. aquatica* mengakumulasi kromium sebagian besar pada bagian batang, kemudian akar dan daun (Syabani, dkk., 2011). Untuk limbah organic, *I. aquatica* mampu mereduksi kadar nitrogen dan fosfor (Fletcher et al., 2020).

Lemna perpusilla secara ekologis tumbuhan ini merupakan gulma perairan namun efektif menyerap limbah anorganik logam berat Cd, Hg, Zn, Mn, Pb, Cr, Cu, Fe, Ni dan Ag (Ugya, 2015; Safarrida, 2015; Irawanto dan Munandar, 2017; Daud et al., 2018). *Lemna perpusilla* secara ekologis bersifat sun loving yaitu membutuhkan paparan intensitas cahaya matahari tinggi untuk menunjang pertumbuhannya. Hal ini terkait dengan distribusi spesies *L. perpusilla* yang dominan berada di area terbuka di bagian tengah Waduk Bunder. *L.perpusilla* juga mengubah nitrogen dan fosfor sebagai nutrisi tumbuh sehingga tanaman ini sangat berpotensi untuk mereduksi kelebihan kadar nitrogen dan fosfor di perairan (Astuti dan Indriatmoko, 2018).

Genus *Ludwigia* merupakan fitoremediator yang efektif untuk menyerap polutan pestisida golongan Atrazine, lambdacychalothorin. *Ludwigia* mentranslokasikan senyawa tersebut pada jaringan mesosom tubuhnya (Fletcher et al., 2020).

Nelumbo nucifera dikenal sebagai tumbuhan akuatik yang bersifat hiperakumulasi logam berat dengan spectrum jenis logam yang sangat bervariasi serta

toleransi yang tinggi. *Nelumbo* tercatat dapat mengakumulasi logam golongan Fe, Al, Pb, Cd (Thampatti et al., 2020), Mn (Obando, 2012), Cu, Cr, Pb, As (Hamidian et al., 2016) serta golongan Sn (Ashraf et al., 2013). Logam ini ditranslokasikan ke bagian akar, daun, petiole tanpa ada gejala toksisitas.

Genus *Nymphaea*, termasuk tumbuhan dengan toleransi tinggi terhadap paparan logam berat. Tumbuhan ini mampu mengimobilisasi logam ke kelenjar epidermis daun. Jenis logam yang mampu diakumulasi oleh *Nymphaea* antara lain Zn, Pb, Fe, Al, dan Cd (Thampatti et al., 2020). Berbeda dengan *Nymphaea*, *Nymphoides indica* tidak mengakumulasi banyak jenis logam. Jenis ini hanya mampu sebagai fitoekstraktor logam Fe, Al, Cd, dan Pb yang diakumulasi pada bagian akar (Thampatti et al., 2020). Jenis lainnya yang juga terbatas pada logam tertentu adalah *Persicaria barbata*. Spesies ini hanya mampu mengakumulasi logam Pb, Cu, Zn, dan Cr (Nazir et al., 2011; Teuchies et al., 2013).

Genus *Sesbania* yang termasuk dalam family Fabaceae tidak banyak berperan sebagai fitoremediator logam berat, namun berdasarkan penelitian Farhana et al., (2012) tumbuhan ini mampu mendetoksifikasi limbah hidrokarbon dari tumpahan minyak.

Typha latifolia memiliki kemampuan mengabsorbsi dan sangat toleran terhadap kandungan nitrogen tinggi (Khan et al., 2020). Pemanfaatan Waduk Bunder sebagai lahan pertanian saat musim kemarau meningkatkan intake nitrogen ke dalam substrat di perairan. Nitrogen menjadi salah satu komponen pupuk

yang banyak digunakan oleh masyarakat di sekitar Waduk pada lahan pertanian mereka. Fletcher et al. (2020) mendata bahwa *T. latifolia* juga dapat menghilangkan kelebihan fosfor dalam air dengan efisiensi 81%. Hal ini memperkuat hasil penelitian ini yang menunjukkan pola distribusi *T. latifolia* cenderung berkoloni di dekat dan bekas lahan pertanian. *T. latifolia* dalam Rana dan Maiti (2020) digunakan untuk menyerap logam As, Cd, Cr, Cu, Pb, Zn, dan Ni yang ada dalam leachate landfill sedangkan Salem et al., (2017) menyatakan jenis ini akumulator Mn.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mendata sebanyak 17 spesies tumbuhan akuatik yang berada di Waduk Bunder, Gresik. Jenis yang berpotensi sebagai fitoremediator limbah anorganik golongan logam terdiri dari *A. philoxeroides*, *A. sessilis*, *Cyperus* sp., *Hygrophila* sp., *I. carnea*, *I. aquatic*, *L. perpusilla*, *N. nucifera*, *Nymphaea* sp., *Nymphoides indica*, *Persicaria barbata*, dan *Typha latifolia*. Tumbuhan akuatik yang berpotensi fitoremediator limbah pestisida adalah *L. adscenden*. Sedangkan *S.sesban* cenderung sebagai penghilang polutan minyak. Spesies pendegradasi limbah organic terdiri dari *T. latifolia*, *L. perpusilla*, *I.aquatica*, *Cyperus* sp., dan *Brachiaria* sp.

DAFTAR PUSTAKA

Andrade, A.F.M., Nelson M.B do Amaral Sobrinho. F.S dos Santos. M.O.L Megalhaes, A Tolon-Beccera, L da Silva

Lima. 2014. EDTA-induced phytoextraction of lead and barium by brachiaria (*B. decumbens* cv. Basilisk) in soil contaminated by oil exploration drilling waste. *Acta Scientiarum. Agronomy* 36(4): 495-500

Ashraf, M.A., Maah J.M., Yusoff I. 2013. Evaluation of Natural Phytoremediation Process Occuring at ex-situ Mining Catchment. *Chiang Mai J Sci* 40(2): 198-213

Astuti L.P. dan Indriatmoko. 2018. Kemampuan Beberapa Tumbuhan Air dalam Menurunkan Pencemaran Bahan Organik dan Fosfat untuk Memperbaiki Kualitas Air. *Jurnal Teknologi Lingkungan* 19(2): 183-190

Caroline J dan G.A. Moa. 2015. Fitoremediasi Logam Timbal (Pb) Menggunakan Tanaman Melati Air (*Echinodorus palaefolius*) Pada Limbah Industri Peleburan Tembaga Dan Kuningan. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan III* : 733-744

Chinmayee D.M., Mary S.A., Mini I., Swapna T.S. 2014. Phytoremediation Potential and Antioxidant Responses in *Alternanthera sessilis* (L) R.BR. *Journal of Aquatic Biology and Fisheries* 2 : 114-118.

Daud, M.K., S. Ali., Z. Abbas, I.E. Zaheer, M.A. Riaz, A. Malik, A. Hussain, M.Rizwan, M. Zia-ur-Rehman, S.J. Zhu. 2018. Potential of Duckweed (*Lemna minor*) for the Phytoremediation of Landfill Leachate. *Journal of Chemistry* 2018: 1-9. <https://doi.org/10.1155/2018/3951540>

Farhana M, Zhenyu W, Ying X, Jian Z, Dongmei G, Yang-Guo Z, Zulfiqar AB, Baoshan X .2012. Rhizodegradation of petroleum hydrocarbons by *Sesbania cannabina* in bioaugmented soil with free and immobilized consortium. *J Hazard Mater* 30:262-269

Fletcher J., N. Willby, D.M. Oliver, R.S. Quilliam. 2020. Phytoremediation Using Aquatic Plants. *Phytoremediation In-situ*

- Applications Chapter 7. Springer Nature Switzerland. Switzerland
- Hamidian AH, Norouznia H, Mirzaei R. 2016. Phytoremediation efficiency of *Nelumbo nucifera* in removing heavy metals (Cu, Cr, Pb, As and Cd) from water of Anzali wetland. *J Ecol Nat Environ* 69(3):633-643
- Irawanto, R., A A Munandar. 2017. Kemampuan tumbuhan akuatik *Lemna minor* dan *Ceratophyllum demersum* sebagai fitoremediator logam berat timbal (Pb). *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon* 3(3): 446-452.
- Kadim M.K., S. Sudaryanti, W. Endang Y. H. 2013. Pencemaran Residu Pestisida di Sungai Umbulrejo Kecamatan Dampit Kabupaten Malang. *J. Manusia dan Lingkungan* 20 (3):262-268.
- Khan, M.I., S.A Cheema, S.Anum, NK Niazi, M.Azam, S.Bashir, I Ashraf, R.Qadri. 2020. Phytoremediation of Agricultural Pollutants. *Phytoremediation In-situ Applications Chapter 2*. Springer Nature Switzerland. Switzerland
- Khan, M.I., S.A. Cheema, S.Anum, N.K Niazi, M.Azam, S. Bashir, I. Ashraf, R. Qadri. 2020. Phytoremediation of Agricultural Pollutants. *Phytoremediation, Concepts and Strategies in Plant Sciences Chapter 2*. Springer Nature. Switzerland.
- Martin, Artho Nugraha. 2019 . Fitoremediasi Logam Besi (Fe) Pada Air Eks Galian Pasir Kecamatan Pasir Sakti Kabupaten Lampung Timur Menggunakan Eceng Gondok *Eichhornia crassipes* (Martius, 1824). Skripsi. Fakultas pertanian. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Mihaela C., Corneau C.G., Craciun C., Tripone S. 2014. Phytoremediation Of Some Heavy Metals And Radionuclides From A Polluted Area Located On The Middle Jiu River. Case Study: *Typha Latifolia* L. *Muzeul Olteniei Craiova. Oltenia. Studii și comunicări. Științele Naturii. Tom 30(2): 209-221*
- Mulyono, D. 2009. Pencemaran Pestisida Dalam Budidaya Pertanian dan Upaya Pengendaliannya. *JRL* 5(3): 219-224.
- Nandakumar S, Pipil H, Ray S, Haritash AK (2019) Removal of phosphorous and nitrogen from wastewater in Brachiaria-based constructed wetland. *Chemosphere* 233:216-222
- Niazy M.M., dan M.E.M. Wahdan. 2017. Enhancing Phytoremediation of Pb by Treating Soil With Citric Acid and Growing White Jute (*Corchorus capsularis*, L.) and River Red Gum (*Eucalyptus camaldulensis*). *Zagazig J.Agric.res* 44(4): 1359-1367.
- Nizam, N.U.M., M.M. Hanafiah, I.M. Noor, H.I.A. Karim. 2020. Efficiency of Five Selected Aquatic Plants in Phytoremediation of Aquaculture Wastewater. *Appl. Sci.* 10(2712) : 1-11.
- Notohadiprawiro. 2006. *Logam Berat dalam Pertanian*. Ilmu Tanah Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Nuhgroho, B.Y.H., S.Y. Wulandari, A.Ridlo. 2015. Analisis Residu Pestisida Organofosfat di Perairan Mlonggo Kabupaten Jepara. *Jurnal Oseanografi* 4(3):541-544.
- Obando WSO. 2012. Evaluation of sacred lotus (*Nelumbo nucifera* Gaertn.) as an alternative crop for phyto-remediation. *Ph. D. thesis*, Auburn University, Auburn, Alabama, 193 p
- Prayitno dan M. Sholeh. 2014. Pengurangan Nitrogen Pada Limbah Cair Terolah Industri Penyamakan Kulit Menggunakan Sistem Wetland Buatan. *Majalah Kulit, Karet, dan Plastik* 30(2):79-86.
- Sa'ad, N.S, R. Artanti, T. Dewi. 2009. Fitoremediasi untuk Rehabilitasi Lahan Pertanian Tercemar Kadminum (Cd) dan Tembaga (Cu). *Jurnal Tanah dan Iklim* 30: 59-66
- Safarrida A, Ngadiman, Jaka. 2015. Fitoremediasi kandungan kromium pada

- limbah cair menggunakan tanaman air. Jurnal Biotehnologi dan *Biosains* 2 (2): 55-59.
- Said, N.I., dan M.R. Sya'bani. 2014. Penghilangan Amoniak di Dalam Air Limbah Domestik Dengan Proses Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR). *JAI* 7 (1): 44-65.
- Salem, Z.B., Laffray, X., Al-Ashoor, A., Ayadi H, Aleya, L., 2017. Metals and metalloid bioconcentrations in the tissues of *Typha latifolia* grown in the four interconnected ponds of a domestic landfill site. *J Environl Sci*, 54: 56-68. DOI: 10.1016/j.jes.2015.10.039
- Sulistia S dan A.C. Septisya. 2019. Analisis Kualitas Air Limbah Domestik Perkantoran. *JRL* 12(1):41-57.
- Syabani, M.W., F. Nugraha, Noodiyanto. 2011. Potensi Phytoremediation dari *Ipomoea aquatica* untuk Air Terkontaminasi Kromium Valensi Enam. *Prosiding Workshop Penelitian dan Pengembangan Kulit, Karet, dan Plastik*. Yogyakarta
- Thampatti, K.C., V.I. Beena, A.V. Meera, A.S. Ajayan. 2020. Phytoremediation of Metals by Aquatic Macrophytes. *Phytoremediation In-situ Applications Chapter 6*. Springer Nature Switzerland. Switzerland
- Teuchies, J., Jacobs, S., Oosterlee, L., Bervoets, L., & Meire, P. 2013. Role of plants in metal cycling in a tidal wetland: Implications for phytoremediation. *Science of the Total Environment*, 445-446(2013), 146-154. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.11.088>
- Ugya A. 2015. The efficiency of *Lemna minor* in the phytoremediation of romi stream: a case study of kaduna refinery and petrochemical company polluted stream. *J Appl Biol Biotechnol* 3 (1): 11-14
- Widiyanto A.F., S.Yuniarno, Kuswanto. 2015. Polusi Air Tanah Akibat Limbah Industri dan Limbah Rumah Tangga. *Kesmas* 10(2): 246-254.