



**SKRIPSI**

**POTENSI TANAMAN KAYU APU (*Pistia stratiotes*) DAN ECENG  
GONDOK (*Eichornia crassipes*) SEBAGAI FITOREMEDIATOR DALAM  
MENURUNKAN KADAR AMONIAK LIMBAH BUDIDAYA IKAN LELE  
SANGKURIANG (*Clarias gariepinus* Var. Sangkuriang)**



oleh :

**EVATUS SILVIANA CAESARI PUTRI**

**21801061057**

**PROGRAM STUDI BIOLOGI**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS ISLAM MALANG**

**2022**

## ABSTRAK

**Evatus Silviana Caesari Putri (21801061057) Potensi Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) dan Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) Sebagai Fitoremediator dalam Menurunkan Kadar Amoniak Limbah Budidaya Ikan Lele Sangkuriang (*Clarias gariepinus* Var. Sangkuriang )**

Dosen Pembimbing I : Dr. Ratna Djuniwati L, M.Si

Dosen Pembimbing II : Dr. Husain Latuconsina, S.Pi., M.Si

Ikan Lele Sangkuriang (*Clarias gariepinus* Var. Sangkuriang ) adalah galur baru hasil rekayasa genetika yang lebih diminati masyarakat daripada galur ikan lele lainnya. Permintaan pasar yang tinggi akan meningkatkan produksi Ikan Lele Sangkuriang melalui aktivitas budidaya, namun jika pengembangan budidaya perikanan tidak mempertimbangkan daya dukung lingkungan maka dapat menurunkan mutu lingkungan sehingga aktivitas budidaya akan terhambat pertumbuhannya. Tujuan dari penelitian yaitu mengetahui presentase penurunan, membandingkan kemampuan meremedasi, menguji efektivitas tanaman, dan mengetahui kesesuaian standar baku mutu limbah. Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL). Terdiri dari 5 perlakuan yaitu P0: kontrol tanpa diberi perlakuan, P1: tanaman kayu apu bobot 45 gram, P2: tanaman kayu bobot 135 gram, P3: tanaman eceng gondok 45 gram, dan P4: tanaman eceng gondok bobot 135 gram dengan setiap perlakuan tiga kali ulangan. Analisis data menggunakan *Analisis of Variances* (ANOVA) melalui software SPSS dan dilanjut uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) untuk membandingkan efektivitas fitoremediasi antar perlakuan. Hasil penelitian menunjukkan tanaman kayu apu 45 g efektivitas penurunan sebesar 2,37%, kayu apu 135 g sebesar 4,50%, eceng gondok 45 g sebesar 87,91%, eceng gondok 135 g sebesar 35,07%; terdapat perbedaan secara signifikan pada penggunaan variasi bobot basah tanaman kayu apu dan eceng gondok; perlakuan paling efektif adalah tanaman eceng gondok bobot 45 gram dengan nilai kadar amoniak 0,51 mg/L; dan parameter suhu dan pH masih dalam batas normal baku mutu sedangkan amoniak telah melewati batas baku mutu.

**Kata kunci:** Amoniak, Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*), Fitoremediasi, Kayu Apu (*Pistia stratiotes*), Limbah Budidaya

## ABSTRACT

**Evatus Silviana Caesari Putri (21801061057) Potential of Water Lettuce (*Pistia stratiotes*) and Water Hyacinth (*Eichornia crassipes*) Plants as Phytoremediator in Reducing Ammonia Levels in North African Catfish (*Clarias gariepinus* Var. Sangkuriang) Aquaculture Waste**

Dosen Pembimbing I : Dr. Ratna Djuniwati L, M.Si

Dosen Pembimbing II : Dr. Husain Latuconsina, S.Pi., M.Si

North African Catfish (*Clarias gariepinus* Var. Sangkuriang) is a new strain resulting from genetic engineering that is more in demand by the public than other catfish strains. High market demand will increase the production of Sangkuriang catfish through cultivation activities, but if the development of aquaculture does not consider the carrying capacity of the environment, it can reduce the quality of the environment so that cultivation activities will hamper its growth. The purpose of the research is to know the percentage of reduction, to compare the ability to medicate, to test the effectiveness of plants, and to find out the suitability of waste quality standards. The research design used was Completely Randomized Design (CRD). It consisted of 5 treatments, namely P0: control without treatment, P1: water lettuce plants weighing 45 grams, P2: water lettuce weighing 135 grams, P3: water hyacinth plants weighing 45 grams, and P4: water hyacinth plants weighing 135 grams with each of three treatments. repeat times. Data analysis used Analysis of Variances (ANOVA) through SPSS software and continued with the Duncan Multiple Range Test (DMRT) to compare the effectiveness of phytoremediation between treatments. The results of the study were that 45 g of water lettuce had a reduction effectiveness of 2.37%, 135 g of water lettuce by 4.50%, 45 g of water hyacinth by 87.91%, 135 g of water hyacinth by 35.07%; there is a significant difference in the use of wet weight variations of water hyacinth and water lettuce plants; the most effective treatment was water hyacinth weighing 45 grams with an ammonia content value of 0.51 mg/L; and temperature and pH parameters are still within the normal limits of quality standards while ammonia has exceeded the quality standards.

**Keyword:** Ammonia, Aquaculture waste, Phytoremediation, Water Hyacinth (*Eichornia crassipes*), Water Lettuce (*Pistia stratiotes*).

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Ikan Lele Sangkuriang (*Clarias gariepinus* Var. Sangkuriang) adalah galur baru hasil rekayasa genetika melalui silang balik (*backcross*). Persilangan antara generasi kedua (F2) induk betina lele dumbo dari koleksi Balai Budidaya Air Tawar (BBAT) Sukabumi dengan generasi keenam (F6) induk jantan lele dumbo dari stok yang ada di BBAT (Kordi, 2010). Lele sangkuriang juga merupakan salah satu galur lele yang banyak dibudidayakan oleh masyarakat karena tingkat pertumbuhannya yang cepat, kelainan yang rendah dan ketahanan penyakit yang tinggi (Sunarma, 2004).

Lele sangkuriang juga lebih banyak menarik perhatian masyarakat dibanding jenis lele lainnya seperti lele mutiara, lele piton dan lele masamo (Kementerian Kelautan dan Perikanan *dalam* Damanik, 2018). Permintaan tinggi di pasar dapat meningkatkan produksi Lele Sangkuriang melalui aktivitas budidaya, namun menurut Latuconsina (2020) jika pengembangan budidaya perikanan tidak mempertimbangkan daya dukung lingkungan maka dapat menurunkan mutu lingkungan sehingga aktivitas budidaya akan terhambat pertumbuhannya akibat daya dukung lingkungan.

Menurunnya daya dukung lingkungan akibat penurunan kualitas air akibat pemberian pakan berlebih pada padat tebar tinggi (Samsundari, 2013). Apabila kegiatan budidaya tidak dikelola dengan baik, maka budidaya Lele Sangkuriang secara intensif meningkat sehingga dapat mencemari lingkungan perairan dengan limbah budidaya.

Effendi (2003) menjelaskan bahwa kandungan amoniak, nitrogen, fosfor dan bahan organik lain yang berlebihan pada limbah budidaya ikan dapat menurunkan kualitas air. Penurunan kualitas air tersebut sangat berpengaruh pada pertumbuhan, proses fisiologis, tingkah laku, dan mortalitas ikan lele. Menurut Wahyuningsih dkk., (2015), umumnya sumber limbah budidaya ikan berasal dari sisa makanan dan hasil

metabolisme ikan. Ikan hanya dapat menyerap 20-30% nutrisi yang berasal dari makanan sedangkan sisanya di lepaskan ke lingkungan dalam bentuk amoniak dan protein organik yang merupakan produk akhir metabolisme protein. Dari hasil penelitian Summerfelt (2004) mengungkapkan bahwa kelebihan amoniak dalam air akan mempengaruhi proses reproduksi, laju pertumbuhan, dan kekebalan tubuh biota akuatik.

Salah satu upaya mengurangi akumulasi limbah budidaya Ikan Lele Sangkuriang yaitu dapat dilakukan dengan metode fitoremediasi. Fitoremediasi adalah penggunaan tumbuhan dalam menguraikan, mengekstrak, serta menurunkan senyawa organik dan anorganik dari lingkungan yang tercemar (Hadiyanto & Christwardana, 2012). Beberapa penelitian terdahulu melaporkan hasil penelitian berupa Fitoremediasi limbah budidaya ikan dengan tanaman yang berbeda seperti kangkung darat (*Ipomea reptans*) (Rokhmah dkk., 2020), lemna (*Lemna perpusilla* Torr) (Mkandawire dan Dudel, 2007), selada, kangkung, dan pakcoy (Utami dkk., 2019), eceng gondok (*Eichornia crassipes*) (Asela, 2016), dan kayu apu (*Pistia stratiotes*) (Saputra dkk., 2016). Menurut Toepak dkk., (2020), tumbuhan kayu apu dan eceng gondok dapat memperbaiki kualitas air kolam budidaya ikan lele. Hasil penelitian juga oleh Asela (2016) dan Saputra dkk., (2016) diketahui bahwa kandungan amoniak dalam limbah cair rumah sakit dapat berkurang dengan menggunakan tumbuhan kayu apu dan eceng gondok.

Hasil penelitian oleh Nirmala dkk., (2016) tentang pemanfaatan kayu apu sebagai fitoremediator dalam pendederan ikan gurami, menunjukkan bahwa perlakuan kayu apu 45 g paling baik dan mampu menurunkan konsentrasi amoniak. Pratiwi (2015) melakukan penelitian tentang perlakuan paling efektif tanaman eceng gondok pada produksi ikan nila adalah eceng gondok bobot 135 g.

Kurangnya pengetahuan pembudidaya ikan mengenai pengolahan limbah budidaya ikan lele yang dibuang ke lingkungan sehingga menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan dan penurunan terhadap daya dukung lingkungan, saat ini menjadi perhatian serius bagi para



pembudidaya ikan lele. Berdasarkan uraian diatas perlu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk menganalisis kemampuan tanaman fitoremediator yakni tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan eceng gondok (*Eichornia crassipes*) dalam menurunkan kadar amoniak limbah budidaya Ikan Lele Sangkuriang (*Clarias gariepinus* Var. Sangkuriang).

## 1.2 Rumusan Masalah

Adapun empat rumusan masalah dari penelitian ini yaitu:

1. Apakah tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan eceng gondok (*Eichornia crassipes*) berpotensi dalam menurunkan kadar amoniak limbah budidaya Ikan Lele Sangkuriang (*Clarias gariepinus* Var. Sangkuriang)?
2. Apakah terdapat perbedaan kemampuan menurunkan kadar amoniak antara tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan eceng gondok (*Eichornia crassipes*) sebagai fitoremediator dalam limbah budidaya Ikan Lele Sangkuriang (*Clarias gariepinus* Var. Sangkuriang)?
3. Manakah perlakuan yang paling efektif dalam menurunkan kadar amoniak limbah budidaya Lele Sangkuriang (*Clarias gariepinus* Var. Sangkuriang)?
4. Apakah faktor abiotik pada limbah budidaya lele telah memenuhi standar baku mutu yang akan dibuang ke lingkungan?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun empat tujuan dari penelitian skripsi ini yaitu:

1. Untuk mengetahui potensi presentase penurunan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan eceng gondok (*Eichornia crassipes*) dalam menurunkan kadar amoniak limbah budidaya Ikan Lele Sangkuriang (*Clarias gariepinus* Var. Sangkuriang).
2. Untuk membandingkan kemampuan meremediasi tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan eceng gondok (*Eichornia crassipes*) sebagai fitoremediator dalam menurunkan kadar amoniak budidaya Ikan Lele Sangkuriang (*Clarias gariepinus* Var. Sangkuriang).
3. Untuk menguji efektivitas antara tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan eceng gondok (*Eichornia crassipes*) dalam menurunkan kadar

amoniak pada limbah budidaya Ikan Lele Sangkuriang (*Clarias gariepinus* Var. Sangkuriang).

4. Untuk mengetahui kesesuaian dengan standar baku mutu limbah budidaya ikan lele yang akan dibuang ke lingkungan.

#### 1.4 Batasan Penelitian

Batasan Penelitian dalam skripsi ini sebagai berikut:

1. Tanaman kayu apu dan eceng gondok yang digunakan memiliki daun dan batang berwarna hijau segar dengan akar yang panjang. Pengambilan tanaman kayu apu di air mancur perumahan Bukit Cemara Tujuh, Malang dan pengambilan eceng gondok di kolam budidaya lobster daerah Singosari.
2. Bobot basah tanaman pada masing-masing tanaman yang digunakan yaitu 45 gram dan 135 gram.
3. Limbah budidaya yang digunakan berasal dari Budidaya Al-Ghifari, Tlogomas, Lowokwaru, Malang.
4. Teknik fitoremediasi yang digunakan adalah sistem *batch*.
5. Parameter yang digunakan adalah fisika (pH, suhu, amoniak) dan biologi (kondisi fisik dan bobot basah tanaman).

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian skripsi ini yaitu:

1. Menambah informasi dan rekomendasi mengenai potensi tanaman kayu (*Pistia stratiotes*) dan eceng gondok (*Eichornia crassipes*) sebagai fitoremediator dalam menurunkan kadar amoniak budidaya Ikan Lele Sangkuriang (*Clarias gariepinus* Var) khususnya bagi peternak budidaya ikan lele.
2. Dapat menjadi informasi ilmiah untuk penelitian lanjutan.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Tanaman kayu apu dan eceng gondok efektif menurunkan kadar amoniak limbah budidaya ikan lele sangkuriang. Tanaman kayu (*Pistia stratiotes*) bobot 45 g efektivitas penurunan sebesar 2,37%, dan bobot 135 g sebesar 4,50%, eceng gondok (*Eichornia crassipes*) bobot 45 g sebesar 87,91%, dan 135 g sebesar 35,07%.
2. Terdapat perbedaan signifikan penggunaan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan eceng gondok (*Eichornia crassipes*) dalam menurunkan kadar amoniak limbah budidaya ikan lele sangkuriang (*Clarias gariepinus* Var. Sangkuriang).
3. Perlakuan paling efektif dalam menurunkan kadar amoniak limbah budidaya ikan lele sangkuriang adalah tanaman eceng gondok bobot 45 gram.
4. Parameter suhu dan pH masih dalam batas normal baku mutu, sedangkan parameter amoniak telah melewati batas baku mutu yang ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021.

#### 5.2 Saran

Adapun saran dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Untuk penelitian selanjutnya, sebaiknya dilakukan pengujian pendahuluan terhadap parameter amoniak, mencoba menggunakan media kerikil; pasir; ijuk; atau arang bakau serta pengukuran terhadap jumlah daun, lebar daun, dan tinggi tanaman sebagai penunjang pertumbuhan tanaman.
2. Bagi pembudidaya ikan lele, sebaiknya membuat kolam tanaman secara terpisah atau diberi pembatas antara kolam ikan dengan kolam tanaman sebagai proses fitoremediasi terhadap limbah budidaya.



## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A. M., G. Djojowasito, dan R. Widiatmoko. 2012. *Pita organik sebagai bahan penanaman padi sawah*. Universitas Brawijaya. Malang.
- Asela, E. 2016. *Keefektifan Metode Fitoremediasi dengan Pemanfaatan Tanaman Eceng Gondok untuk Menurunkan Kadar Amoniak Limbah Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Surakarta*. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Boyd, C.E. 1990. *Water Quality Management for Pond Fish Culture*. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam.
- Chandra, B. 2007. *Pengantar kesehatan lingkungan*. kedokteran EGC. Jakarta.
- Chien, T.S. and J.C. Chen. 1987. Acute Toxicity of Ammonia to Larvae of The Tiger Prawn, *Panaeus Monodon*. *Aquaculture*. Vol. 6. Hal: 247 -253.
- Chun, A.2007. *Pemanfaatan Kiapu (Pistia stratotes) Dalam Remediasi Kualitas Effluent IPAL. PT. Djarum-Kudus (skala Laboratorium)*. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Crab, R., Y. Avnimelech, T. Defoirdt, P. Bossier, and Verstraete. 2007. Nitrogen Removal Techniques in Aquaculture for Sustainable production. *Aquaculture*. No. 270. Hal : 1-4.
- Craig, S, and Helfrich, L.A. 2002. Understanding Fish Nutrition, Feeds, and Feeding. *Virginia Cooperative Extension, Virginia Polytechnic Institute and State University*. Publication 420-256.
- Cunningham, S. D., Berti, W. R., & Huang, J. W. 1995. Phytoremediation of contaminated soils. *Trends in biotechnology*. 13(9), 393-397.
- Damanik, B. H., Hamdani, H., Riyantini, I., & Herawati, H. 2018. Uji efektivitas bio filter dengan tanaman air untuk memperbaiki kualitas air pada sistem akuaponik ikan lele sangkuriang (*Clarias gariepinus*). *Jurnal Perikanan Kelautan*. 9(1).

- Darmawan, W. P. J. 2010. Pemanfatan air buangan lele dumbo sebagai media budidaya *Daphnia* sp. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Darmawan, A. B. (2012). Pengaruh penggunaan lumpur limbah industri penyamakan kulit terhadap penyerapan krom pada tanaman sawi. *Majalah Kulit, Karet, dan Plastik*, 28(2), 69-78.
- Darmawan, A.F., N. Herlina, dan R. Soelistyono. 2013. Pengaruh Berbagai Macam Bahan Organik dan Pemberian Air Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Sawi (*Brassica Juncea* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*. 1(5): 389-397.
- Darmono. 1995. *Logam dalam sistem biologi makhluk hidup*. UI Press. Jakarta.
- Djo YHW., Suastuti DA., Suprihatin IE., Sulihingtyas WD. 2017. Fitoremediasi Limbah Cair UPT Laboratorium Analitik Universitas Udayana menggunakan Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) Ditinjau dari Penurunan Nilai COD dan Kandungan Logam Berat Cu dan Cr. *Jurnal Media Sains*. 1(2):63-70.
- Eddy. 2008. Karakteristik Limbah Cair. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*. 2(2):20.
- Effendi H. 2003. *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius, 258 pp. Yogyakarta (ID).
- Effendi, H., Utomo B.A., Darmawangsa G.M., Karo-Karo R.E. 2015. Phytoremediation of Catfish (*Clarias* sp.) Farming Waste With Water Spinach (*Ipomoea aquatica*) and pakcoy (*Brassica rapa chinensis*) In Recirculation System. *Ecolab*, 9(2): 47-104.
- Fitriyah, U. 2011. *Potensi Kayu Apu (Pistia stratiotes L.) Sebagai Bioabsorber Timbal (Pb) Dalam Air*. Universitas Negeri Surabaya. Surabaya.
- Hadiyanto & Christwardana M. 2012. Aplikasi Fitoremediasi Limbah Jamu dan Manfaatnya untuk Produksi Protein. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 10(1) : 32-37.

- Henrasarie N. 2019. Kemampuan Adsorpsi Pb dari Limbah Industri oleh Tumbuhan Kayu Ambang (*Lemma minor*), Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) dan Eceng Gondok (*Eichornia crassipes solm*). *Jurnal Envirotek*. 11(1): 39- 45.
- Hermawati, E., Wiryanto., Solichatun. 2005. Fitoremediasi Limbah Detergen Menggunakan Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.) dan Genjer (*Limnocharis flava* L.). *Jurusan Biologi FMIPA Universitas Sebelas Maret (UNS) Surakarta*. Vol 7 No2: 115-124.
- Hibatullah, H. F. 2019. *Fitoremediasi Limbah Domestik (Grey Water) Menggunakan Tanaman Kiambang (Salvina Molesta) Dengan Sistem Batch*. Universitas Islam Negeri Sunan Ampel. Surabaya.
- Ikawati S, Zulfikar A, Azizah D. 2013. Efektivitas Dan Efisiensi Fitoremediasi Pada Deterjen Dengan Menggunakan Tanaman Genjer (*Limnocharis Flava*).
- Jamil A, Darundiati YH, Dewanti NAY. 2016. Pengaruh Variasi Lama Waktu Kontak Dan Cadmium (Cd) Limbah Cair Batik Home Jumlah Tanaman Kayu Apu (*Pistia Stratiotes*) Terhadap Penurunan Kadar Industry "X" Di Magelang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro*. 4(4): 763-770.
- Jennie dan Rahayu. 1993. *Penanganan Limbah Industri Pangan*. Kanisius. Yogyakarta.
- Kordi, K. M. G. H. 2010. *Panduan Lengkap Memelihara Ikan Air Tawar di Kolam Terpal*. Lily Publisher. Yogyakarta.
- Krikke, J. 2008. Recycling e-waste: The Sky is the limit. *IT Professional*. Vol. 10 (1):51-55.
- Kristanto, P. 2013. *Ekologi Industri*. Andi offset. Yogyakarta.
- Latuconsina, H. 2020. *Ekologi Ikan Perairan Tropis: Biodiversitas, Adaptasi, Ancaman, dan Pengelolaan*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.

- Li, Y., Zhang, S., Jiang, W. 2012. Cadmium Accumulation, Activities of Antioxidant Enzymes, and Malondialdehyde (MDA) Content in *Pistia stratiotes*. *Environ Sci Pollut Res* 20: 1117-1123.
- Lu, Q., He, Z.L., Gruetz, D.A., Strofella, P.J., Yang, X.E. 2010. Phytoremediation Remove Nutrients Improve Euthropic Stormwaters Using Water Lettuce (*Pistia stratiotes*). *Environ Sci Pollut Res* 17: 84-96.
- Maddusa, S.S. 2018. Efektivitas Tanaman Jeringau (*Acorus calamus*) untuk Menurunkan Kadar Amoniak pada Limbah RSUD Kota Bitung. *KESMAS*, 7(1).
- Mahyatun, W.O., Lawalena, S., Zubair, A. 2015. *Fitoremediasi Logam Cd Menggunakan Kombinasi Eceng Gondok Dan Kayu Apu Dengan Aliran Kontinyu*. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Marsono. 2001. *Petunjuk Penggunaan Pupuk*. Penebar Swadaya Jakarta.
- Mkandawire, M., & Dudel, E. G., 2007. Are *Lemna* spp. Effective Phytoremediation Agents. *Bioremediation, Biodiversity and Bioavailability*. 1(1):56-67.
- Muhtar, A. 2008. *Penggunaan Tanaman Eceng Gondok (Eichornia crassipes) sebagai Pre-treatment Pengolahan Air Minum pada Air Selokan Mataram*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Nazir, M. 2003. *Metode Penelitian*. Ghalia Indonesia. Jakarta.
- Nikmatusya'ban, F. 2016. *Fitoremediasi Limbah Cair Industri Tapioka Dengan Pemanfaatan Tanaman Air Eceng Gondok (Eichornia crassipes) Dan Kayu Apu (Pistia stratiotes)*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya. Malang.
- Nirmala, K., Sulistia, W., Yuni, P.H., Wildan, N. 2016. Penentuan Bobot Kayu Apu *Pistia stratiotes* L. sebagai Fitoremediator dalam Pendederan Ikan Gurami *oshpronemus goramy* Lac. Ukuran 3 cm. *Jurnal Akuakultur*. 15(2): 180-188.

- Ningrum, A.N. 2011. *Pengaruh Kerapatan Eceng Gondok (Eichornia crassipes) yang Berbeda pada Limbah Cair Pabrik Gula Terhadap Kelulushidupan dan Pertumbuhan Benih Ika Mas (Cyprinus carpio)*. Universitas Brawijaya. Malang.
- Notoatmodjo, S. 2007. *Kesehatan Masyarakat Ilmu dan Seni*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Novotny, V & H. Olem. 1994. *Water Quality: prevention, Identification, and Management of Diffuse Pollution*. Van Nostrand Reinhold. New York.
- Nurfitriana, F. 2019. *Fitoremediasi Air Tercemar Timbal (pb) (Pistia stratiotes) dengan Sistem kontinyu*. Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya. Surabaya.
- Nuryana, R. 2016. *Pemanfaatan Selulosa dari Eceng Gondok sebagai Bahan Baku Pembuatan CMC (Carboxy Methyl Cellulose) dengan Media Reaksi Campuran Larutan Metanol-Propanol*. Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang.
- Phatoni. 2000. *Pengaruh Cekaman Kekeringan terhadap Pertumbuhan, Hasil dan Kandungan Vitamin Buah Tanaman Tomat (Lycopersicon esculentum Mill)*. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Pratiwi, M. C. 2010. *Pemanfaatan Kangkung Air (Ipomoea aquatica) dan Lumpur Aktif Pabrik Tekstil dalam Pengolahan Limbah Cair Tahu*. Fakultas Perikanan dalam Ilmu Kelautan. IPB Bogor.
- Pratomo, S., Sumarno & M. Ahkam Subroto. 2004. *Fitoremediasi Zn (Seng) Menggunakan Tanaman Normal dan Transgenik Solanum nigrum L*. Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Kimia Dan Proses 2004 ISSN:1411± 4216.
- Purnamasari, M. 2014. *Efektifitas Tanaman Eceng Gondok (Eichornia crassipes) dan Kayu Apu (Pistia stratiotes) dalam Menurunkan Kandungan Nitrat (NO<sub>3</sub>) dan Ortofosfat (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) pada Limbah Cair Tahu*. Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya. Malang.



- Puspitahati, C. 2012. *Studi Kinerja Biosand Filter dalam Mengolah Limbah Laundry dengan Parameter Fosfat*. Teknik Lingkungan ITS. Surabaya.
- Rahayuningtyas I, Wahyuningsih NE, Budiyo. 2018. Pengaruh Variasi Lama Waktu Kontak Dan Berat Tanaman Apu-Apu (*Pistia Stratiotes L.*) Terhadap Kadar Timbal Pada Irigasi Pertanian. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 6(6):166-174.
- Rahmaningsih, H. D. 2006. *Kajian Penggunaan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) pada Penurunan Senyawa Nitrogen Efluen Pengolahan Limbah Cair PT. Capsugel Indonesia*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Rahmatullah, L. 2008. *Penggunaan Tanaman Kiapu (*Pistia stratiotes*) sebagai Pengolahan Pendahuluan untuk Air Permukaan dengan Parameter Warna dan TDS “Studi Kasus Air Selokan Mataram”*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Raissa, DG, & Tangahu, BV (2017). Fitoremediasi Air yang Tercemar Limbah Laundry dengan Menggunakan Kayu apu (*Pistia stratiotes*). *Jurnal Teknik ITS*. 6 (2), F233-F237.
- Raskin, I. and Ensley, B.D. 2000. *Phytoremediation of toxic metals: Using plants to clean up the environment*. John Wiley & Sons, Inc. Publishing. New York.
- Ratnani, R.D., I. Hartati, dan L. Kurniasari. 2011. Pemanfaatan eceng gondok (*Eichornia crassipes*) untuk menurunkan kandungan COD (*Chemical Oxygen Demand*), ph, bau, dan warna pada limbah cair tahu. *Momentum* 7(1): 41-47.
- Rijal, M. 2014. Studi morfologi kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan kiambang (*Salvinia molesta*). *Journal Biology Science and Education*. 3 (2) : 94-105.
- Rokhmah N.A., Rahman M., Sastro Y. 2020. Reduksi Amonia Oleh Kangkung Darat (*Ipomea Reptans*) Pada Budidaya Ikan Menggunakan Teknologi Vertiminaponik. *Agropross, National Conference Proceeding of Agriculture*.9:33-41.

- Roni, K. A. 2020. Pembuatan Biofilter dari Tumbuhan Fitoremediasi Apu Sebagai Media Penurunan Kadar COD Dan BOD Limbah Cair di Pertamina RU II PLAJU. *Jurnal Redoks*. 5(2), 78-86.
- Rosnah. 2012. *Efektivitas Fitoremediasi Eceng Gondok (Eichornia crassipes) Terhadap Phospat pada Limbah Laundry*. Universitas Maritim Raja Ali Haji. Tanjungpinang.
- Safitri, R. 2009. *Phytoremediasi Greywater Dengan Tanaman Kiambang (Pistia stratiotes) dan Tanaman Kiambang (Pistia stratiotes L.) Serta Pemanfaatan Untuk Tanaman Selada (Lactuca Sativa) Secara Hidroponik*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Salt, D.E., Smith, R.D., Raskin, I. 1998. Phytoremediation. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 49; 643-668.
- Samsundari, S., & Wirawan, G. A. 2013. Analisis penerapan biofilter dalam system resirkulasi terhadap mutu kualitas air budidaya ikan sidat (*Anguilla*). *Jurnal gamma*. 8(2).
- Saputra, I. W. R. R., Restu, I. W., & Pratiwi, M. A. 2016. Analisis kualitas air danau sebagai dasar perbaikan manajemen budidaya perikanan Danau Buyan Kabupaten Buleleng, Provinsi Bali. *Ecotrophic: Journal of Environmental Science*, 11(1), 1-7.
- Setyowati, S., Nanik H.S., Erry W. 2015. Kandungan Logam Tembaga (Cu) dalam Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) Perairan dan Sedimen Berdasarkan Tata Guna Lahan di Sekitar Sungai Banger Pekalongan. *Bioma*. 7(1): 1-8.
- Sidauruk, Lamria., dan Patricius, S. 2015. Fitoremediasi Lahan Tercemar di Kawasan Industri Medan dengan Tanaman Hias. *Jurnal Pertanian Tropik* Vol. 2, No. 2, ISSN No : 2356-4725.
- Siripong & Rittmann. 2007. Diversity Study of Nitrifying Bacteria in Full-Scale Municipal Wastewater Treatment Plants. *Water Res.* 41(5): 1110-1120.

- Suardana, I.W. 2001. *Penggunaan Eceng Gondok (Eichornia crassipes (Mart) Solm) sebagai Salah Satu Teknik Pengolahan Alternatif Air Limbah Asal Rumah Pemotongan Hewan (RPH) Kotamadya Bogor*. Program Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Summerfelt, S.T., G. Wilton., D. Roberts., T. Rimmer and K. Fonkalsrud. 2004. Developments in recirculating systems for Arctic char culture in North America. *Aquacultur. Eng.* 30. 31-71.
- Sunarma, A. 2004. *Peningkatan produktifitas usaha lele sangkuriang (Clarias sp.)*. Departemen Kelautan dan Perikanan. Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya. Balai Budidaya Air Tawar Sukabumi. Sukabumi. Hal, 1-6.
- Supono. 2015. *Manajemen Lingkungan untuk Akuakultur*. Plantaxia. Yogyakarta.
- Suriawiria, U. 2005. *Mikrobiologi Dasar*. Papas Sinar Sinanti. Jakarta.
- Suryabrata, S. 1987. *Metode Penelitian*. Rajawali Press. Jakarta.
- Sussana. 2014. *Fitoremediasi Fosfat (PO<sub>4</sub>) Dan Amonia (NH<sub>4</sub>) Dengan Menggunakan Tumbuhan Eceng Gondok (Eichornia Crassipes) Pada Limbah RSUD I.A Moeis Samarinda*. Manajemen Pertanian, Universitas Politeknik Pertanian Negeri Samarinda, Samarinda. Hal :28-29.
- Sutapa D.A.I. 1999. Lumpur Aktif : Alternatif Pengolah Limbah Cair, *Jurnal Studi Pembangunan, Kemasyarakatan & Lingkungan*. 3: 25-38.
- Tjokrokusumo, SW. 2003. Tanaman Potensi Penyerap Limbah Studi Kasus di Pulau Batam. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 4 (2).
- Toepak, E. P., Julian, T., Yunus, F., Ferry, P., Dominikus, N.T. 2020. Pengaruh Fitoremediasi Kangkung (*Ipomea aquatica*), Apu-Apu (*Pistia stratiotes*), dan Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) Terhadap Kualitas Air Kolam Budidaya Ikan Lele (*Clarias sp.*). *Jurnal Jejaring Matematika dan Sains*. 2(1): 25-28.
- Ulfin, I. 2000. *Dekonsentrasi Logam Berat Timbal dan Kadmium Dalam Larutan Oleh Kayu Apu (Pistia stratiots L.)* Universitas Airlangga Surabaya. Surabaya.

- Urifah D, Zakiyah U, Kusriani, B.C. H, Y. R. Adsorpsi Logam Timbal (Pb) oleh Tanaman Hydrilla (*Hydrilla verticillata*). *J Ris Teknol idn.* 2017:11(2):100-8.
- Utami, T. S. B., Hasan, Z., Syamsuddin, M. L., & Hamdani, H. (2019). Fitoremediasi Limbah Budidaya Ikan Koi (*Cyprinus Carpio*) dengan Beberapa Tanaman Sayuran dalam Sistem Resirkulasi Akuaponik. *Jurnal Perikanan Kelautan.* 10(2).
- Villamagna, AM and BR. Murphy. 2010. Ecological and Socio-economic Impacts of invasive Water Hyacinth (*Eichornia crassipes*): a Review. *Freshwater Biology.* 55(2): 282-298.
- Wahyuningsih S, Effendi H, Wardiatno Y. 2015. Nitrogen removal of aquaculture wastewater in aquaponic recirculation system. *AAFL Bioflux.* 8(4): 491-499.
- Widya, C., Zaman, B., Syafrudin. 2015. *Pengaruh Waktu Tinggal Dan Jumlah Kayu Apu (Pistia Stratiotes L.) Terhadap Penurunan Konsentrasi Bod, COD Dan Warna.* Universitas Diponegoro. Semarang.
- Youngman, L. 1999. *Physiological respon Of Switchgrass (Panicum Virgatum L) to Organic And Inorganic Amened Heavy-Metal Contaminated Chat Tailings. Phytoremediation of Soil and Water Contaminants.* American Chemical society Symposium. Washington, D.C.
- Yusuf, M. A. 2012. *Pra – Perlakuan Air Sungai Sebagai Air Baku Dengan Teknologi Fixed Bed Reactor.* Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Zubaidah. 2018. *Efektivitas Biofilter Bermedia Kerikil, Pasir, Ijuk, Arang Bakau dan Eceng Gondok (Eichornia crassipes) untuk Menurunkan Kadar Amonia, TSS pada Limbah Cair Mie Basah.* Universitas Riau. Pekanbaru.