

Ragam Metode Pengendalian Gulma Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solm) Di Danau Rawapening Jawa Tengah, Indonesia

*(The Various Methods of Controlling Water Hyacinth Weed (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solm) in Rawapening Lake, Central Java, Indonesia)*

Syarif Prasetyo¹

¹Research Center for Limnology and Water Resources, National Research and Innovation Agency (BRIN), Soekarno's Science and Technology Area Jalan Raya Jakarta- Bogor, Km 46 Cibinong, Bogor, West Java, Indonesia

Penulis Korespondensi: syarifprasetyo@gmail.com

Abstract

Rawapening Lake is highlighted as experiencing a decline in environmental quality. This condition can be seen in the increasingly widespread invasion of water hyacinth weeds that cover the surface of the water. Aquatic plants from the Amazon River, which are included in the list of the 100 most invasive weeds in the world, have the ability to grow rapidly vegetatively and generatively. Water hyacinth triggers an accelerated reduction of water in the lake through evapotranspiration, lowering dissolved oxygen levels, resulting in the loss of various species and decreased fish production. The uncontrolled growth of water hyacinth also disrupts boat navigation, damages fishing nets, destroys hydroelectric turbines, spoils the landscape, and becomes a habitat for disease vectors. This research uses the systematic literature review (SLR) method, a systematic way to collect and analyze data and other research findings in articles used as research material. This literature review regarding water hyacinth control methods aims to provide alternative options for dealing with this invasive weed in Rawapening Lake. All methods of controlling water hyacinth have their own advantages and disadvantages, including physical (mechanical) control, chemical control, and the use of biological agents. Physical control does not require special skills to clean water hyacinth from water. However, water hyacinth that is cut and sunk will affect dissolved oxygen levels and the enrichment (eutrophication) of the waters, so that it can trigger an explosion in the growth of the water hyacinth itself. Chemical control can save costs and energy compared to physical control, especially for handling water hyacinth invasions in wide waters. However, the use of herbicides in controlling water hyacinth can also destroy non-target plants, which can cause widespread ecological problems. Controlling the population using biological agents to reduce the number of water hyacinths is an option that can be selected. The weakness of biological control is the length of the cleaning process compared to mechanical and chemical methods, thus making someone reluctant to apply it. Biological methods are relatively safe for the health of the aquatic environment but require a long time, while mechanical and chemical methods can be applied effectively and efficiently but have a negative impact on the ecological conditions of the waters. Short-term control of water hyacinth in Lake Rawapening and other small bodies of water is more effective by means of physical control in collaboration with biological control.

Keywords: Rawapening Lake, Water hyacinth, Physical, Chemical and Biological Control, ecosystem restoration, invasive species control

Abstrak

Danau Rawapening disorot mengalami penurunan kualitas lingkungan. Kondisi tersebut dapat dilihat dari semakin meluasnya invasi gulma eceng gondok yang menutupi permukaan air. Tumbuhan air dari Sungai Amazon yang masuk daftar 100 gulma paling invasif di dunia ini memiliki kemampuan tumbuh pesat secara vegetatif dan generatif. Eceng gondok memicu percepatan penyusutan air pada danau melalui evapotranspirasi, menurunkan kadar oksigen terlarut yang berakibat pada hilangnya beragam spesies dan menurunnya produksi ikan. Pertumbuhan eceng gondok yang tak terkendali juga mengganggu navigasi kapal, merusak jaring nelayan, merusak turbin pembangkit listrik tenaga air, merusak pemandangan dan menjadi habitat bagi vektor penyakit. Penelitian ini menggunakan metode Systematic literature review (SLR), cara sistematis untuk mengoleksi dan menganalisis secara kritis melalui sajian data-data serta temuan penelitian lainnya pada artikel-artikel yang dijadikan sebagai bahan penelitian. Kajian pustaka terkait metode pengendalian eceng gondok ini bertujuan untuk memberikan pilihan alternatif dalam mengatasi gulma invasif tersebut di Danau Rawapening. Semua metode dalam pengendalian eceng gondok memiliki keunggulan dan kekurangannya masing-masing baik pengendalian

secara fisik (mekanis), kimiawi maupun pemanfaatan agen biologis. Pengendalian secara fisik tidak memerlukan keahlian khusus untuk membersihkan eceng gondok dari perairan. Namun, eceng gondok yang dipotong dan tenggelam akan mempengaruhi kadar oksigen terlarut serta penyuburan (eutrofikasi) perairan sehingga dapat memicu ledakan pertumbuhan eceng gondok itu sendiri. Pengendalian secara kimiawi dapat menghemat biaya maupun tenaga dibandingkan secara fisik, terutama untuk penanganan invasi eceng gondok di perairan luas. Namun, pemakaian herbisida dalam pengendalian eceng gondok juga dapat memusnahkan tumbuhan non target yang dapat menimbulkan permasalahan ekologis secara luas. Pengendalian menggunakan agen biologis untuk mengurangi jumlah eceng gondok menjadi opsi yang dapat dipilih. Kelemahan pengendalian secara biologis adalah lamanya proses pembersihan dibandingkan dengan metode mekanis dan kimiawi, sehingga membuat seseorang menjadi enggan untuk mengaplikasikannya. Metode biologis relatif aman bagi kesehatan lingkungan perairan tetapi membutuhkan waktu panjang sedangkan metode mekanis dan kimiawi dapat diterapkan secara efektif dan efisien, tetapi berdampak negatif terhadap kondisi ekologi perairan. Pengendalian eceng dalam jangka pendek di Danau Rawapening dan perairan-perairan kecil lainnya lebih efektif dengan cara pengendalian fisik yang dikolaborasi dengan pengendalian biologis.

Kata kunci: *Danau Rawapening, Eceng gondok, Kontrol Fisika, Kimiawi dan Biologis*

PENDAHULUAN

Eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) merupakan golongan gulma invasif dari famili Pontederiaceae (Gaikwad & Gavande, 2017; Roopnarain dkk., 2019). Eceng gondok di berbagai belahan dunia telah menimbulkan berbagai permasalahan terhadap lingkungan, pembangunan sosial, kesehatan manusia, perekonomian dan akses pada air bersih (Dersseh dkk., 2019; Sharma dkk., 2016). Gulma air ini berasal dari Sungai Amazon, Amerika Selatan yang tidak sengaja ditemukan oleh Ilmuan bernama Karl Von Mortius di tahun 1924 ketika berekspedisi di salah satu sungai terbesar dunia tersebut (Rapitasari & Amirullah, 2016).

Eceng gondok dapat tumbuh mengapung di permukaan air pada perairan yang dalam dan tumbuh berakar di sedimen ketika air menyusut atau dangkal. Pada tahun 1894 Eceng gondok menjadi koleksi Kebun Raya Bogor. Tumbuhan ini memiliki kemampuan adaptasi yang tinggi dan dapat tumbuh secara pesat sehingga membuatnya cepat memenuhi habitatnya. Hingga saat ini eceng gondok telah menyebar di berbagai perairan di Indonesia. Eceng gondok juga telah menyebar di berbagai belahan dunia kecuali Benua Antartika (Jiménez & Balandra, 2007b).

Eceng gondok masuk dalam daftar 100 gulma invasif dan paling berbahaya bagi lingkungan karena karena mampu berkembang biak sangat cepat dengan kemampuan beradaptasi yang tinggi (Chimene Guezo dkk., 2017; Owusu dkk., 2016; Ruan dkk., 2016). Pencemaran perairan terutama oleh material organik Nitrogen (N) dan Phospor (P) akan memicu laju eutrofikasi yang menutrisi eceng gondok bertumbuh semakin pesat (Verma & Sivappa, 2017). Hal tersebut

berdampak pada pertumbuhan eceng gondok yang tak terkendali dan dapat menutupi sebagian besar permukaan air. Tutupan eceng gondok pada perairan dapat menimbulkan kerugian bagi lingkungan, sosial-ekonomi dan juga berdampak buruk bagi kesehatan (Moorthy, 2017; Patel, 2012; Sharma dkk., 2016).

Semakin luas tutupan eceng gondok pada permukaan air akan semakin menurunkan kadar oksigen terlarut yang berakibat pada hilangnya beragam spesies sehingga memberikan ancaman besar bagi keanekaragaman hayati (Plaza dkk., 2010). Ledakan pertumbuhan eceng gondok berdampak pada menurunnya produksi ikan di perairan (Güereña dkk., 2015). Kerapatan tutupan gulma tersebut pada perairan menjadikannya habitat yang ideal bagi berbagai macam vektor penyakit (Ndimele dkk., 2011; Waithaka, 2013), seperti nyamuk *Anopheles* pembawa penyakit malaria dan juga nyamuk pembawa larva cacing filarial pemicu penyakit kaki gajah (Hasibuan dkk., 2020; McBeath dkk., 2014).

Danau Rawapening sebagai salah satu perairan yang diinvasi gulma eceng gondok mengalami kenaikan laju evapotranspirasi yang mempercepat menyusutnya air dari danau tersebut (Goshu & Aynalem, 2017; Honlah dkk., 2019; Kamau dkk., 2015). Laju pertumbuhan eceng gondok pada ekosistem Danau Toba mencapai 4,21%. (Siahaan dkk., 2016). Tumbuhan Invasif ini hanya membutuhkan waktu satu hingga dua minggu untuk menggandakan diri (Proctor, 2016). Di Danau Rawapening eceng gondok mampu tumbuh dan memenuhi plot mesocosm seluas 1 m² hanya dalam waktu 22 hari (Soeprbowati, 2017). Kajian pustaka terkait metode pengendalian eceng gondok ini bertujuan untuk mengidentifikasi

metode pengendalian eceng gondok yang paling efektif dan berkelanjutan di Danau Rawapening berdasarkan kajian literatur yang ada. Beragam metode pengendalian eceng gondok yang relevan diuraikan secara mendetail untuk memberikan gambaran dan perspektif bagi pembaca.

BAHAN DAN METODE

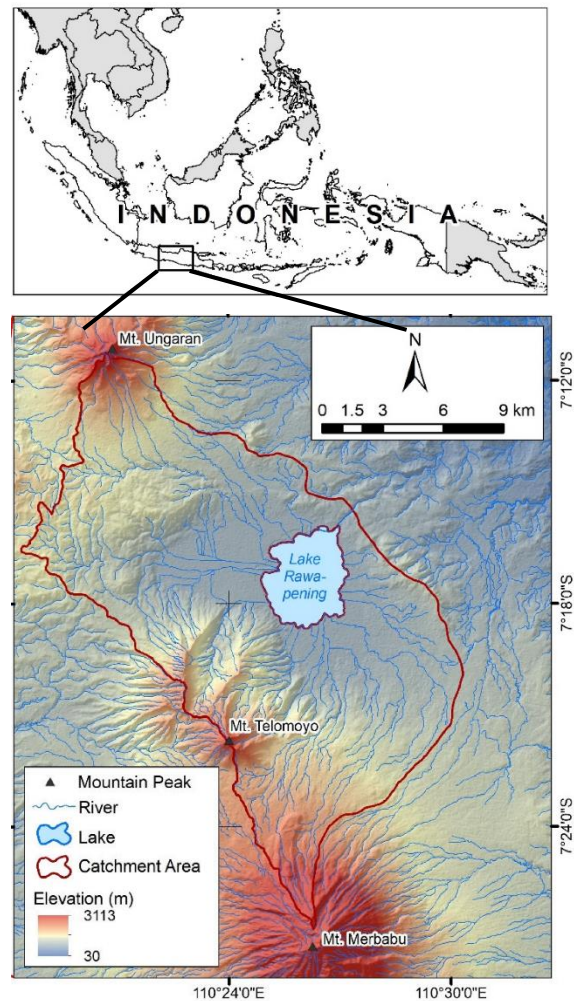
Systematic literature review (SLR) dipilih sebagai metode dalam penelitian ini. Metode SLR merupakan cara sistematis untuk mengoleksi dan menganalisis secara kritis melalui sajian data-data serta temuan penelitian lainnya pada artikel-artikel yang dijadikan sebagai bahan penelitian (Ramdhani et al., 2014). Hasil kajian atas artikel-artikel tersebut selanjutnya di analisis dan dilaporkan dalam bentuk artikel ilmiah.

Area Studi Danau Rawapening

Area yang menjadi fokus kajian penulisan artikel adalah Danau Rawapening yang mengalami permasalahan lingkungan akibat ledakan eceng gondok. Ekosistem perairan darat ini secara administratif terletak di Kabupaten Semarang, Provinsi Jawa Tengah, Indonesia. Danau ini berada di segitiga emas yang di lewati Jalan Nasional jurusan Kota Semarang-Kota Salatiga-Kota Solo. Secara spesifik berada sekitar 45 km dari arah Selatan Kota Semarang dan 9 km dari arah Barat Laut Kota Salatiga. Lebih detailnya secara astronomis Danau Rawapening berada pada titik koordinat $7^{\circ}04'-7^{\circ}30'$ Lintang Selatan serta $110^{\circ}24'46''-110^{\circ}49'06''$ pada Bujur Timur yang berada di ketinggian 460 mdpl. Keberadaan Danau Rawapening mencakup empat kecamatan meliputi Banyubiru, Ambarawa, Bawen dan Tuntang yang semuanya berada dalam wilayah Kabupaten Semarang (Gambar 1.).

Pada musim hujan Danau Rawapening memiliki luas genangan air sekitar 2.667 hektar dan luasan tersebut menyusut hingga 1.650 hektar di musim kemarau (Izzati dkk., 2022; Prasetyo dkk., 2021b). Danau yang berada di kawasan tropis ini dikelilingi pegunungan dan perbukitan dengan kelerengan antara 8%-30%. Gunung-gunung yang mengelilingi Danau Rawapening meliputi Gunung Telomoyo setinggi 1895 mdpl, Gunung Butak setinggi 1000 mdpl, Gunung Balak setinggi 700 mdpl serta Gunung Payung dan gunung Rong yang keduanya memiliki ketinggian 600 mdpl (Mardiatno dkk., 2023). Danau

Rawapening digenangi air yang bersumber dari air hujan, mata air dan dari 20 aliran sungai di seluruh kawasan danau. Danau Rawapening hanya memiliki satu outlet sebagai pintu keluarnya air yaitu Sungai Tuntang. Ekosistem Danau Rawapening termasuk dangkal sehingga bahan organik mudah terserap dan memicu terjadinya eutrofikasi yang menyebabkan terjadinya ledakan eceng gondok dan tumbuhan air lainnya seperti *Hydrilla verticillata* (Izzati dkk., 2022).



Gambar 1. Peta Danau Rawapening

HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode Pengendalian Eceng Gondok

Ledakan pertumbuhan eceng gondok tak terkendali di danau Rawapening (Gambar 3.) mengindikasikan telah terjadi eutrofikasi karena pengayaan unsur hara pada danau (Chander dkk., 2018; Grasset dkk., 2016; Sutadian, 2017). Status mutu air Danau Rawapening telah mengalami pencemaran berat tercemar berat dan hanya layak

untuk kegiatan budidaya pertanian serta mengairi pertamanan (Piranti dkk., 2018).



Gambar 2. Tutupan Eceng gondok di Danau Rawapening (Prasetyo dkk, 2022)

Pembersihan biomassa eceng gondok sebanyak 483,527.1 ton yang menutupi area seluas 1,866.9 hektar tersebut (Prasetyo dkk., 2021b), membutuhkan energi dan biaya yang sangat besar. Biaya sebesar itu digunakan untuk membersihkan eceng gondok tanpa mempertimbangkan laju pertumbuhan gulma yang menutupi perairan. Selama proses pembersihan eceng gondok dari badan danau gulma tersebut tetap tumbuh dan membentuk koloni baru, sehingga pembiayaan untuk pembersihannya akan terus meningkat. Penelitian terkait pengendalian eceng gondok yang tepat telah dilakukan anatara lain oleh (Pratiwi dkk., 2018; Ray & Hill, 2013; Thamaga & Dube, 2018). Metode paling umum digunakan untuk pengendalian eceng gondok yaitu pengendalian secara fisik, kimiawi dan biologi (Su dkk., 2018; Williams dkk., 2005). Masing – masing metode memiliki kelebihan dan kelemahan. Berikut uraian mengenai ragam metode pengendalian eceng gondok ditinjau dari kelebihan maupun kekurangannya.

1. Metode Fisik/Mekanis

Pengendalian secara fisik (Gambar 3.) maupun mekanis dalam mencegah meluasnya penyebaran eceng gondok mengacu pada fisik gulma tersebut (Bordoloi dkk., 2018). Metode ini meliputi kegiatan pemanenan dan pemotongan gulma secara langsung pada habitatnya (Villamagna & Murphy, 2010). Metode fisik yang diterapkan di Danau Rawapening mencakup control secara budaya pada masyarakat dalam menangani invansi gulma eceng gondok.

Beberapa teknik yang diterapkan antara lain mencabut tanaman dari air menggunakan tangan, memotongnya dengan sabit, memasang penghalang bawah dengan bambu. Setiap tahun masyarakat secara bersama mengangkat eceng gondok ke daratan sebagai upaya mengurangi jumlahnya di badan air. Unit Operasi Pengendalian Rawapening IV (OP IV) telah dibentuk oleh Badan Daerah Aliran Sungai Pemali Juwana (BBWSPJ) untuk pengendalian eceng gondok. Pemanfaatan berbagai jenis peralatan modern sudah dioperasionalkan oleh OP IV untuk mempercepat proses pembersihan gulma dari Danau Rawapening.

Secara terperinci peralatan yang selama ini dikerahkan dalam pembersihan gulma tersebut meliputi Harvester Berky (11 unit), Amphibian Weed Harvester (3 unit), Excavator (3 unit), dan Dump Truck (5 unit) untuk mengangkut eceng gondok. Upaya yang dilakukan memang secara signifikan menurunkan luas hamparan eceng gondok di Danau Rawapening yaitu mencapai 200 hektar tiap tahun (Prasetyo dkk., 2021a). Tetapi pemanenan eceng gondok secara mekanis tersebut menjadi mahal (Villamagna & Murphy, 2010).



Gambar 3. Pembersihan secara fisik, (atas) secara manual, (bawah) menggunakan peralatan canggih.

Hingga saat ini aktivitas pembersihan eceng gondok secara mekanis yang dijalankan oleh OP IV masih berlangsung. Namun, dapat dilihat langsung di lokasi bahwa

penanganan secara mekanis ini dinilai tidak efektif dan cenderung gagal. Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan selama kegiatan pembersihan eceng gondok tidak mempertimbangkan faktor-faktor paling mendasar dalam penanganan. Eutrofikasi hal yang sangat penting untuk dipahami dan dikendalikan belum dijadikan dasar dalam penanganan Rawapening. Kondisi perairan mengalami eutrofikasi karena tingginya total fosfor dari daerah tangkapan air yang masuk ke badan air (Piranti dkk., 2018).

Sebesar 10.32 mg/ detik fosfor masuk dan 64,9% mengendap di sedimen. Kondisi perairan yang mengalami eutrofikasi telah sukses menyuburkan pertumbuhan eceng gondok. Pertumbuhan eceng gondok di Danau Rawapening yang dari satu tanaman mampu memenuhi 1 m² dalam waktu 22 hari (Soeprbowati, 2017). Artinya Jika jumlah peralatan dan teknologi tidak bisa mengimbangi kemampuan reproduksi dan pertumbuhan eceng gondok akan menjadi sulit dalam pengendalian gulma tersebut. Pengendalian eceng gondok secara mekanis dapat bekerja secara efektif di daerah kecil, tetapi danau besar seperti Rawapening membutuhkan lebih banyak waktu, uang, dan energi (Hidayati dkk., 2018a).

2. Metode Kimia

Metode pengendalian eceng gondok secara kimiawi (Gambar 4.) dapat menggunakan herbisida kimia seperti Imazapyr, Glyphosate, Bispyribac, Triclopyr, Imazamox, Florpyrauxifen benzyl dan Diquad. Cara ini tergolong lebih efektif dan efisien dalam mengurangi eceng gondok (Carvalho & Cerveira Junior, 2019; Garlich dkk., 2019; Murugesan, 2014). Glyphosate dapat memberikan efisiensi pengendalian eceng gondok dengan sangat baik dan tidak secara signifikan mengubah parameter kualitas air meliputi pH dan oksigen terlarut (Souza dkk., 2020).

Penyemprotan Glyphosate dengan dosis 450 g/ hektar dapat memberikan control pada eceng gondok sebesar 92,13% (Al-Wagga & Al-Gburi, 2018). Herbisida bekerja secara sistemik diserap oleh bagian hijau tanaman dan bergerak ke dalam sel sehingga menghambat proses fotosintesis. Pengendalian eceng gondok secara kimiawi dengan menggunakan herbisida tersebut sangat dibatasi karena beresiko tinggi mencemari lingkungan (Carvalho & Cerveira Junior, 2019). Unsur kimia berbahaya beresiko bagi kesehatan

manusia jika air digunakan sebagai bahan baku air minum dan mencuci (Chander dkk., 2018). Penggunaan herbisida juga kurang selektif terhadap target penanggulangan jika dibandingkan cara mekanis. Cara kimiawi lebih berbahaya bagi mikroorganisme dan tumbuhan non target yang menyediakan habitat bagi organisme lainnya. Selain itu juga mempengaruhi produksi ikan (Gupta & Yadav, 2020).



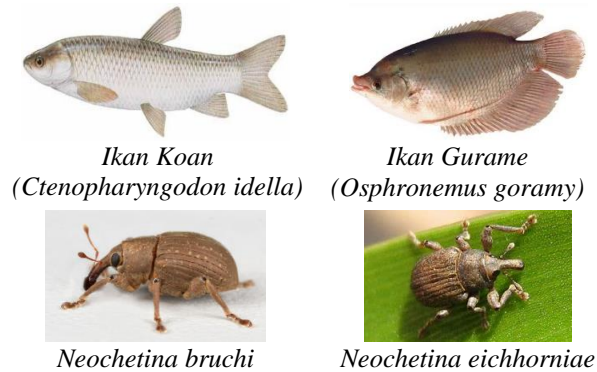
Gambar 4. Penyemprotan herbisida kimia dalam pengendalian eceng gondok (Sumber: California Departmen of Water Resources, 2015)

Pengendalian eceng gondok secara kimiawi lebih murah dibandingkan menggunakan cara mekanik namun, tetap bergantung pada peralatan yang digunakan untuk mengaplikasikan herbisida (Villamagna & Murphy, 2010). Meskipun cara ini terbukti berhasil untuk wilayah yang lebih kecil, tetapi tidak cocok untuk area yang luas seperti danau Rawapening. Selain itu danau Rawapening memiliki kompleksitas pemanfaatan untuk sumber air minum, kegiatan pertanian, budidaya perikanan, pariwisata dan lainnya. Sehingga pengendalian eceng gondok secara kimiawi selama ini belum pernah diterapkan di danau Rawapening karena herbisida bersifat racun berat dan non esensial yang memberikan dampak negative bagi hewan maupun manusia (Koutika & Rainey, 2015). Sehingga herbisida dikhawatirkan mengancam keanekaragaman biota yang bisa merusak keseimbangan ekosistem.

3. Metode Biologi

Pemanfaatan agen biologi sebagai cara untuk mengendalikan pertumbuhan eceng gondok (Gambar 5.) telah dilakukan di Danau Rawapening. Agen biologi tersebut antara lain ikan koan atau yang dikenal dengan nama ikan Grass carp (*Ctenopharyngodon idella*), ikan

gurame (*Osphronemus goramy*) dan kumbang *Neochetina bruchi* serta kumbang *Neochetina eichhorniae* yang merupakan predator alami eceng gondok (Archambault dkk., 2015).



Gambar 5. Agen biologi pengendali eceng gondok di Danau Rawapening

Ikan koan bukanlah jenis yang menjadi agen khusus untuk mengendalikan eceng gondok (Silva dkk., 2014), tetapi merupakan salah satu spesies budidaya terpenting di dunia yang efektif untuk menghilangkan vegetasi air di banyak negara (Bala Singla dkk., 2016). Dikenal sebagai ikan yang rakus, akibatnya ikan koan digunakan sebagai control biologi antara lain di Sungai Nil di Mesir (Sharma dkk., 2016), dan Danau Kerinci Indonesia (Samuel dkk., 2015). Dinas Kelautan dan Perikanan (DKP) Jawa Tengah yang merupakan satuan kerja pemerintah telah berupaya mengurangi eceng gondok dengan memanfaatkan ikan koan. Lima juta ikan ditargetkan memakan eceng gondok yang menutupi 70% permukaan Danau tersebut (Rahardjo dkk., 2019). Program tebar ikan koan telah direalisasikan dengan melepas 100.000 ekor pada tahun 2012 dan 2013, kemudian 105.000 ekor pada tahun 2014, dan 148.300 ekor pada tahun 2015. Pada tahun 2016 dan seterusnya pelepasan ikan gurame tidak lagi dilakukan karena berlakunya undang-undang tersebut. 23/2014 tentang Pemerintahan Daerah (Hidayati dkk., 2018a).

Lima juta ikan ditargetkan memakan eceng gondok yang menutupi 70% permukaan Danau Rawapening seluas 2.667 hektar pada musim hujan (Rahardjo dkk., 2019). Program tebar rumput gurame telah direalisasikan dengan melepas 100.000 ekor pada tahun 2012 dan 2013, kemudian 105.000 ekor pada tahun 2014, dan 148.300 ekor pada tahun 2015. Pada tahun 2016 dan seterusnya pelepasan ikan gurame tidak lagi

dilakukan karena berlakunya undang-undang tersebut. 23/2014 tentang Pemerintahan Daerah (Hidayati dkk., 2018a).

Ikan koan yang memiliki kemampuan mengkonsumsi eceng gondok 1,5 kali berat tubuhnya (Prasetyo dkk., 2022), memiliki potensi besar untuk pengendalian eceng gondok. Namun, upaya mereduksi eceng gondok menggunakan ikan koan dalam jumlah sedikit di Danau Rawapening sangat tidak efektif dan efisien sehingga dinilai gagal. Permasalahan yang timbul setelah pelepasan ikan koan di Danau Rawapening adalah ditangkap oleh nelayan secara bebas. Inspirasi pembersihan Danau Kerinci di Jambi Sumatera yang hanya menggunakan 2.000 ekor ikan koan selama 10 tahun (Samuel dkk., 2015), ternyata belum bisa diterapkan di Danau Rawapening karena terhentinya program sebelum mencapai target pelepasan lima juta ekor ikan. Akan tetapi pengendalian eceng gondok menggunakan ikan koan merupakan salah satu cara yang paling aman secara ekologis meskipun membutuhkan waktu dan kebutuhan mempertahankan populasinya sebagai predator di perairan. Untuk mempercepat kinerja agen biologi dalam mengendalikan eceng gondok di Danau Rawapening bisa dengan cara menggabungkan beberapa spesies sekaligus.

Herbivora serangga *Neochetina bruchi* dan *Neochetina eichhorniae* merupakan spesies kumbang yang secara spesifik menjadi musuh alami eceng gondok (Center & Dray, 2010). Pemanfaatan dua spesies kumbang tersebut adalah langkah tepat untuk pengendalian eceng gondok di Danau Rawapening. Selain *N. bruchi* dan *N. eichhorniae* ada ngengat, serangga dan parasite jamur yang juga dapat dimanfaatkan untuk pengendalian eceng gondok (Sharma dkk., 2016).

Neochetina bruchi dan *Neochetina eichhorniae* merupakan predator alami eceng gondok (Gichuki dkk., 2012; Onyango & Ondeng, 2015) (Gambar 5). Kumbang ini adalah agen biologis yang spesifik yang berhasil digunakan pada pengendalian eceng gondok (Firehun dkk., 2015). Kumbang pemakan eceng gondok tersebut diperkenalkan di wilayah negara bagian Louisiana, Texas dan Florida yang dipenuhi ribuan hektar hamparan eceng gondok. Pada tahun 1980 diperoleh hasil 33% hamparan eceng gondok mengalami penurunan (Archambault dkk., 2015).

N. bruchi dan *N. eichhorniae* memiliki siklus yang pendek yaitu Sembilan puluh hari

sehingga dipilih sebagai agen biologis (Archambault dkk., 2015). Kedua jenis kumbang tersebut memakan bagian tumbuhan eceng gondok di lokasi yang berbeda sehingga dapat hidup bersama tanpa harus berkompetisi. *N. eichhorniae* telah ditemukan keberadaannya di Danau Rawapening, sedangkan *N. bruchi* tidak ditemukan (Pratiwi dkk., 2018). Penemuan tersebut sejalan dengan penelitian di Jawa Barat yang menemukan bahwa *N. eichhorniae* tersebar luas di sejumlah daerah perairan tawar di Jawa Barat, Indonesia, tetapi tidak untuk *N. bruchi* (Buchori dkk., 2006). *N. eichhorniae* menyerang daun eceng gondok dengan laju kerusakan sebesar 0,43% per daun (Pratiwi dkk., 2018). Kumbang yang digunakan untuk pengendalian eceng gondok ini mampu membatasi pertumbuhan gulma sehingga ukurannya kecil. Selain itu juga mengganggu perbanyakan secara vegetative, produksi benih dan membawa mikroorganisme patogen bagi eceng gondok. Kumbang juga menyerang eceng gondok dengan memakan jaringan, sehingga daya apung tanaman menjadi hilang dan membuatnya tenggelam (Jiménez & Balandra, 2007a).

Pengendalian secara biologis menggunakan kumbang penggerek terhadap eceng gondok sudah dilakukan di berbagai belahan dunia (Koutika & Rainey, 2015; Sivaraman & Murugesan, 2017). Bahkan pengendalian secara biologis yang diterapkan di Danau Victoria menunjukkan keberhasilan yang luar biasa (Wilson dkk., 2006). Pada tahun 1979 Sudan telah melaporkan bahwa penggunaan *N. bruchi* dan *N. eichhorniae* secara campuran berhasil meningkatkan laju pengendalian eceng gondok sebesar 136,6% sehingga pertumbuhan eceng gondok berkurang hingga 22,5% (Gupta & Yadav, 2020).

Penerapan beberapa agen biologi untuk mengendalikan laju pertumbuhan eceng gondok akan sangat membantu proses pembersihan secara fisik gulma tersebut di danau Rawapening. Ikan grass carp dan kumbang *N. bruchi* serta *N. eichhorniae* bisa menjadi kombinasi yang tepat karena sudah terbukti lebih efisien dan ramah lingkungan (Hidayati dkk., 2018b). Keberadaan agen – agen biologi tersebut di danau Rawapening perlu ditingkatkan dengan perhitungan dan control yang tepat. Ikan grass carp maupun kumbang yang dilepas lebih baik sudah dimandulkan sehingga meminimalisir dampak

negative keberadaan agen biologi tersebut dalam pembersihan eceng gondok di danau Rawapening.

KESIMPULAN

Pesatnya invasi eceng gondok di Danau Rawapening dapat dikendalikan dengan beragam metode baik secara mekanis (fisik), kimiawi maupun biologi. Pengendalian eceng gondok secara biologis merupakan metode yang paling efisien dan aman bagi lingkungan untuk hasil jangka panjang. Pengendalian secara fisik efektif untuk hasil jangka pendek untuk perairan tidak terlalu luas, cara ini diaplikasikan bersama cara biologis di Danau Rawapening. Pengendalian kimiawi sangat efektif untuk jangka pendek, tetapi tidak direkomendasikan pengaplikasiannya di Danau Rawapening karena berdampak serius pada kondisi ekologi perairan. Pengendalian eceng dalam jangka pendek di Danau Rawapening dan perairan-perairan kecil lainnya lebih efektif dengan cara pengendalian fisik yang dikolaborasi dengan pengendalian biologis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan atas dukungan sejawat di Prodi Ilmu Pengetahuan Alam, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam UNESA yang telah mendukung proses ilmiah ini. Selain itu ucapan terima kasih kami haturkan kepada Manajemen Talenta Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) yang memberi peluang bagi penulis untuk mengikuti Program Post-Doctoral di Pusat Riset Limnologi dan Sumber Daya Air. Artikel ini adalah proses ilmiah yang menjadi bagian dari program Post-Doctoral yang dimulai pada 02 Februari 2023 – 31 Januari 2024.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Wagga, A., & Al-Gburi, O. 2018. Using Different Methods of Adding Herbicides in Controlling Water Hyacinth and Reduce in Water Environment Pollution.
- Archambault, J. M., Bergeron, C. M., Cope, W. G., Richardson, R. J., Heilman, M. A., Corey, J. E., Netherland, M. D., & Heise, R. J. 2015. Sensitivity of freshwater molluscs to hydrilla-targeting herbicides: Providing context for invasive aquatic weed control in diverse ecosystems. *Journal of Freshwater Ecology*, 30(3),

- 335–348.
<http://dx.doi.org/10.1080/02705060.2014.945104>
- Bala Singla, D., DrRenu Bala Singla, C., & Bala Singla, R. 2016. International Journal of Fisheries and Aquatic Studies 2016; 4(3): 590-593 Morphometric alterations in exotic freshwater fish, *Ctenopharyngodon idella* (Cuv. and Val.) upon exposure to endosulfan. www.fisheriesjournal.com
- Bordoloi, S., Garg, A., Sreedeeep, S., Lin, P., & Mei, G. 2018. Investigation of cracking and water availability of soil-biochar composite synthesized from invasive weed water hyacinth. *Bioresource Technology*, 263, 665–677.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2018.05.011>
- Buchori, D., Kartosuwondo, U., Tjitrosemito Dan Sahari, S. B., Kamper, J., & Darmaga, K. 2006. Persebaran Agens Hayati *Neochetina* spp. (Coleoptera: Curculionidae) Di Jawa Barat Dan DKI Jakarta. Dalam *J. Entomol. Ind* (Vol. 3, Nomor 1).
- Carvalho, L. B. de, & Cerveira Junior, W. R. 2019. Control of water hyacinth: a short review. *Communications in Plant Sciences*, 9(1). <https://doi.org/10.26814/cps2019021>
- Center, T. D., & Dray, F. A. 2010. Bottom-up control of water hyacinth weevil populations: do the plants regulate the insects?. *Journal of Applied Ecology*, 47(2), 329–337.
<http://www.jstor.org/stable/40605825>
- Chander, S., Pompapathi, V., Gujrati, A., Singh, R. P., Chaplot, N., & Patel, U. D. 2018. Growth of invasive aquatic macrophytes over Tapi river. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives, 42(5), 829–833.
<https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-5-829-2018>
- Chimene Guezo, N., Essetchi Kouamelan, P., Ouattara, A., & Fiogbe, E. D. 2017. KEY WORDS. Dalam Public Health & Territorial Intelligence Env.Wat. Sci. pub. H. Ter. Int. *J. EWASH & TI Journal* (Vol. 1). <http://revues.imist.ma/?journal=ewash-ti/>
- Dersseh, M. G., Melesse, A. M., Tilahun, S. A., Abate, M., & Dagnew, D. C. 2019. Water hyacinth: Review of its impacts on hydrology and ecosystem services-Lessons for management of Lake Tana. In: Extreme Hydrology and Climate Variability: Monitoring, Modelling, Adaptation and Mitigation (hlm. 237–251). *Elsevier*.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815998-9.00019-1>
- Firehun, Y., Struik, P. C., Lantinga, E. A., & Taye, T. 2015. Adaptability of two weevils (*Neochetina bruchi* and *Neochetina eichhorniae*) with potential to control water hyacinth in the Rift Valley of Ethiopia. *Crop Protection*, 76, 75–82.
<https://doi.org/10.1016/J.CROPRO.2015.06.015>
- Gaikwad, R. P., & Gavande, S. 2017. Major Factors Contributing Growth of Water Hyacinth in Natural Water Bodies. *International Journal of Engineering Research*, 6, 304.
- Garlich, N., Guarnieri, C. C. O., Freitas, R. L. G., Cervoni, J. H. C., Cruz, C., & Ferreira, M. C. 2019. Efficacy of imazamox with centrifugal energy spray nozzle on *eichhornia crassipes* and economic analysis of control viability. *Journal Planta Daninha*, 37.
<https://doi.org/10.1590/S0100-83582019370100102>
- Gichuki, J., Omondi, R., Boera, P., Okorut, T., Matano, A. S., Jembe, T., & Ofulla, A. 2012. Water hyacinth *eichhornia crassipes* (Mart.) solms-laubach dynamics and succession in the nyanza gulf of Lake Victoria (East Africa): Implications for water quality and biodiversity conservation. *The Scientific World Journal*, 2012. <https://doi.org/10.1100/2012/106429>
- Goshu, G., & Aynalem, S. 2017. Problem Overview of the Lake Tana Basin. Dalam K. Stave, G. Goshu, & S. Aynalem (Ed.), *Social and Ecological System Dynamics: Characteristics, Trends, and Integration in the Lake Tana Basin, Ethiopia* (hlm. 9–23). *Springer International Publishing*.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-45755-0_2
- Grasset, C., Abril, G., Guillard, L., Delolme, C., & Bornette, G. 2016. Carbon emission along a eutrophication gradient in temperate riverine wetlands: effect of primary productivity and plant community composition. *Journal Freshwater Biology*,

- 61(9), 1405–1420.
<https://doi.org/10.1111/fwb.12780>
- Güereña, D., Neufeldt, H., Berazneva, J., & Duby, S. 2015. Water hyacinth control in Lake Victoria: Transforming an ecological catastrophe into economic, social, and environmental benefits. *Sustainable Production and Consumption*, 3, 59–69.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.spc.2015.06.003>
- Gupta, A. K., & Yadav, D. 2020. Biological Control of Water Hyacinth. *Environmental Contaminants Reviews*, 3(1), 37–39.
<https://doi.org/10.26480/ecr.01.2020.37.39>
- Hasibuan, A. A., Yuniati, R., & Wardhana, W. 2020. The growth rate and chlorophyll content of water hyacinth under different type of water sources. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 902(1).
<https://doi.org/10.1088/1757-899X/902/1/012064>
- Hidayati, N., Soeprbowati, T. R., & Helmi, M. 2018a. The evaluation of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) control program in Rawapening Lake, Central Java Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 142(1).
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/142/1/012016>
- Honlah, E., Yao Segbefia, A., Odame Appiah, D., Mensah, M., & Atakora, P. O. 2019. Effects of water hyacinth invasion on the health of the communities, and the education of children along River Tano and Abby-Tano Lagoon in Ghana. *Journal Cogent Social Sciences*, 5(1).
<https://doi.org/10.1080/23311886.2019.1619652>
- Izzati, M., Soeprbowati, T. R., & Prasetyo, S. 2022. Characterization of Three Selected Macrophytes - An Ecological Engineering Approach for Effective Rehabilitation of Rawapening Lake. *Journal of Ecological Engineering*, 23(9), 277–287.
<https://doi.org/10.12911/22998993/152047>
- Jiménez, M. Martínez., & Balandra, M. A. G. 2007a. Integrated control of *Eichhornia crassipes* by using insects and plant pathogens in Mexico. *Crop Protection*, 26(8), 1234–1238.
<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2006.10.028>
- Jiménez, M. M., & Balandra, M. A. G. 2007b. Integrated control of *Eichhornia crassipes* by using insects and plant pathogens in Mexico. *Crop Protection*, 26(8), 1234–1238.
<https://doi.org/10.1016/J.CROPRO.2006.10.028>
- Kamau, A. N., Njogu, P., Kinyua, R., & Sessay, M. 2015. Sustainability challenges and opportunities of generating biogas from water. African Centre for Technology Studies (ACTS) Responsible Natural Resource Economy Series no. 005/2015.
- Koutika, L. S., & Rainey, H. J. 2015. A review of the invasive, biological and beneficial characteristics of aquatic species *Eichhornia crassipes* and *Salvinia molesta*. *Applied Ecology and Environmental Research*, 13(1), 263–275.
https://doi.org/10.15666/aeer/1301_263275
- Mardiatno, D., Faridah, F., Listyaningrum, N., Hastari, N. R. F., Rhosadi, I., da Costa, A. D. S., Rahmadana, A. D. W., Lisan, A. R. K., Sunarno, S., & Setiawan, M. A. 2023. A Holistic Review of Lake Rawapening Management Practices, Indonesia: Pillar-Based and Object-Based Management. *Dalam Water (Switzerland)* (Vol. 15, Nomor 1). MDPI.
<https://doi.org/10.3390/w15010039>
- McBeath, A. V., Smernik, R. J., Krull, E. S., & Lehmann, J. 2014. The influence of feedstock and production temperature on biochar carbon chemistry: A solid-state ¹³C NMR study. *Biomass and Bioenergy*, 60, 121–129.
<https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2013.11.002>
- Moorthy, V. S. 2017. Fabrication of Water Hyacinth Harvester. www.weeds.org.au/WoNS/waterhyacinth.
- Murugesan, A. G. 2014. Concervation of fresh water bodies by biological control of the aquatic weed water hyacinth. *Hydrol Current Res*, 05(04), 157–157.
<https://doi.org/10.4172/2157-7587.s1.015>
- Ndimele, P., Kumolu-Johnson, C., & Anetekhai, M. 2011. The Invasive Aquatic Macrophyte, Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solm-Laubach: Pontedericeae): Problems and Prospects. *Research Journal of Environmental*

- Sciences*, 5(6), 509–520.
www.academicjournals.com
- Onyango, J. P., & Ondeng, M. A. 2015. The Contribution of the Multiple Usage of Water Hyacinth on the Economic Development of Riparian Communities in Dunga and Kichinjio of Kisumu Central Sub County, Kenya. In: *American Journal of Renewable and Sustainable Energy* (Vol. 1, Nomor 3).
<http://www.aiscience.org/journal/ajrsehttp://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>
- Owusu, P. A., Asumadu-Sarkodie, S., & Ameyo, Polycarp. 2016. A review of Ghana's water resource management and the future prospect. in *Cogent Engineering* (Vol. 3, Nomor 1). Cogent OA.
<https://doi.org/10.1080/23311916.2016.1164275>
- Patel, S. 2012. Threats, management and envisaged utilizations of aquatic weed *Eichhornia crassipes*: An overview. Dalam *Reviews in Environmental Science and Biotechnology* (Vol. 11, Nomor 3, hlm. 249–259). <https://doi.org/10.1007/s11157-012-9289-4>
- Piranti, A. S., Rahayu, D. R. U. S., & Waluyo, G. 2018. Nutrient Limiting Factor for Enabling Algae Growth of Rawapening Lake, Indonesia. *Biosaintifika: Journal of Biology & Biology Education*, 10(1), 101–108.
<https://doi.org/10.15294/biosaintifika.v10i1.12500>
- Plaza, M. G., Pevida, C., Martín, C. F., Feroso, J., Pis, J. J., & Rubiera, F. 2010. Developing almond shell-derived activated carbons as CO₂ adsorbents. *Separation and Purification Technology*, 71(1), 102–106.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.seppur.2009.11.008>
- Prasetyo, S., Anggoro, S., & Soeprbowati, T. R. 2021a. Penurunan Kepadatan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) di Danau Rawapening dengan Memanfaatkannya sebagai Bahan Dasar Kompos. *Bioma : Berkala Ilmiah Biologi*, 23(1), 57–62.
<https://doi.org/10.14710/bioma.23.1.57-62>
- Prasetyo, S., Anggoro, S., & Soeprbowati, T. R. 2021b. The Growth Rate of Water Hyacinth (*Eichhornia Crassipes* (Mart.) Solms) in Rawapening Lake, Central Java. *Journal of Ecological Engineering*, 22(6).
<https://doi.org/10.12911/22998993/137678>
- Prasetyo, S., Anggoro, S., & Soeprbowati, T. R. 2022. Water hyacinth *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms management in Rawapening Lake, Central Java. *AACL Bioflux*, 15(1), 532–543.
- Pratiwi, F. D., Zainuri, M., Purnomo, P. W., & Purwanti, F. 2018. Evaluation of weevils (*Neochetina* spp.) existence in Rawa Pening Lake (abundance and impact on target and non-target plant) (Vol. 11).
<http://www.bioflux.com.ro/aac1>
- Proctor, M. D. 2016. Weeds of North America. Richard Dickinson and France Royer, editors. 2014 The University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA. 797 pp. \$35.00 paperback. ISBN: 978-0-226-07644-7. *The Journal of Wildlife Management*, 80(5), 949.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1002/jwmg.1061>
- Rahardjo, S. A. S., Falah Faiqotul., & Cahyono, Andy. S. 2019. Germadan Rawa Pening: Collective action in managing common pool resources. *Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (Journal of Watershed Management Research)*, 3(1), 1–12.
- Ramadhani, A., Ramadhani, M. A., Amin, A. S. 2014. Writing a Literature Review Research Paper: A step-by-step approach. *International Journal of Basic and Applied Sciences*. P-ISSN: 2301-4458.
- Rapitasari, D., & Amirullah, D. 2016. Science and Technology for Society (IbM) Hyacinth Handicraft “Ribbon Embroider” Businesses Empowerment with High Economic Value In Kebraon, Karangpilang District, Surabaya.
- Ray, P., & Hill, M. P. 2013. Microbial agents for control of aquatic weeds and their role in integrated management. Dalam *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science. Nutrition and Natural Resources* (Vol. 8).
<https://doi.org/10.1079/PAVSNNR20128014>
- Roopnarain, A., Roopnarain, A., Nkuna, R., Ndaba, B., & Adeleke, R. 2019. New insights into the metagenomic link between pre-treatment method, addition of an inoculum and biomethane yield during

- anaerobic digestion of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*). *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, v. 94(10), 3217-3226–2019 v.94 no.10. <https://doi.org/10.1002/jctb.6129>
- Ruan, T., Zeng, R., Yin, X.-Y., Zhang, S.-X., & Yang, Z.-H. 2016. Water hyacinth as biofuel feedstock. in *BioResources* (Vol. 11, Nomor 1).
- Samuel, S., Suryati, N. K., & Adiansyah, V. 2015. Limnological Condition and Estimation of Potential Fish Production of Kerinci Lake Jambi, Sumatra. *Indonesian Fisheries Research Journal*, 21(1), 9. <https://doi.org/10.15578/ifrj.21.1.2015.9-18>
- Sharma, A., Aggarwal, N. K., Saini, A., & Yadav, A. 2016. Beyond biocontrol: Water hyacinth-Opportunities and challenges. *Journal of Environmental Science and Technology*, 9(1), 26–48. <https://doi.org/10.3923/jest.2016.26.48>
- Siahaan, N., Soeprbowati, T. R., & Purnaweni, H. 2016. Pertumbuhan Eceng Gondok Di Danau Toba Kabupaten Samosir. Prosiding Seminar Nasional Hasil-Hasil Penelitian Pascasarjana, SPS UNDIP. Semarang, 22 November 2016.
- Silva, A. F., Cruz, C., Pitelli, R. L. C. M., & Pitelli, R. A. 2014. Use of Grass Carp (*Ctenopharyngodon idella*) as a Biological Control Agent for Submerged Aquatic Macrophytes a 1 Utilização da Carpa-capim (*Ctenopharyngodon idella*) como Agente de Controle Biológico de Macrófitas Aquáticas Submersas.
- Sivaraman, K., & Murugesan, A. G. 2017. Impact of release of *Neochetina* spp. on growth and density of water hyacinth *Eichhornia crassipes*. *Journal of Biological Control*, 30(3), 158. <https://doi.org/10.18311/jbc/2016/15596>
- Soeprbowati, T. R. 2017. Lake management: Lesson learns from rawapening lake. *Advanced Science Letters*, 23(7), 6495–6497. <https://doi.org/10.1166/asl.2017.9664>
- Souza, E. L. C., Filho, J. T., Velini, E. D., Silva, J. R. M., Tonello, K. C., Foloni, L. L., Barbosa, A. C., & Freato, T. A. 2020. Water Hyacinth Control by Glyphosate Herbicide and Its Impact on Water Quality. *Journal of Water Resource and Protection*, 12(01), 60–73. <https://doi.org/10.4236/jwarp.2020.121004>
- Sutadian, A. D. 2017. Development of a Cost Effective River Water Quality Index: A Case Study of West Java Province, Indonesia.
- Su, W., Sun, Q., Xia, M., Wen, Z., & Yao, Z. 2018. The resource utilization of water hyacinth (*Eichhornia crassipes* [Mart.] Solms) and its challenges. *Dalam Resources* (Vol. 7, Nomor 3). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/resources7030046>
- Thamaga, K. H., & Dube, T. 2018. Testing two methods for mapping water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in the Greater Letaba river system, South Africa: discrimination and mapping potential of the polar-orbiting Sentinel-2 MSI and Landsat 8 OLI sensors. *International Journal of Remote Sensing*, 39(22), 8041–8059. <https://doi.org/10.1080/01431161.2018.1479796>
- Verma, R., & Sivappa. 2017. Calculating growth rate of water hyacinth pollution. *International Journal of Engineering and Technical Research (IJETR)*, 7(7), 85–90.
- Villamagna, A. M., & Murphy, B. R. 2010. Ecological and socio-economic impacts of invasive water hyacinth (*Eichhornia crassipes*): A review. *Dalam Freshwater Biology* (Vol. 55, Nomor 2, hlm. 282–298). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2009.02294.x>
- Waithaka, E. 2013. Impacts of Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) on the Fishing Communities of Lake Naivasha, Kenya. *J. of Biodiversity & Endangered Species*, 1(2), 1–4.
- Williams, A. E., Duthie, H. C., & Hecky, R. E. 2005. Water hyacinth in Lake Victoria: Why did it vanish so quickly and will it return? *Aquatic Botany*, 81(4), 300–314. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2005.01.003>
- Wilson, J. R. U., Rees, M., & Ajuonu, O. 2006. Population regulation of a classical biological control agent larval density dependence in *Neochetina eichhorniae* Coleoptera Curculionidae, a biological control agent of water hyacinth *Eichhornia crassipes*. *Bulletin of Entomological Research*, 96(2), 145–152. <https://doi.org/10.1079/ber200540>