

## **Fitoremediasi Air Limbah PT. Bukit Asam, Tbk Menggunakan Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Sebagai Alternatif Pengelolaan Lingkungan Terhadap Nilai pH**

### **Phytoremediation of Wastewater PT. Bukit Asam, Tbk Uses Water Hyacinth Plants (*Eichhornia crassipes*) as an Alternative Environmental Management for pH**

Adam Rahmat Hidayat<sup>1)</sup>, Frety Abelia Azzumar<sup>2)</sup>, Lara Mukti Taresha<sup>3)</sup>, Ditha Paulina<sup>4)</sup>, Bayu Alci Oktapani<sup>5)</sup>, Febriansyah<sup>6)</sup>, Riri Novita Sunarti<sup>7)</sup>

*Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Raden Fatah Palembang*

Email: [ririnovitasunarti\\_uin@radenfatah.ac.id](mailto:ririnovitasunarti_uin@radenfatah.ac.id)

#### **Abstrak**

PT. Bukit Asam merupakan badan usaha milik negara (BUMN) yang bergerak di bidang industri pertambangan batubara. Limbah yang dihasilkan dari pertambangan dapat menjadi ancaman yang bisa memberikan dampak yang memiliki toksisitas yang tinggi. Salah satunya adalah limbah cair yang dihasilkan mengandung hazard yang berbahaya sebab terdapat berbagai logam berat yang berbahaya bagi lingkungan dan keberlangsungan hidup organisme. Pencemaran air merupakan salah satu pencemaran yang umumnya terjadi di suatu pertambangan. Salah satu yang menjadi permasalahan di Laboratorium PAB PT. Bukit Asam adalah air limbah yang mempunyai nilai pH rendah yaitu berkisar antara pH 2-3, hal ini berada dibawah ambang batas yang ditetapkan oleh SK Dinas Lingkungan Hidup pada tahun 1995, bahwa standar baku mutu pH limbah cair adalah 6,9. Nilai Ph yang sangat rendah dapat menimbulkan dampak yang tidak baik bagi lingkungan dan organisme yan terdapat di air. Penelitian ini bertujuan untuk menaikkan nilai pH air limbah hasil buangan Laboratorium PAB PT. Bukit Asam, Tbk dengan menggunakan tumbuhan Eceng Gondok. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif kuantitatif. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium PAB PT. Bukit Asam, Tbk selama 7 hari dengan metode Fitoremediasi menggunakan tumbuhan Eceng Gondok. Hasil dari proses fitoremediasi air limbah Laboratorium PAB PT. Bukit Asam, Tbk dengan menggunakan Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dapat menaikkan ph air dari 2.99 menjadi 5.89, 6.22 dan 6.41. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa Tumbuhan Eceng Gondok efektif untuk menaikkan pH air limbah ke nilai pH normal.

**Kata kunci :** *Eichhornia crassipes*, Limbah cair, Nilai pH, PT. Bukit Asam.

#### **PENDAHULUAN**

Aktivitas pertambangan merupakan suatu kegiatan yang berhubungan dengan lingkungan dan selalu membawa dua sisi. Sisi pertama adalah memacu kemakmuran ekonomi negara. Sedangkan sisi lainnya adalah timbulnya dampak negatif terhadap

lingkungan yang memerlukan tenaga, pikiran, dan biaya yang cukup signifikan untuk proses pemulihannya. *United Nations Environment Programme* (UNEP, 1999) menggolongkan dampak-dampak yang timbul dari kegiatan pertambangan antara lain biodiversity di sekitar lokasi pertambangan dan kerusakan habitat, limbah tambang dan pembuangan tailing, buangan air limbah dan air asam tambang, pengelolaan bahan kimia, keamanan dan pemaparan bahan kimia ditempat, toksisitas logam berat dan kesehatan masyarakat dan pemukiman di sekitar tambang (Bapedal, 2001).

Limbah yang dihasilkan dari pertambangan dapat menjadi ancaman yang bisa memberikan dampak yang memiliki toksisitas yang tinggi. Salah satunya adalah limbah cair yang dihasilkan mengandung hazard yang berbahaya sebab terdapat berbagai logam berat yang berbahaya bagi lingkungan dan keberlangsungan hidup organisme. Pencemaran air merupakan salah satu pencemaran yang umumnya terjadi di suatu pertambangan. Menurut Yulianti (2017), pencemaran air merupakan salah satu masalah lingkungan yang sangat berbahaya, baik itu tercemarnya bahan organik berbahaya ataupun bahan kimia. Terlepas dari hal tersebut, pertambangan batu bara tetap menjadi aktivitas yang dapat meningkatkan perekonomian masyarakat melalui penjualan ke berbagai konsumen. Batu bara yang dihasilkan dari pertambangan harus mempunyai kualitas yang baik sebelum sampai ditangan konsumen, oleh karena itu perlu dilakukannya pengujian batu bara guna mengetahui berbagai karakteristik batu bara seperti kadar sulfur, total moisture dan lain-lain. Selain pengujian batu bara, air limbah yang terdapat di suatu pertambangan dan laboratorium juga dilakukan pengujian.

PT. Bukit Asam, Tbk pengujian batu bara dan air dilakukan di Laboratorium PAB PT. Bukit Asam Tbk. Dari berbagai pengujian yang dilakukan di Laboratorium PAB menghasilkan limbah cair yang dialirkan kedalam tempat pembuangan air limbah. Limbah cair sangat berpengaruh pada kondisi lingkungan yang dapat mengakibatkan menurunnya kualitas air tanah, air permukaan terutama jika dialirkan ke sungai akan berdampak pada biota yang ada diperairan terutama masyarakat yang tinggal di daerah aliran sungai yang memanfaatkan air sungai untuk kehidupan sehari-hari Limbah Laboratorium PAB Bukit Asam merupakan limbah yang mengandung bahan kimia seperti logam berat Fe, Mn, TSS, TDS, dan nilai pH yang rendah (asam). Salah satu yang menjadi masalah di Laboratorium PAB PT. Bukit

Asam adalah air limbah yang mempunyai nilai pH yang rendah yaitu berkisar antara pH 2-3, hal ini berada dibawah ambang batas yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah Yaitu 6-9 (Ningrum, 2020).

Nilai pH yang rendah sangat berbahaya bagi lingkungan dan organisme hidup disekitarnya, salah satu cara untuk menaikkan nilai pH yaitu Fitoremediasi guna meningkatkan nilai pH ke arah normal yaitu sekitar 6-9. Pengelolaan air limbah khususnya nilai pH dapat dilakukan dengan menggunakan bahan kimia dan organisme hidup. Fitoremediasi dianggap sebagai teknologi yang inovatif, ekonomis, dan relative aman terhadap lingkungan sehingga merupakan solusi untuk remediasi salah satunya terhadap nilai pH dan Fitoremediasi juga memberikan remediasi permanen pada lokasi atau daerah tercemar (Sidauruk & Sipayung, 2015).

Fitoremediasi umumnya menggunakan tumbuhan dikarenakan tumbuhan merupakan agen remediasi yang ideal untuk perbaikan kualitas air. Proses fitoremediasi tidak membutuhkan biaya besar dan secara estetik dapat mendukung upaya penghijauan lingkungan, sehingga fitoremediasi menjadi pilihan yang tepat pada pengolahan limbah (Subroto, 1996). Tanaman dapat digunakan secara langsung dalam bentuk alaminya lengkap terdiri dari akar, batang dan daun, maupun dalam bentuk kultur jaringan tanaman. Pada dasarnya proses yang terjadi pada fitoremediasi ini sangat alami artinya mikroorganisme dan tanaman membentuk ekosistem sendiri untuk berhadapan dengan jenis polutan yang masuk, jadi tingkat adaptasi atau akomodasi terhadap zat dan kadar pencemaran sangat baik (Subroto, 1996).

Dalam fitoremediasi, terdapat beberapa proses seperti fitoekstraksi, fitostabilisasi, fitovolatisasi, fitotransformasi dan fitostabilisasi. Dalam proses fitoekstraksi, tumbuhan menyerap pencemar dari tanah dan air, dan menstranslokasi dan menyimpan pencemar tersebut dalam biomassa. Proses ini bertujuan untuk menghilangkan pencemar dari tempat tercemar. fitostabilisasi mereduksi mobilitas dan fitoavailabilitas pencemar di lingkungan. fitovolatilitasasi berkaitan dengan fitoekstraksi, diikuti dengan proses volatisasi ke udara. Proses fitotransformasi merupakan salah satu mekanisme pertahanan tumbuhan terhadap pencemar. Tumbuhan memodifikasi, menginaktivasi, mendegradasi atau mengimmobilisasi pencemar melalui proses metabolisme (Rahman, 2011).

Organisme hidup yang biasanya digunakan untuk pengelolaan nilai pH adalah tumbuhan Enceng gondok (*Eichhornia crassipes*). Enceng gondok digunakan karena merupakan salah satu tumbuhan air yang mempunyai kemampuan untuk meningkatkan nilai pH ke keadaan normal. Berdasarkan penelitian yang relevan dengan penelitian ini oleh Vidyawati *et al* (2019) bahwa hasil fitoremediasi dengan tumbuhan enceng gondok yaitu pH awal sebelum fitoremediasi adalah 4,61 dan setelah proses fitoremediasi 5,47 hal ini membuktikan bahwa tumbuhan enceng gondok dapat digunakan sebagai agen pengelola lingkungan khususnya terhadap nilai pH.

## **METODE PENELITIAN**

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif kuantitatif. Metode deskriptif adalah salah satu metode penelitian yang bertujuan untuk mendeskripsikan secara sistematis, faktual dan akurat atau membuat gambaran tentang suatu keadaan pada lokasi tertentu. Adapun alat dan bahan yang digunakan pada penelitian Fitoremediasi Air Limbah Laboratorium PAB PT. Bukit Asam, Tbk Menggunakan Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Sebagai Alternatif Pengelolaan Lingkungan Terhadap Nilai pH ini yaitu pH meter, Bak plastik, Alat tulis, Beaker glass, Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*), Aquabides, Air limbah, Larutan buffer untuk kalibrasi alat pH meter.

## **PROSEDUR PENELITIAN**

Prosedur kerja pada penelitian Fitoremediasi Air Limbah Laboratorium PAB PT. Bukit Asam, Tbk Menggunakan Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Sebagai Alternatif Pengelolaan Lingkungan Terhadap Nilai pH ini adalah:

1. Mengukur pH awal air limbah Laboratorium PAB PT. Bukit Asam, Tbk dengan menggunakan alat pH meter, catat hasil pengukuran.
2. Ambil air limbah dari tempat penampungan limbah lalu tambahkan 15 liter air limbah tersebut kedalam bak plastik, lalu beri label.
3. Proses Fitoremediasi dimulai dengan memasukkan tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) sebanyak 1 kg, 1,5 kg dan 2 kg ke dalam bak plastik yang

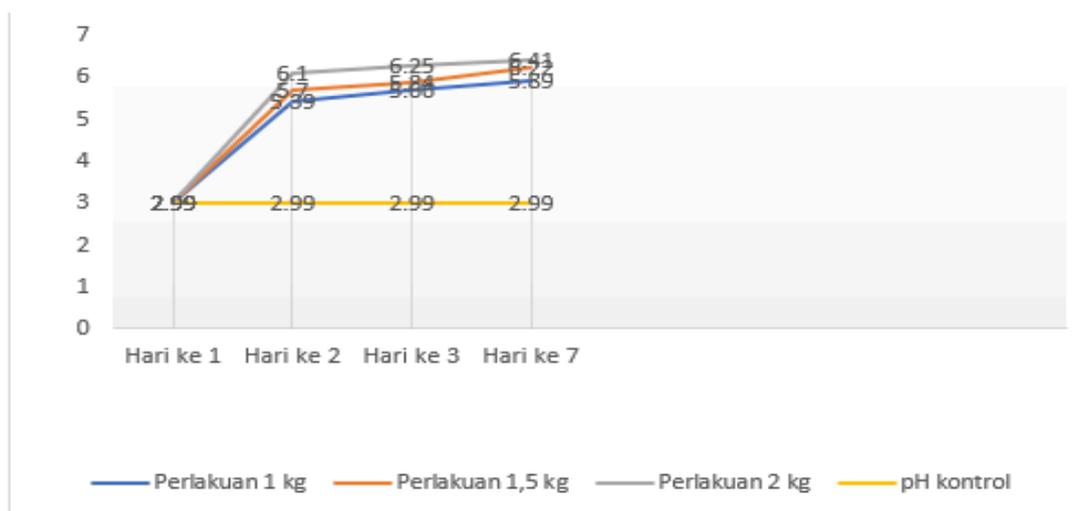
telah berisi masing-masing 15 liter air limbah, setelah itu di diamkan selama 7 hari.

4. Setelah air limbah diremediasi selama 2 hari (hari ke 2), dilakukan pengukuran pH air limbah di dalam bak plastik yang berisi air limbah dan tumbukan Eceng Gondok, pengukuran dilakukan secara duplo (dua kali pengukuran), lalu catat hasil pengukuran.
5. Pengukuran nilai pH pada air limbah juga dilakukan pada hari ke 3 pada proses fitoremediasi dengan menggunakan Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*).
6. Pengujian akhir dilakukan pada hari ke 7 setelah proses fitoremediasi, hitung pH dengan menggunakan pH meter, pengujian dilakukan secara duplo (sebanyak 2 kali) dan catat hasil pengujian.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

**Tabel 1. Rata-Rata Peningkatan Nilai pH Setelah Perlakuan**

No	Hari Pengujian	Nilai pH Limbah Kontrol	Rata-Rata nilai pH perlakuan 1kg	Rata-Rata Nilai pH perlakuan 1,5 kg	Rata-Rata Nilai pH perlakuan 2 kg
1	Hari ke 1	2,99	2,99	2,99	2,99
2	Hari ke 2	2,99	5,39	5,70	6,10
3	Hari ke 3	2,99	5,66	5,84	6,25
4	Hari ke 7	2,99	5,89	6,22	6,41



**Grafik 1.** Nilai pH terhadap Waktu Proses Fitoremediasi Dengan Konsentrasi Eceng Gondok 1 Kg, 1,5 Kg dan 2 Kg.

Berdasarkan hasil dari proses fitoremediasi menggunakan Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) selama 7 hari terhadap nilai pH pada air limbah Laboratorium PAB PT. Bukit Asam, Tbk didapati bahwa pada hari pertama pengujian (hari ke 1), baik itu air limbah sebagai kontrol dan air limbah di dalam bak untuk proses fitoremediasi mempunyai nilai pH yang sama yaitu 2,99.

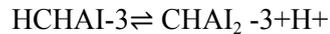
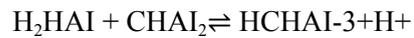
Hal ini dikarenakan pH air limbah laboratorium yang belum di remediasi (belum diberikan perlakuan) atau sebagai pH kontrol dan pada hari pertama ini juga Tumbuhan Eceng Gondok baru dimasukkan ke dalam bak berisi air limbah, oleh karena itu belum terlalu berpengaruh pada nilai pH air limbah.

Pada hari ke 2 proses fitoremediasi, nilai pH air limbah mengalami peningkatan. Peningkatan nilai pH tersebut membuktikan bahwa Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dapat mempengaruhi nilai pH air. Pengujian hari ke 7 juga memberikan perubahan pada nilai pH air limbah yaitu dari pH 6,25 menjadi 6,41. Menurut Setyorini (2015), tumbuhan air dapat mempengaruhi nilai pH air, tumbuhan air akan menyerap CO<sub>2</sub> dalam air selama proses fotosintesis sehingga menyebabkan pH air meningkat. Perbaikan nilai pH air dalam media disebabkan oleh kemampuan tumbuhan air dalam menyerap senyawa kimia baik organik maupun anorganik melalui proses kimiawi oleh faktor lingkungan (Yulianto *et al.*, 2021).

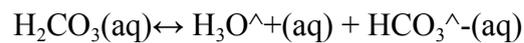
Pengukuran nilai pH dilakukan sebanyak 2 kali pada hari pengujian yang telah di tentukan (secara duplo) yaitu pada siang hari. Hal tersebut dikarenakan nilai pH pada air sangat dipengaruhi oleh fotosintesis dari tumbuhan air itu sendiri. Tumbuhan air Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) melalui proses fotosintesisnya dapat memanfaatkan konsentrasi CO yang ada pada limbah, sehingga konsentrasinya menurun dan pH mengalami peningkatan. Perubahan pH ditentukan oleh aktivitas fotosintesis dan respirasi tumbuhan air. Fotosintesis memerlukan karbondioksida (CO<sub>2</sub>), penurunan CO akan meningkatkan pH perairan (Ningrum *et al.*, 2020).

CO<sub>2</sub> terhidrolisis dalam air membentuk asam karbonat. Maka air bersifat asam, dan menurunkan pH. Apabila CO<sub>2</sub> berkurang, dan asam karbonat akan berkurang (reaksi CO<sub>2</sub> dan asam karbonat adalah reaksi kesetimbangan, jadi semakin banyak CO<sub>2</sub> maka semakin sedikit H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (asam karbonat). Karena asamnya berkurang, pH akan meningkat hingga mencapai pH netral 7. Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>)

adalah oksida asam, yang berarti menghasilkan proton (H<sup>+</sup>) ketika dilarutkan dalam air menjadi:



Artinya, adanya karbon dioksida membuat larutan menjadi lebih asam. Ketika menurun, akibatnya keasaman larutan juga turun, yang berarti pH naik. pH suatu larutan akan meningkat dengan menurunnya konsentrasi karbon dioksida karena karbon dioksida adalah oksida karbon yang bersifat asam. Hampir tidak ada oksida bukan logam yang bersifat basa, tetapi ada banyak oksida bukan logam yang bersifat amfoter, artinya mereka dapat bertindak sebagai asam atau basa, atau bersifat asam. karbon dioksida bersifat asam karena ketika karbon dioksida dilarutkan dalam larutan air, ia mengalami hidrolisis untuk menghasilkan asam karbonat. Asam karbonat adalah asam lemah, artinya hanya terionisasi sebagian dalam larutan air; ionisasi asam karbonat dapat direpresentasikan sebagai:



Karena peningkatan [H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>] hal ini menyebabkan penurunan pH larutan, sehingga dengan meningkatnya [H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>] maka pH akan turun hingga sistem mencapai kesetimbangan. Jika kita menurunkan [CO<sub>2</sub>] maka pH sistem akan meningkat karena pergeseran kesetimbangan ke arah sebaliknya akibat penghilangan reaktan sesuai dengan prinsip *Le Chatelier*; pergeseran kesetimbangan ini akan menyebabkan terjadinya penguraian H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> menjadi H<sub>2</sub>O dan CO<sub>2</sub> hingga tercapai kesetimbangan kembali. Perhatikan bahwa penurunan [CO<sub>2</sub>] ini pada gilirannya menyebabkan penurunan [H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>] yang berarti nilai pH tercatat lebih tinggi (pH=-log[H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>]) (Eli, 2017).

Pengukuran nilai pH dilakukan pada siang hari dikarenakan penurunan pH air limbah pada saat proses fitoremediasi dipengaruhi oleh proses fotosintesis Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) yang memerlukan CO<sub>2</sub>. Kandungan CO<sub>2</sub> pada udara berasal dari adanya aktivitas respirasi tumbuhan saat malam hari yang menghasilkan CO<sub>2</sub> dan belum aktifnya proses fotosintesis saat pagi hari. Menurut Izzah (2018), kemampuan Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dalam menyerap CO<sub>2</sub> di udara saat siang hari semakin tinggi, yang ditunjukkan dengan semakin menurunnya konsentrasi CO<sub>2</sub> di udara karena adanya

proses fotositesis yang menyerap CO<sub>2</sub> udara dan ketika kadar CO<sub>2</sub> di udara menurun maka nilai pH akan mengalami peningkatan.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari proses fitoremediasi air limbah Laboratorium PAB PT. Bukit Asam, Tbk dengan menggunakan Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) didapati bahwa Tumbuhan Eceng Gondok efektif untuk menaikkan pH air limbah ke nilai pH normal. Konsentrasi yang paling efektif yaitu pada perlakuan eceng gondok 2kg. Metode yang digunakan pada proses fitoremediasi adalah dengan melakukan pengukuran nilai pH pada siang hari dan dilakukan secara duplo (2 kali pengukuran pada setiap hari yang telah ditentukan). Proses fitoremediasi menggunakan tumbuhan air dikarenakan tumbuhan air dengan kemampuan fotosintesisnya dapat menyerap CO<sub>2</sub> di udara dan ketika kadar CO<sub>2</sub> menurun, maka pH air limbah akan mengalami peningkatan sehingga dapat disimpulkan bahwa pengaruh dari penggunaan Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) terhadap pH pada air limbah Laboratorium PAB PT Bukit Asam, Tbk adalah dapat menaikkan nilai pH limbah ke arah normal yaitu dari 2,99 menjadi 5.89, 6.22, 6.41 (semakin banyak konsentrasi Eceng Gondok semakin efektif untuk meningkatkan nilai pH dan memenuhi/mendekati Standar Baku Mutu yang ditetapkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup untuk air limbah dan Peraturan Gubernur Sumatera Selatan No 8 tahun 2012 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Pertambangan Batubara yaitu 6-9.

## REFERENSI

- Bapedal. (2001). *Produksi Bersih di Indonesia*. Laporan Tahunan. Badan Pengendalian Dampak Lingkungan. Jakarta.
- Destriarti, N. Y. L. (2018) Pengolahan Limbah Laboratorium Lingkungan Fakultas Teknik dengan Kombinasi Proses Kimia dan Biologi. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 6(1): 011-020.
- Eli, 2017. Dikutip Pada Tanggal 28 Agustus 2023 Dari [www.Quora.com](http://www.Quora.com)
- EPA. (2012). *Turbidity*. Dipetik Juli 2023, dari EPA United States Environmental Protection Agency: <http://water.epa.gov/type/rs/monitoring/vms55.cfm>.
- Izzah, R. I. (2018). Studi Serapan Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) Udara Ambien oleh Tumbuhan Air Menggunakan Indikator Nilai Kumulatif Konsentrasi (Net-CO<sub>2</sub>-Con. *Doctoral dissertaion*, Institusi Teknologi Sepuluh November.

- Kementrian Negara Lingkungan Hidup dan Sekretariat East Asia Network on Acid Deposition (EANET). (2009). *Deposisi Asam*. Kebon Nanas Jakarta Timur.
- Ningrum, Y. D., Ghofar, A., & Haeruddin, H. (2020). Efektivitas Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solm) sebagai Fitoremediator pada Limbah Cair Produksi Tahu. *Management of Aquatic Resources Journal*, 9(2), 97-106.
- Purba, M. 1995. *Ilmu Kimia*. Jakarta: Erlangga.
- Putra, R. (2018). *Pemanfaatan Eceng Gondok (Eichhornia crassipes) Sebagai Tanaman Phyto Treatment Dalam Proses Pengolahan Limbah Cair Penyulingan Minyak Kayu Putih*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Rahman, MA., H. Hasegawa. (2011). Aquatic Arsenic: Phytoremediation Using Floating Macophytes. *Chemosphere*. 83:633-646.
- Retno, TD dan Nuri W. (2011). *Pembuatan Bioetanol dari Kulit Pisang*. Jurusan Teknik Kimia UPN Veteran, Yogyakarta.
- Setyorini. (2015). Kajian Proses Fitoremediasi Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) pada Berbaai Variasi Konsentrasi Limbah Cair Kopi. *Skripsi*. Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Jember: 1-72.
- Sidauruk, L., & Sipayung, P. (2015). Fitoremediasi lahan tercemar di kawasan industri Medan dengan tanaman hias. *Pertanian Tropik*, 2(2), 157093.
- Subroto, M.A. (1996). Fitoremediasi. *Prosiding Pelatihan dan Lokakarya Peranan Bioremediasi Dalam Pengelolaan Lingkungan*. Cibinong, 24-25 Juni 1996.
- Suri, T.M., Sari, A., dan Yusuf, S. (2021). Sejarah Penambangan Batubara Bukit Asam di Tanjung Enim. *HISTORIA: Jurnal Program Studi Pendidikan Sejarah*, 9 (1): 87-96.
- UNEP. 1999. *Pollution Prevention and Abatement Handbook 1998: Toward Cleaner Production*. Washington DC.
- Widyanto, L.S. dan H. Susilo. (1977). Pencemaran Air oleh Logam Berat dan Hubungannya dengan Eceng Gondok (*Eichhornia crassiper*). *BIOTROP*. Bogor, Indonesia.
- Yuliati dan Etik. Kajian Kualitas Air Sungai Ngringo Karang Anyar dalam Upaya Pengendalian Pencemar Air. *E-Journal Undip*: 7-19