

EFEKTIVITAS KOMBINASI VEGETASI *Salvinia molesta* Mitchell DAN *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms DALAM FITOREMEDIASI LOGAM BERAT Pb LIMBAH CAIR KAIN JUMPUTAN

Nur Suci Ramadhani*, Juswardi

Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya Jalan
Palembang-Prabumulih km 32 Indralaya Ogan Ilir 30662,

Sumatera Selatan

*E-mail: nursuci337@gmail.com

Abstrak

Kain jumputan merupakan salah satu kerajinan khas Palembang dibuat dengan cara kombinasi beberapa teknik membatik, pada proses pewarnaan kain sering menggunakan zat warna sintetik. Penggunaan pewarna berlebihan dapat memicu masalah karena menghasilkan limbah cair hasil industri yang langsung dibuang ke lingkungan tanpa diolah terlebih dahulu dikarenakan belum dilengkapi dengan instalasi pengolahan air limbah (IPAL). Sehingga akan berpotensi menimbulkan limbah cair dengan kandungan logam berat seperti timbal (Pb) yang akan berbahaya bagi lingkungan, manusia dan biota perairan. Upaya mengolah limbah cair dengan menerapkan fitoremediasi menggunakan kiambang (*Salvinia molesta* Mitchell) dan eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms). *S. molesta* dan *E. crassipes* diketahui masing-masing memiliki kemampuan mengakumulasi logam berat limbah cair. Sehingga kedua tumbuhan air tersebut dikombinasikan dengan tujuan memiliki keunggulan dalam fitoremediasi menurunkan kadar logam Pb dengan persentase yang lebih besar. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) 6 perlakuan, yaitu P0 : tanpa tumbuhan air (kontrol) ; P1 : *S. molesta* 100 g; P2 : *S. molesta* 75 g dan *E. crassipes* 25 g; P3 : *S. molesta* 50 g dan *E. crassipes* 50 g; P4 : *S. molesta* 25 g dan *E. crassipes* 75 g; P5 : *E. crassipes* 100 g. Analisis data efektivitas remediasi logam Pb, dan laju pertumbuhan relatif menggunakan analisis varian, jika signifikan dilanjutkan uji *Duncans* taraf α 0,05. Hasil penelitian didapat bahwa kombinasi vegetasi *S. molesta* dan *E. crassipes* lebih efektif dalam remediasi logam Pb limbah cair kain jumputan yaitu 85,12-85,82% dibandingkan vegetasi tunggal *S. molesta* atau *E. crassipes* yaitu 81,71-82,10%. Efektivitas fitoremediasi yang lebih baik pada vegetasi kombinasi *S. molesta* dan *E. crassipes* juga diikuti oleh LPR yang lebih baik yaitu 0,0142-0,0175 g/hari dibandingkan vegetasi tunggal yaitu 0,0084-0,0125 g/hari. Efektivitas fitoremediasi vegetasi campuran *S. molesta* dan *E. crassipes* berpotensi untuk dikembangkan sebagai pengolahan limbah cair kain jumputan.

Kata Kunci: limbah cair, fitoremediasi, *Salvinia molesta*, *Eichhornia crassipes*, logam berat Pb

1. PENDAHULUAN

Palembang merupakan kota yang memiliki industri tekstil cukup berkembang seperti industri kain songket dan kain jumputan. Kain jumputan dibuat dengan cara kombinasi beberapa teknik membatik yang pada proses pewarnaannya menggunakan pewarna sintetik. Menurut Susmanto *et al.* (2020) zat warna sintetik lebih sering digunakan pada proses pewarnaan kain jumputan dikarenakan intensitas warna cerah dan bagus dalam pengaplikasiannya. Penggunaan pewarna sintetik berlebihan dapat memicu masalah karena menghasilkan limbah cair.

Limbah cair hasil industri langsung dibuang ke lingkungan tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu dikarenakan kebanyakan industri pembuatan kain jumputan masih dalam skala kecil (Susmanto *et al.*, 2020). Industri dalam skala besar umumnya sudah dilengkapi dengan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) yang canggih sedangkan industri kecil belum memilikinya dikarenakan kendala modal. Rohmah *et al.* (2018) menyatakan industri kecil yang belum memiliki IPAL akan berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan berupa limbah cair mengandung zat beracun atau logam berat.

Logam berat seperti timbal (Pb) dan kromium (Cr) terkandung dalam bahan pewarna sintetik yang digunakan pada tahapan dalam proses pewarnaan dan pencelupan kain jumputan (Hastuti *et al.*, 2018). Keberadaan logam tersebut akan berbahaya bagi lingkungan dan

manusia. Menurut Budiastuti *et al.* (2016), apabila logam Pb masuk ke dalam perairan maka akan terbentuk limbah yang akan mengalami pengendapan sehingga dapat menurunkan kualitas perairan dan memberikan dampak terhadap kelangsungan hidup biota perairan.

Upaya dalam mengolah limbah cair yakni dengan menerapkan fitoremediasi. Menurut Hamzah dan Rossyda (2019) fitoremediasi merupakan metode yang diterapkan untuk mengatasi pencemaran tanah maupun air. Teknik ini menggunakan tumbuhan untuk menyaring dan mendegradasi bahan beracun seperti adanya kandungan logam berat. Tangahu *et al.* (2011) menyatakan fitoremediasi merupakan teknologi menggunakan tumbuhan untuk membersihkan lingkungan yang terkontaminasi dari kontaminan berbahaya sehingga akan meningkatkan kualitas lingkungan.

Keunggulan yang dimiliki fitoremediasi dengan menggunakan tumbuhan dinilai lebih efektif dibandingkan metode lain karena tidak menimbulkan polusi sekunder (Suhartini dan Irnia, 2018). Keuntungan lain fitoremediasi adalah dapat bekerja pada senyawa organik dan anorganik, prosesnya dapat dilakukan secara *in situ* dan *ex situ*, mudah diterapkan dan tidak memerlukan banyak biaya. Tidak memerlukan peralatan khusus dan dapat diterima oleh masyarakat (Caroline dan Guido, 2015). Teknik fitoremediasi juga menjadi teknologi ramah lingkungan, bersifat estetik bagi lingkungan dan dapat mereduksi kontaminan dalam jumlah yang besar (Yan *et al.*, 2020).

Tumbuhan yang digunakan pada fitoremediasi memiliki kemampuan dalam membersihkan polutan dan menstabilisasi logam berat atau memiliki sifat hiperakumulator. Tumbuhan hiperakumulator mampu mengakumulasi logam berat pada konsentrasi yang tinggi (Hidayati, 2013). Strategi fitoremediasi yang dapat diterapkan tumbuhan untuk akumulasi logam berat yakni melalui mekanisme fitoekstraksi, rizofiltrasi dan fitostabilisasi (Laghlimi *et al.*, 2015).

Tumbuhan air yang dapat digunakan sebagai agen fitoremediator seperti kiambang (*Salvinia molesta* Mitchell) dan eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms). Menurut Djo *et al.* (2017) *E. crassipes* memiliki kemampuan untuk dapat hidup pada kondisi air yang tercemar serta dapat menghasilkan biomassa. Riyanto (2011) menyatakan *S. molesta* termasuk salah satu agen fitoremediator yang baik karena pertumbuhannya cepat serta memiliki sifat hiperakumulator dan absorpsi tinggi.

S. molesta dan *E. crassipes* diketahui bahwa masing-masing memiliki kemampuan dalam mengakumulasi logam berat pada limbah cair. Kedua tumbuhan air tersebut dikombinasikan dengan tujuan akan memiliki keunggulan dalam fitoremediasi menurunkan kadar logam Pb dengan persentase yang lebih besar. Imron *et al.* (2019) menyatakan kombinasi *S. molesta* dan *E. crassipes* dapat menurunkan *biological oxygen demand* (BOD) sebesar 10,3 mg/L dan *total suspended solid* (TSS) sebesar 17,4 mg/L pada limbah domestik.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui efektivitas dari kombinasi vegetasi *S. molesta* dan *E. crassipes* dalam fitoremediasi logam berat Pb pada limbah cair kain juputan. Peneliti ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang kombinasi vegetasi *S. molesta* dan *E. crassipes* yang efektif untuk dimanfaatkan dalam fitoremediasi logam Pb pada limbah cair kain juputan.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2021 sampai dengan Maret 2022. Tempat penelitian di Rumah Percobaan, Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.

2.2. Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah bioreaktor dengan diameter 49 cm dan tinggi 24 cm, botol sampel, kamera, spektrofotometer serapan atom (SSA), timbangan analitik. Sedangkan bahan yang dibutuhkan yaitu *Salvinia molesta* dan *Eichhornia crassipes*, larutan HNO₃ dan limbah cair kain jumputan.

2.3. Rancangan Penelitian

Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL), dengan menggunakan 6 perlakuan dan 4 kali ulangan masing-masing pada 50% limbah cair kain jumputan. Perlakuan yang dicobakan yaitu menggunakan kombinasi perbandingan biomassa segar tumbuhan air pada 10 liter limbah cair kain jumputan per bioreaktor sebagai berikut P0 : tanpa tumbuhan air (kontrol); P1 : *S. molesta* 100 g; P2 : *S. molesta* 75 g dan *E. crassipes* 25 g; P3 : *S. molesta* 50 g dan *E. crassipes* 50 g; P4 : *S. molesta* 25 g dan *E. crassipes* 75 g; P5 : *E. crassipes* 100 g.

2.4. Cara Kerja

2.4.1. Pengambilan Sampel Air Limbah

Sampel air limbah jumputan diambil sebanyak jumlah yang dibutuhkan dari industri kain jumputan Tiga Putri Bahar Kelurahan Tuan Kentang, Kota Palembang Sumatera Selatan.

2.4.2. Aklimatisasi dan Penanaman *Salvinia molesta* dan *Eichhornia crassipes*

S. molesta dan *E. crassipes* diambil dalam keadaan segar dari perairan Tanjung Senai Indralaya dan diaklimatisasi menggunakan air sumur selama 7 hari. Setelah diaklimatisasi, selanjutnya ditanam pada bioreaktor yang sudah diberi perlakuan dengan penambahan air limbah kain jumputan pada konsentrasi 50%. Kemudian pemeliharaan *S. molesta* dan *E. crassipes* dilakukan selama 15 hari.

2.5. Variabel Pengamatan

2.5.1. Pengukuran Berat Segar *S. molesta* dan *E. crassipes*

Pengukuran berat segar dilakukan pada awal dan akhir penelitian dengan menimbang semua tanaman yang terdapat pada masing-masing bioreaktor menggunakan timbangan analitik.

2.5.2. Laju Pertumbuhan Relatif

Laju pertumbuhan relatif diukur dari berat segar pada awal dan akhir penelitian dihitung berdasarkan rumus:

$$LPR = \frac{\ln BS2 - \ln BS1}{t2 - t1}$$

Keterangan :

LPR : Laju Pertumbuhan Relatif

BS1 : Berat segar tanaman awal

BS2 : Berat segar tanaman akhir

t1 : Waktu pengamatan awal

t2 : Waktu pengamatan akhir

2.5.3. Timbal

Kadar timbal dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{Kadar timbal (mg/L)} = C \times fp$$

Keterangan :

C : kadar yang didapat dari hasil pengukuran (mg/L)

fp : faktor pengenceran

2.5.4. Efektivitas Fitoremediasi

Efektivitas fitoremediasi dengan variabel logam berat Pb dapat dihitung dengan rumus (Lin *et al.*, 2009).

$$Ef = \frac{\{(Po - Pt) - (Po - Pc)\}}{Po} \times 100 \%$$

Keterangan :

Ef : Efektivitas fitoremediasi

Po : Parameter awal

Pc : Parameter akhir tanpa agen fitoremediasi

Pt : Parameter akhir dengan agen fitoremediasi

2.6. Analisis Data

Data kuantitatif akan ditampilkan dalam bentuk tabel dan efektivitas fitoremediasi, berat segar, laju pertumbuhan relatif dan kadar Pb dianalisis menggunakan analisis varian (Anava). Apabila hasil Anava berpengaruh nyata maka dilanjutkan dengan uji lanjut *Duncans Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf α 0,05.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Berat Segar dan Laju Pertumbuhan Relatif *S. molesta* dan *E. crassipes*

Berat segar dan laju pertumbuhan relatif dari *S. molesta* dan *E. crassipes* pada masing-masing perlakuan disajikan pada Tabel 1. sebagai berikut:

Tabel 1. Berat segar dan Laju Pertumbuhan Relatif pada kombinasi perbandingan biomassa *S. molesta* dan *E. crassipes*

Perlakuan Tumbuhan <i>S. molesta</i> : <i>E. crassipes</i> (g)	Berat Segar (g)		Laju Pertumbuhan Relatif (g/hari)
	Awal	Akhir	
(P1) 100 :	0	100	0,0084
(P2) 75 :	25	100	0,0175
(P3) 50 :	50	100	0,0142
(P4) 25 :	75	100	0,0150
(P5) 0 :	100	100	0,0125

Berat segar awal *S. molesta* dan *E. crassipes* yang digunakan sebagai agen fitoremediasi yakni sebesar 100 g. Berdasarkan Tabel 1. dapat terlihat bahwa terjadi penambahan berat segar setelah fitoremediasi dengan waktu retensi 15 hari. Perlakuan variasi kombinasi vegetasi *S. molesta* dan *E. crassipes* menunjukkan terjadi penambahan berat segar lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan vegetasi tunggal. Penambahan berat segar ditunjukkan dari meningkatnya nilai laju pertumbuhan relatif (LPR) sebesar 0,0175 g/hari pada perlakuan kombinasi oleh *S. molesta* 75 g dan *E. crassipes* 25 g (P2). Sementara itu, nilai laju pertumbuhan relatif paling rendah sebesar 0,0084 g/hari terdapat pada perlakuan *S. molesta* 100 g (P1).

Peningkatan berat segar terjadi dikarenakan banyaknya tunas baru yang tumbuh dari *S. molesta* dan *E. crassipes*. Hal ini mengindikasikan bahwa kedua tanaman memiliki kemampuan beradaptasi pada limbah cair kain jomputan. Menurut Supriyantini dan Sunardjo (2015), tanaman akan melakukan alokasi dan mampu menurunkan kadar toksistas logam berat. Hal ini terjadi melalui pengenceran dengan menyimpan air dalam daun sehingga biomassa akan meningkat. Menurut Indah *et al.* (2018), penambahan berat segar terjadi karena kemampuan akar menyerap zat kontaminan dengan baik, kemudian disimpan dalam jaringan vaskular selama proses metabolisme yang digunakan untuk memperbanyak sel.

S. molesta dan *E. crassipes* memiliki cara sendiri untuk dapat bertahan hidup dan untuk lebih meningkatkan pertumbuhannya dalam media limbah cair kain jomputan. Limbah yang banyak mengandung bahan organik dimanfaatkan oleh *E. crassipes* sebagai nutrisi dalam pertumbuhannya sehingga biomassa dapat meningkat meskipun hidup pada tempat tercemar. Vidyawati dan Herlina (2019) menyatakan kemampuan akar *E. crassipes* dalam menyerap bahan organik yang mengandung nutrisi senyawa N yang diperlukan untuk pertumbuhannya, kemudian disimpan dalam jaringan vaskular untuk metabolisme.

Berat segar tanaman mengalami penurunan dikarenakan adanya pengaruh toksistas logam. Selain itu, *S. molesta* dan *E. crassipes* juga mengalami perubahan morfologi seperti terjadinya klorosis dan nekrosis sehingga berat segar tanaman akan berkurang meskipun ada beberapa tunas baru yang tumbuh. Menurut Haryati *et al.* (2012) laju pertumbuhan tanaman menurun disebabkan oleh toksistas logam dalam sel dan berikatan dengan enzim yang mengakibatkan terganggunya reaksi kimia dalam sel. Hal ini akan menimbulkan efek toksistas berupa klorosis dan nekrosis yang terlihat pada tanaman terutama pada daun.

Faktor lingkungan suhu dan kelembapan juga mempengaruhi pertumbuhan tanaman dalam media limbah yang akan mempengaruhi penambahan berat segar. Suhu lingkungan pada penelitian ini berkisar antara 26,9 - 30,6 °C, masih termasuk suhu optimum untuk pertumbuhan *S. molesta* dan *E. crassipes* ditandai dengan adanya penambahan berat segar. Menurut Andriani dan Ratna (2019) tanaman mampu tumbuh dan berkembang dengan baik pada suhu optimum.

McFarland (2004) menyatakan *S. molesta* merupakan gulma air yang mampu tumbuh pada suhu maksimal 30 °C. Sudarsono *et al.* (2013) menyatakan pertumbuhan yang optimum pada *E. crassipes* memerlukan cahaya matahari yang cukup dan suhu yang optimum berkisar 25 – 30 °C.

3.2. Kadar Logam Timbal (Pb)

Efektivitas fitoremediasi dalam menurunkan kadar logam Pb oleh *S. molesta* dan *E. crassipes* disajikan pada Tabel 2. sebagai berikut:

Tabel 2. Efektivitas fitoremediasi penurunan kadar logam Pb limbah cair kain jumptan menggunakan kombinasi perbandingan biomassa *S. molesta* dan *E. crassipes*

Perlakuan Tumbuhan <i>S. molesta</i> : <i>E. crassipes</i> (g)	Kadar Pb (mg/L)		Rata-rata Penurunan Pb (mg/L)	Efektivitas Fitoremediasi Pb (%)
	Awal	Akhir		
(P1) 100 : 0	0,785	0,061	0,724	81,71 ^b
(P2) 75 : 25	0,785	0,034	0,751	85,12 ^a
(P3) 50 : 50	0,785	0,030	0,755	85,63 ^a
(P4) 25 : 75	0,785	0,029	0,756	85,82 ^a
(P5) 0 : 100	0,785	0,058	0,727	82,10 ^b

Keterangan : Angka yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji lanjut DMRT α 5%.

Tabel 2. menunjukkan bahwa terjadi penurunan kadar Pb pada limbah cair kain jumptan menggunakan variasi kombinasi *S. molesta* dan *E. crassipes* setelah fitoremediasi dengan waktu retensi 15 hari. Kadar Pb sebelum fitoremediasi sebesar 0,785 mg/L yang masih berada diatas standar baku mutu. Setelah fitoremediasi, perlakuan variasi kombinasi *S. molesta* dan *E. crassipes* menurunkan kadar Pb menjadi 0,029 mg/L hingga 0,034 mg/L yang sudah memenuhi baku mutu yang ditetapkan sebesar 0,03 mg/L. Sementara itu, penurunan kadar Pb pada perlakuan tunggal sebesar 0,058 mg/L dan 0,061 mg/L masih berada diatas standar baku mutu.

Efektivitas fitoremediasi kadar Pb pada perlakuan kombinasi sebesar 85,12% hingga 85,82% yang menunjukkan terjadinya penurunan kadar Pb yang signifikan dibandingkan dengan perlakuan tunggal. Efektivitas fitoremediasi dalam menurunkan kadar Pb lebih tinggi terdapat pada perlakuan kombinasi oleh *S. molesta* 25 g dan *E. crassipes* 75 g (P4) dengan nilai sebesar 85,82%. Perlakuan *S. molesta* 100 g (P1) menunjukkan efektivitas dalam menurunkan kadar Pb lebih rendah yakni 81,71%.

Variasi kombinasi perbandingan biomassa *S. molesta* dan *E. crassipes* terbukti memiliki kemampuan mengakumulasi kadar logam lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan tunggal. Penurunan kadar Pb sudah memenuhi baku mutu menunjukkan bahwa perlakuan kombinasi biomassa *S. molesta* 25 g dan *E. crassipes* 75 g (P4) lebih efektif dalam menurunkan kadar Pb limbah cair kain jumptan. Hal ini diduga karena perbedaan setiap tanaman dalam mengakumulasi logam berat dan mekanisme yang dilakukan oleh *S. molesta* dan *E. crassipes* dalam penyisihan logam Pb.

Penurunan kadar Pb terjadi karena beberapa mekanisme penyisihan logam yang terdapat pada akar. Irhamni *et al.* (2017) menyatakan mekanisme penyerapan logam terdiri dari akumulasi logam oleh akar, translokasi dan lokalisasi dengan tujuan mencegah sel dari keracunan logam. Selain itu tanaman juga membentuk enzim reduktase pada akar saat

menyerap logam berat. Menurut Haryati *et al.* (2012), enzim reduktase yang dibentuk berfungsi untuk mereduksi logam yang kemudian diangkut ke membran akar. Logam selanjutnya diangkut ke bagian lain melalui jaringan pengangkut untuk meningkatkan efisiensi pengangkutan logam yang diikat oleh molekul kelat.

Mekanisme lain yang terjadi untuk mengakumulasi logam yakni tanaman mampu menghasilkan asam amino. Santriyana *et al.* (2012) menyatakan bahwa mekanisme dalam interaksi antara logam berat dan akar yakni tanaman mampu mengeluarkan eksudat akar seperti asam-amino, asam organik atau senyawa lain yang dapat langsung mengakumulasi logam berat. Fahrudin *et al.* (2021) menyatakan asam amino seperti asam aspartat, asam glutamat, glisin terkandung pada *E. crassipes* kemudian membentuk senyawa pengkelat yang berperan dalam mengikat logam berat. *E. crassipes* dalam kondisi stres yang disebabkan oleh logam berat akan berusaha bertahan hidup dengan meningkatkan aktivitas enzim antioksidan seperti peroksidase.

4. SIMPULAN, SARAN DAN REKOMENDASI

Kombinasi vegetasi *S. molesta* dan *E. crassipes* lebih efektif dalam remediasi logam Pb limbah cair kain jumputan yaitu 85,12-85,82% dibandingkan perlakuan tunggal

S. molesta atau *E. crassipes* yaitu 81,71-82,10%. Efektivitas fitoremediasi yang lebih baik terdapat pada vegetasi kombinasi *S. molesta* dan *E. crassipes* juga diikuti oleh LPR yang lebih baik yaitu 0,0142-0,0175 g/hari dibandingkan vegetasi tunggal yaitu 0,0084-0,0125 g/hari. Efektivitas fitoremediasi vegetasi campuran *S. molesta* dan *E. crassipes* berpotensi untuk dikembangkan sebagai pengolahan limbah cair kain jumputan.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan pengukuran kadar logam berat dalam organ akar dan tajuk pada *S. molesta* dan *E. crassipes*.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Budiastuti, P., Mursid, R., dan Nikie, A. Y. D. 2016. Analisis Pencemaran Logam Berat Timbal di Badan Sungai Babon Kecamatan Genuk Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 4(5) : 119-126.
- Caroline, J., dan Guido, A. M. 2015. Fitoremediasi Logam Timbal (Pb) Menggunakan Tanaman Melati Air (*Echinodorus palaefolius*) pada Limbah Industri Peleburan Tembaga dan Kuningan. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan II* : 733-745.
- Djo, Y. H. W., Dwi, A. S., Iryanti, E. S., dan Wahyu, D. S. 2017. Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) untuk Menurunkan COD dan Kandungan Cu dan Cr Limbah Cair Laboratorium Analitik Universitas Udayana. *Cakra Kimia (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry)*. 5(2) : 137-145.
- Fahrudin, F., Muhammad, F. S., Mustika, T., dan Ramlan, E. T. 2021. The Effect of Heavy Metal Lead (Pb) on the Growth of Ammonia Degrading Bacteria and Physical Changes of *Eichhornia crassipes* in Groundwater Phytoremediation. *International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology*. 3(11) : 994-1001.
- Hamzah, A., dan Rosyda, P. 2019. *Remediasi Tanah Tercemar Logam Berat*. Malang : UNITRI Press.
- Haryati, M., Tarzan, P., dan Sunu K. 2012. Kemampuan Tanaman Genjer (*Limnocharis flava* (L.) Buch.) Menyerap Logam Berat Timbal (Pb) Limbah Cair Kertas Pada Biomassa Dan Waktu Pemaparan Yang Berbeda. *LenteraBio*. 1(3) : 131-138.
- Hastuti, P., Sunarti., Prasetyastuti., Ngadikun., Tasmimi., Dianandha, S. R., Sri, S., Indrasari, K. H., Kusumo, D., Suhartini., Ida, B. S. P. P., Hendro, W., dan Martiana, S. 2018. Hubungan Timbal dan Krom pada Pemakaian Pewarna Batik dengan Kadar Hemoglobin dan Packed Cell Volume pada Pengrajin Batik di Kecamatan Lendah Kulon Progo. *Journal of Community Empowerment for Health*. 1(1) : 28-36.
- Hidayati, N. 2013. Mekanisme Fisiologis Tumbuhan Hiperakumulator Logam Berat. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 14(2) : 75-83.

- Imron., Nanik, S., Dermiyati., Erdi, S., dan Slamet, B. Y. 2019. Fitoremediasi dengan Kombinasi Gulma Air untuk Memperbaiki Kualitas Air Limbah Domestik. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 17(1) : 51-60.
- Indah, L. S., Boedi, H., dan Prijadi, S. 2014. Kemampuan Eceng Gondok (*Eichhornia* sp.), Kangkung Air (*Ipoema* sp.) dan Kayu Apu (*Pistia* sp.) dalam Menurunkan Bahan Organik Limbah Industri Tahu (Skala Laboratorium). *Diponegoro Journal Of Maquares*. 3(1) : 1-6.
- Irhani., Pandia, S., Purba, E., dan Hasan, W. 2017. Kajian Akumulator Beberapa Tumbuhan Air dalam Menyerap Logam Berat Secara Fitoremediasi. *Jurnal Serambi Engineering*. 1(2) : 75-84.
- Khaer, A., dan Evi, N. 2017. Kemampuan Metode Kombinasi Filtrasi Fitoremediasi Tanaman Teratai Dan Eceng Gondok Dalam Menurunkan Kadar BOD dan COD Air Limbah Industri Tahu. *Jurnal Sulolipu : Media Komunikasi Sivitas Akademika dan Masyarakat*. 17(2) : 11-19.
- Laghlimi, M., Bouamar, B., Hassan, E. H., dan Abdelhak, B. 2015. Phytoremediation Mechanisms Of Heavy Metal Contaminated Soils. *Open Journal Of Ecology*. 5(1) : 375-388.
- Riyanto, A. 2011. *Aplikasi Metode Penelitian Kesehatan*. Yogyakarta : Nuha Medika.
- Rohmah, S. N., Hari, R., dan Nur, H. 2018. Efisiensi Tanaman *Azolla pinnata* dalam Menurunkan Kadar COD (*Chemical Oxygen Demand*) pada Limbah Cair Sohun di Desa Arcawinangun Kecamatan Purwokerto Timur Kabupaten Banyumas Tahun 2018. *Jurnal Keslingmas*. 38(1) : 37-48.
- Suhartini, S., dan Irnia, N. 2018. *Teknologi Pengolahan Limbah Agroindustri*. Malang : UB Press.
- Supriyantini, E., dan Soenardjo, N. 2015. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu) pada Akar dan Buah Mangrove *Avicennia marina* di Perairan Tanjung Emas Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*. 18(2) : 98-106.
- Susmanto, P., Yandriani., Arin, P., dan Dela, R. P. 2020. Pengolahan Zat Warna Direk Limbah Cair Industri Jumpsan Menggunakan Karbon Aktif Limbah Tempurung Kelapa pada Kolom Adsorpsi. *Jurnal Riset Sains dan Teknologi*. 4(2) : 77-87.
- Tangahu, B. V., Siti, R. S. A., Hassan, B., Mushrifah, I., Nurina A., dan Muhammad, M. 2011. A Review on Heavy Metals (As, Pb, and Hg) Uptake by Plants Through Phytoremediation. *International Journal Of Chemical Engineering*. 1(1) : 1-31.
- Vidyawati, D. S., dan Herlina, F. 2019. Pengaruh Fitoremediasi Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) melalui Pengenceran terhadap Kualitas Limbah Cair Industri Tahu. *Lentera Bio*. 8(2) : 113-119.
- Yan, A., Yamin, W., Swee, N. T., Mohamed, L. M. Y., Subhadip, G., Dan Zhong, C. 2020. Phytoremediation : A Promising Approach for Revegetation og Heavy Metal-Polluted Land. *Frontiers in Plant Science*. 11(1) : 1-15.