

Kemampuan Tumbuhan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) dan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Dalam Menurunkan Kadar Amoniak pada Limbah Budidaya Ikan Lele Sangkuriang (*Clarias gariepinus* Var)

Ability of Water Lettuce (*Pistia stratiotes*) and Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) to Reduce Ammoniac Levels of North African Catfish Cultivation Waste (*Clarias gariepinus* Var)

Oleh:

Evatus Silviana Caesari Putri^{1*}, Ratna Djuniwati Lisminingsih², Husain Latuconsina³

^{1,2,3} Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Islam Malang
email correspondence: caesarsilvi@gmail.com

Abstrak

Ikan Lele Sangkuriang (*Clarias gariepinus* Var) merupakan galur ikan lele baru hasil rekayasa genetika melalui silang balik yang paling banyak dibudidayakan masyarakat. Apabila kegiatan budidaya tidak dikelola dengan baik, maka berpotensi mencemari lingkungan perairan melalui masukan limbah budidaya. Air limbah budidaya memiliki kandungan amoniak yang dapat menyebabkan kualitas air menurun. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) sebagai agen fitoremediasi pada limbah budidaya Ikan Lele Sangkuriang yang mengandung amoniak. Penelitian ini menggunakan rancangan penelitian Rancangan Acak Lengkap (RAL). Terdiri dari 5 perlakuan 3 kali ulangan, sebagai perlakuan P0 (kontrol), P1 (kayu apu bobot basah 45 gram), P2 (Kayu apu bobot basah 135 gram), P3 (eceng gondok bobot basah 45 gram), dan P4 (eceng gondok bobot basah 135 gram). Data dianalisis secara deskriptif dengan melihat tampakan morfologi dari tanaman kayu apu dan eceng gondok pada semua perlakuan selama pengamatan berlangsung. Dari Hasil penelitian menunjukkan tanaman kayu apu dan eceng gondok efektif sebagai agen fitoremediasi karena kemampuannya dalam menurunkan kadar amoniak

Kata kunci: Amoniak, Bobot basah, Eceng Gondok, Kayu Apu, Remediasi

Abstract

*North African Catfish (*Clarias gariepinus* Var) is a new strain of catfish resulting from genetic engineering through back-crossing which is the most widely cultivated by the community. If aquaculture activities are not managed properly, it has the potential to pollute the aquatic environment through the input of aquaculture waste. Aquaculture waste water contains ammonia which can cause a decrease in water quality. This study aims to determine the ability of Water Lettuce (*Pistia stratiotes*) and water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) as phytoremediation agents in the waste of *Clarias gariepinus* farming which contains ammonia. This study used a completely randomized design (CRD). It consisted of 5 treatments with 3 replications, as treatment P0 (control), P1 (45 gram wet weight), P2 (135 gram wet weight), P3 (45 gram wet water hyacinth), and P4 (water hyacinth wet weight 135 grams). Data were analyzed descriptively by looking at the morphological appearance of water hyacinth and water lily plants on all treatments during the observation. The results of the study showed that water hyacinth and water lily plants were effective as phytoremediation agents because of their ability to reduce ammonia levels.*

Keyword: Ammonia, Wet Weight, Water Hyacinth, Water Lettuce, Remediation

PENDAHULUAN

Ikan Lele Sangkuriang (*Clarias gariepinus Var*) merupakan spesies ikan lele baru hasil rekayasa genetika melalui silang balik yang paling banyak dibudidayakan masyarakat (Kordi, 2010). Apabila kegiatan budidaya tidak dikelola dengan baik, maka berpotensi mencemari lingkungan perairan melalui masukan limbah budidaya. Menurut (Wahyuningsih *et al.*, 2015), sumber limbah budidaya ikan berasal dari sisa pakan dan hasil metabolisme ikan. Ikan hanya dapat menyerap 20-30% nutrisi yang berasal dari pakan sementara sisanya diekskresikan ke lingkungan dalam bentuk amonia dan protein organik yang merupakan produk akhir metabolisme protein. Hasil penelitian (Summerfelt, 2004) mengungkapkan bahwa kelebihan amonia pada suatu perairan akan berdampak pada penurunan proses reproduksi, laju pertumbuhan dan kekebalan tubuh biota akuatik.

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. Menurut (Latuconsina, 2020), prinsip dasar ekologis dalam pengembangan budidaya perikanan adalah upaya mempertahankan daya dukung lingkungan, karena dengan daya dukung lingkungan yang baik maka biota budidaya akan tumbuh dan berkembang dengan baik dan akan tahan terhadap serangan penyakit, namun sebaliknya jika kualitas air menurun pencemaran limbah organik, maka secara umum akan menurunkan daya dukung lingkungan, dan biota budidaya akan mudah terserang penyakit yang pada akhirnya menurunkan performa pertumbuhan dan sintasannya.

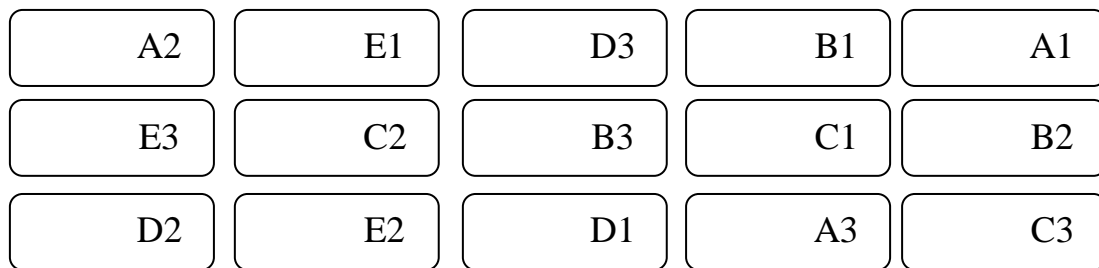
Salah satu upaya untuk meremediasi amoniak pada limbah budidaya Ikan Lele Sangkuriang yaitu dapat dilakukan dengan metode fitoremediasi. Menurut (Cunningham *et al.*, 1995) bahwa fitoremediasi merupakan suatu teknik untuk menghilangkan atau mengurangi senyawa berbahaya yang terakumulasi pada suatu sedimen ataupun perairan dengan bantuan tumbuhan. Menurut (Asela, 2016; Saputra, 2016), bahwa tumbuhan kayu apu dan eceng gondok dapat menurunkan kadar amoniak dalam limbah cair. Namun belum ada informasi terkait dengan efektifitas kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) hubungannya dengan performa pertumbuhan kedua tanaman tersebut pada media air limbah budidaya ikan lele sangkuriang (*Clarias gariepinus Var*).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada Bulan Juni sampai Juli 2022, di Usaha Budidaya Ikan Lele Segar Al-Ghifari, Jl. Kanjuruhan No. 4B, Tlogomas, Lowokwaru, Malang, Jawa Timur. Untuk Pengujian amoniak dilakukan di Laboratorium Perikanan Universitas Muhammadiyah Malang.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah bak plastik, timbangan digital, pH meter, termometer, ember kecil, spektrofometri uv-vis, pipet tetes, beaker glass, tabung reaksi, kuvet, computer, tisu, alat tulis, dan kamera. Sedangkan bahan yang digunakan adalah air limbah budidaya ikan lele, tanaman kayu apu, eceng gondok, larutan test kit ammonia, dan akuades.

Rancangan penelitan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan acak Lengkap (RAL). RAL pada penelitian ini menggunakan lima perlakuan dengan masing-masing tiga kali ulangan.



Gambar 1. Denah tata letak bak penelitian

Keterangan:

- A 1, 2, 3 : bak kontrol tanpa perlakuan tanaman
- B 1, 2, 3 : perlakuan tanaman kayu apu dengan bobot 45 g
- C 1, 2, 3 : perlakuan tanaman kayu apu dengan bobot 135 g
- D 1, 2, 3 : perlakuan tanaman eceng gondok dengan bobot 45 g
- E 1, 2, 3 : perlakuan tanaman eceng gondok dengan bobot 135 g

Adapun prosedur dan tahapan dalam penelitian ini yaitu: (1) menyiapkan 15 bak berukuran 15 liter kemudian diisi air sebanyak 12 liter, (2) mengambil limbah dengan ember kecil/jerigen dari kolam budidaya ikan lele, (3) tanaman diambil dari tempat populasinya, kemudian dicuci bersih serta dipilih tanaman yang memiliki kondisi fisik yang bagus, (4) tanaman diaklimatisasi menggunakan air bersih selama 5 hari, (6) setelah aklimatisasi, dimasukkan ke dalam bak penelitian. Data hasil penelitian dinalaissi secara deskriptif dalam bentuk gambar.





Analisis Data dilakukan secara deskriptif dalam bentuk Tabel dari hasil pengamatan kondisi fisik tumbuhan kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) yang dijadikan perlakuan dengan bobot yang berbeda.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Fisik Tanaman





Seiring dengan berjalannya penelitian, mulai terjadi perubahan pada kondisi tanaman akibat adaptasi terhadap lingkungan baru yaitu air yang terpapar limbah budidaya ikan lele tersebut. Adaptasi ditunjukkan dengan perubahan fisik tanaman secara bertahap dari hari ke hari, yang meliputi perubahan warna daun dan akar pada tanaman kayu apu serta perubahan warna daun dan tangkai pada tanaman eceng gondok, seperti yang terlihat pada Tabel 1, 2, 3 dan 4.

Tabel 1. Kondisi Fisik Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) Bobot 45 gram

| Waktu Penelitian (Hari) | Kondisi Fisik Tumbuhan | Dokumentasi Penelitian |
|-------------------------|--|---|
| 0 | Pada hari ke-0, kondisi tanaman kayu apu terlihat segar, dengan daun berwarna hijau, dan akar panjang yang mengambang bebas. |  |
| 5 | Pada hari ke-5 terlihat beberapa daun mulai berubah berwarna kuning. Daun yang berwarna kuning dominan yang terletak menempel pada air, bagian ujung daun sedikit menggulung. Dan mulai tumbuh daun-daun kecil pada bagian tengah daun. Sedangkan akar tanaman kayu apu terlihat beberapa patah. |  |
| 10 | Pada hari ke-10 terlihat beberapa daun yang terletak menempel pada air berwarna kuning dan terdapat bintik hitam. Beberapa daun terlihat turun kebawah, sedangkan akar tanaman kayu apu banyak yang rontok. |  |
| 15 | Pada hari ke-15, kondisi tanaman kayu apu terjadi banyak perubahan, daun yang mulanya hijau menjadi kuning, dan sebagian daun banyak yang terlepas dari badan tanamannya. Akar banyak terjadi kerontokan dan tenggelam pada dasar wadah. |  |



(Sumber; Analisis data primer, 2022)



Tabel 2. Kondisi Fisik Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) bobot 135 gram

| Waktu Penelitian (Hari) | Kondisi Fisik Tumbuhan | Dokumentasi Penelitian |
|-------------------------|--|---|
| 0 | Pada hari ke-0, kondisi tanaman kayu apu terlihat segar, dengan daun berwarna hijau, dan akar panjang yang mengambang bebas. |  |
| 5 | Pada hari ke-5 terlihat beberapa daun mulai berubah berwarna kuning. Daun yang berwarna kuning dominan yang terletak menempel pada air. Dan mulai tumbuh daun-daun kecil pada bagian tengah daun. Sedangkan akar tanaman kayu apu beberapa patah. |  |
| 10 | Pada hari ke-10 terlihat beberapa daun yang terletak menempel pada air berwarna kuning. Sedangkan akar tanaman kayu apu banyak yang rontok. |  |
| 15 | Pada hari ke-15, kondisi tanaman kayu apu terjadi banyak perubahan, beberapa daun yang terletak menempel pada air berwarna kuning dan terdapat bintik hitam. Beberapa daun terlihat turun kebawah, sedangkan akar tanaman kayu apu banyak yang rontok. |  |

(Sumber; Analisis data primer, 2022)





Tabel 3. Kondisi Fisik Tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) bobot 45 gram

| Waktu Penelitian (Hari) | Kondisi Fisik Tumbuhan | Dokumentasi Penelitian |
|-------------------------|--|---|
| 0 | Pada hari ke-0, kondisi tanaman eceng gondok terlihat segar, dengan daun berwarna hijau, dan tangkai berwarna hijau segar. |  |
| 5 | Pada hari ke-5 terlihat beberapa daun mulai berubah berwarna kuning, bagian ujung daun menggulung dan kering. Tangkai tanaman mulai menguning. |  |

| | | |
|----|---|---|
| 10 | Pada hari ke-10 terlihat beberapa daun menjadi kering dan tangkai tanaman mulai berwarna coklat. |  |
| 15 | Pada hari ke-15, kondisi tanaman eceng gondok terjadi banyak perubahan, daun menjadi layu dan busuk. Tangkai tanaman mengering. |  |

(Sumber; Analisis data primer, 2022)

Tabel 4. Kondisi Fisik Tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Bobot 135 gram

| Waktu Penelitian (Hari) | Kondisi Fisik Tumbuhan | Dokumentasi Penelitian |
|-------------------------|---|---|
| 0 | Pada hari ke-0, kondisi tanaman eceng gondok terlihat segar, dengan daun berwarna hijau, dan tangkai berwarna hijau segar. |  |
| 5 | Pada hari ke-5 terlihat beberapa daun mulai berubah berwarna kuning, terdapat bintik coklat pada daun, bagian ujung daun berwarna coklat. Tangkai tanaman masih terlihat segar. |  |
| 10 | Pada hari ke-10 terlihat beberapa daun dan tangkai berwarna kuning. Dan posisi tanaman tidak tegak lagi. |  |
| 15 | Pada hari ke-15, kondisi tanaman eceng gondok terjadi banyak perubahan, daun membusuk dan tangkai berubah menjadi coklat. |  |

(Sumber; Analisis data primer, 2022)

Pada hari ke-5, kedua kelompok variasi tanaman kayu apu dan eceng gondok mulai mengalami perubahan warna pada daun yang semula hijau menjadi kuning. Perubahan warna daun pada tanaman kayu apu menunjukkan adanya gejala klorosis. Menurut (Funayaman dan Terashima, 2006) menjelaskan bahwa klorosis terjadi karena terhambatnya pembentukan klorofil yang menyebabkan laju pertumbuhan klorofil sama atau lebih kecil dibanding dengan laju degradasi klorofil. Pada hari ke-15, kedua variasi tanaman kayu apu dan eceng gondok

mengalami gejala nekrosis dengan ditandai daun membusuk, bagian daun terlepas dari bagian tubuh tanaman, dan semakin banyak akar yang rontok. Menurut (Prince dan Wilson, 2006) nekrosis merupakan sel-sel yang mempunyai aktivitas yang sangat rendah dan akhirnya mengalami kematian sel jaringan sehingga menyebabkan hilangnya fungsi pada daerah yang mengalami nekrosis. Hal ini sejalan dengan (Haslam, 1997; Hermawati *et al.*, 2005), perubahan warna yang terjadi pada daun dapat disebabkan karena pencemaran bahan organik.

Perubahan fisik pada kayu apu tidak hanya dilihat dari perubahan warna daun, selain itu akar tanaman mengalami kerontokan. Morfologi akar tanaman kayu apu yang tumbuh pada media limbah memiliki tekstur yang lunak dan rambut akar sebagian besar terputus karena bagian organ tanaman yang langsung berinteraksi dengan limbah adalah akar (Roni, 2020). Akar merupakan bagian yang pertama kali memiliki kontak langsung dengan limbah sehingga akar yang lebih rusak terlebih dahulu dibanding bagian tubuh tanaman yg lain. Hal tersebut merupakan respon terhadap zat toksik dari limbah tersebut (Hermawati *et al.*, 2005).

Perubahan fisik pada tanaman kayu apu dapat disebabkan adanya perpindahan bahan organik toksik dari limbah ke dalam tanaman dengan melalui mekanisme penyerapan dalam tanaman yaitu proses fitovolatilisasi. Proses fitovolatilisasi terjadi ketika tanaman menyerap air yang mengandung kontaminan organik melalui akar, kemudian diangkut ke bagian daun, dan mengeluarkan kontaminan yang sudah di detoksifikasi ke udara melalui daun (Ningrum, 2011). Menurut (Rahmatullah, 2008), penyerapan unsur-unsur hara pada tanaman kayu apu dilakukan oleh bulu-bulu akar. Akar tersebut menjadi tempat pertumbuhan bagi mikroorganisme *rizhofera* yang berperan dalam penguraian bahan-bahan organik. Daun-daun kayu apu dapat menghalangi sinar matahari yang menembus ke permukaan air, sehingga pertumbuhan masal alga dapat dicegah. Oleh karena itu, adanya ruang kosong antar sel sebagai alat transportasi oksigen dari daun ke akar. Kemudian oksigen yang keluar dari daun dan perakaran akan merangsang kerja mikroorganisme. Sedangkan perubahan fisik yang terjadi pada tanaman eceng gondok dapat dikarenakan terdapat faktor lain yang mempengaruhi yaitu menurut (Muhtar, 2008), pengaruh dari wadah tanaman yang terbatas dan tidak ada aliran air yang membawa bahan organik toksik sehingga tanaman mengalami toksisitas amoniak.

Hasil penelitian ini secara umum mendapatkan hasil bahwa tanaman kayu apu dan eceng gondok memiliki kemampuan meremediasi dalam menurunkan kadar amoniak limbah budidaya ikan lele sangkuriang. Akan tetapi, tanaman kayu apu dan eceng gondok mengalami perubahan pada kondisi fisik bahkan hingga mengalami kematian yang dimungkinkan karena beberapa faktor yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Nikmatusya'ban (2016) bahwa tanaman eceng gondok dan kayu apu

mampu menurunkan kadar sianida (CN) tetapi tanaman menunjukkan adanya perubahan kondisi fisik pada tubuh tanaman yang disebabkan karena pencemaran bahan organik yang berlebih.

Amoniak

Hasil pengamatan kemampuan tanaman kayu apu dan eceng gondok dalam menurunkan kadar amoniak pada limbah budidaya ikan lele ditunjukkan pada Tabel sebagai berikut.

Tabel 5. Rerata kadar amoniak pada awal dan akhir pengamatan

| Perlakuan | Awal | Akhir |
|-----------|---------------------------|---------------------------|
| | Rerata Konsentrasi (mg/L) | Rerata Konsentrasi (mg/L) |
| P0 | 4,22±0,00 | 4,17 ± 0,03 |
| P1 | 4,22±0,00 | 4,12 ± 0,04 |
| P2 | 4,22±0,00 | 4,03 ± 0,04 |
| P3 | 4,22±0,00 | 0,51 ± 0,06 |
| P4 | 4,22±0,00 | 2,74 ± 0,04 |

(Sumber; Analisis data primer, 2022). Ket: P0 = control; P1 = perlakuan kayu apu bobot 45 gram; P2 = perlakuan kayu apu bobot 135 gram; P3 = perlakuan eceng gondok 45 gram; P4 = perlakuan eceng gondok 135 gram.

Tabel 5, memperlihatkan adanya penurunan kadar amoniak pada awal dan akhir percobaan. Penurunan amoniak tertinggi ditemukan pada perlakuan P3 yaitu eceng gondok bobot 45 gram sebesar 0,51 mg/L dan terendah pada perlakuan P0 yaitu kontrol tanpa diberi tanaman sebesar 4,17 mg/L. Kemampuan meremediasi tanaman kayu apu yang lebih rendah dibandingkan eceng gondok dapat dikarenakan ukuran kayu apu lebih kecil. Hal ini sesuai dengan pernyataan (Lidiawati, 2009), bahwa kemampuan mengolah kontaminan pada tanaman yang memiliki ukuran lebih kecil akan kurang baik. Penurunan kadar amoniak dapat berpengaruh terhadap peranan aktivitas metabolisme bakteri anaerob dan bakteri aerob. Selain itu, tumbuhan air juga berperan dalam meremediasi kadar amonia yaitu pada bagian akar tumbuhan. Akar tumbuhan air akan menjadi tempat melekatnya bakteri yang dapat menguraikan amonia menjadi nitrat ataupun nitrit. Menurut (Novonty dan Olem, 1994), tumbuhan air juga berperan sebagai penyumbang oksigen yang akan digunakan oleh bakteri untuk meremediasi kadar amonia.

Penurunan amoniak dikarenakan adanya proses nitrifikasi dimana mikroorganisme sangat berperan dalam proses penguraian amonia menjadi bentuk yang sederhana untuk membentuk sel-sel tubuhnya. Mikroorganisme yang berperan dalam proses penguraian

amonia yaitu mikroorganisme autotrof dan juga heterotrof (Yusuf, 2012). Penjelasan (Novonty dan Olem, 1994) bahwa kadar amoniak melalui proses oksidasi menjadi nitrit yang dilakukan oleh bakteri *Nitrosomonas*, sedangkan proses oksidasi pada nitrit menjadi nitrat dilakukan oleh bakteri *Nitrobacter*. Selanjutnya, menurut (Jenie dan Rahayu, 1993) nitrit akan mengalami proses asimilasi dan denitrifikasi. Terjadinya proses asimilasi yaitu senyawa nitrat akan diuraikan menjadi persenyawaan ammonium yang akan bereaksi menjadi molekul organik, sedangkan pada desimilasi terjadi dimana senyawa nitrat diuraikan oleh bakteri denitrifikan menjadi molekul nitrogen berupa gas inert sebagai produk akhir yang akan dibuang ke udara.

Perlakuan P3 yaitu tanaman eceng gondok dengan bobot 45 gram penurunan amoniak lebih besar dibandingkan perlakuan P4 yaitu tanaman eceng gondok dengan bobot 135 gram. Hal ini disebabkan karena tanaman eceng gondok mulai mengalami kejenuhan dalam mengakumulasi logam berat. Menurut (Mahayatun *et al.*, 2015), menjelaskan bahwa waktu pemaparan dapat mempengaruhi tanaman dalam menyerap kontaminan. Hal tersebut menunjukkan bahwa tanaman mencapai titik jenuhnya atau batas maksimum yang dapat ditolerir oleh tanaman dalam menyerap kontaminan. Dapat disimpulkan bahwa tanaman eceng gondok dengan variasi bobot 135 gram mengalami titik jenuh dalam menyerap kadar amoniak sehingga efektivitas penurunan kadar amoniak lebih besar dibandingkan dengan eceng gondok dengan bobot 45 gram.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Tanaman kayu apu (*Pistia Stratiotes*) dan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) efektif mereduksi amoniak pada limbah budidaya ikan lele sangkuriang (*Clarias gariepinus* Var). Secara keseluruhan fitoremediasi dengan tanaman eceng gondok lebih baik dalam menurunkan kadar amoniak daripada kayu apu. Tanaman yang paling efektif dalam menurunkan amoniak adalah eceng gondok dengan bobot 45 gram dengan nilai 0,51 mg/L. Namun, dalam penelitian ini kedua jenis tanaman mengalami gejala klorosis, nekrosis, dan bahkan kematian..

Saran

Saran dalam penelitian selanjutnya adalah sebaiknya dilakukan pengujian pendahuluan terhadap parameter amoniak untuk mengetahui kemampuan tanaman dalam menurunkan kadar amoniak dan pengukuran terhadap jumlah daun, lebar daun, dan tinggi tanaman sebagai penunjang pertumbuhan tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Funayama S. and Terashima I. 2006. Effect of Eupatorium Yellow Vein Virus Infection on Photosynthetic Rate, Chlorophyll Content and Chloroplast Structure in Leaves of Eupatorium makinoi During Leaf Development. *Functional Plant Biology*. P.165-175.
- 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.
- Kordi, K. M. G. H. 2010. Panduan Lengkap Memelihara Ikan Air Tawar di Kolam Terpal. Yogyakarta: Lily Publisher
- Latuconsina, H. 2020. Ekologi Ikan Perairan Tropis: Biodiversitas, Adaptasi, Ancaman, dan Pengelolaan. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Lidiawati, Tuani. 2009. Penurunan Konsentrasi Warna Limbah Tekstil dengan Menggunakan Tumbuhan Air. Bandung: Prosiding Nasional Teknik Kimia Indonesia.
- Mahyatun, W.O., Lawalena, S., Zubair, A. 2015. Fitoremediasi Logam Cd Menggunakan Kombinasi Eceng Gondok Dan Kayu Apu Dengan Aliran Kontinyu [skripsi]. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Muhtar, A. 2008. Penggunaan Tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) sebagai Pre-treatment Pengolahan Air Minum pada Air Selokan Mataram [skripsi]. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Nikmatusya'ban, F. 2016. Fitoremediasi Limbah Cair Industri Tapioka Dengan Pemanfaatan Tanaman Air Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Dan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) [skripsi]. Malang: Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya.
- Ningrum, A.N. 2011. Pengaruh Kerapatan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) yang Berbeda pada Limbah Cair Pabrik Gula Terhadap Kelulushidupan dan Pertumbuhan Benih Ikan Mas (*Cyprinus carpio*) [skripsi]. Malang: Universitas Brawijaya.
- Novotny, V & H. Olem. 1994. Water Quality: prevention, Identification, and Management of Diffuse Pollution. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Prince, S. A., and Wilson, L. M. 2006. Patofisiologi. Edisi VI. volume I. EGC. Philadelphia.
- Rahmatullah, L. 2008. Penggunaan Tanaman Kiapu (*Pistia stratiotes*) sebagai Pengolahan Pendahuluan untuk Air Permukaan dengan Parameter Warna dan TDS “Studi Kasus Air Selokan Mataram” [skripsi]. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- 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.
- 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.
- Sussana. 2014. Fitoremediasi Fosfat (PO_4) Dan Amonia (NH_4) 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.
- Yusuf, M. A. 2012. Pra – Perlakuan Air Sungai Sebagai Air Baku Dengan Teknologi Fixed Bed Reactor [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

- 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.
- Wahyuningsih S, Effendi H, Wardiatno Y. 2015. Nitrogen removal of aquaculture wastewater in aquaponic recirculation system. *AAFL Bioflux*. 8(4): 491-499.