**FITOREMEDIASI DENGAN *WETLAND SYSTEM* MENGGUNAKAN *Eichhornia crassipes, Limnocharis flava,* DAN *Marsilea crenata* UNTUK MENGOLAH AIR LIMBAH DOMESTIK**

**WETLAND SYSTEM FITOREMIDIATION USING *Eichhornia crassipes*, *Limnocharis flava*, AND *Marsilea crenata* FOR PROCESSING DOMESTIC WASTE WATER**

**Iin Inayatun Nadhifah1\*, Putri Fajarwati1\*, Eka Sulistiyowati1**

*1Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, Jl. Marsda Adi Sucipto Yogyakarta 55281*

*\*Corresponding author:* *inayatunnadhifah@yahoo.com**,* *putrifajarwati12@gmail.com*

**Abstrak**

Semakin banyaknya pemukiman yang dibangun di bantaran sungai di Yogyakarta membuat sungai tercemar limbah rumah tangga. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektifitas tanaman *Eichhornia crassipes* (eceng gondok), *Limnocharis flava* (genjer), dan *Marsilea crenata* (semanggi) sebagai fitoremediator dengan *wetland system* dalam pengolahan air limbah domestik. Tahap pelaksanaan penelitian fitoremediasi diawali dengan pengukuran parameter air limbah yaitu pH, suhu, DO, BOD, dan TDS. Setelah itu, dilakukan aklimatisasi tanaman pada reaktor yang berisi air dan *wetland* selama 1 minggu. Terdapat empat perlakuan (P1, P2, P3, dan P4) yang digunakan, yaitu P1: air limbah + *wetland* (sebagai kontrol), P2: air limbah + *wetland* + 1 eceng gondok, P3: air limbah + *wetland* + 1 genjer, P4: air limbah + *wetland* + 1 semanggi. Terdapat 2 kali pengulangan selama masa retensi 12 hari, 2 variasi pengenceran yaitu 10x dan 100x. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanaman genjer mampu meningkatkan kadar DO sebesar 50% dan menurunkan kadar BOD sebesar 78%, serta tanaman semanggi mampu menurunkan kadar TDS sebesar 41,4%.

**Kata kunci** : Fitoremediasi, Limbah Domestik, *Wetland System*

***Abstract***

*The increasing number of settlements built along the river banks in Yogyakarta resulted on household waste entering the river. This study aims at determining the effectiveness of Eichhornia crassipes (water hyacinth), Limnocharis flava (genjer), and Marsilea crenata (clover) as phytoremediators, in a wetland system. Firstly, wastewater parameters such as pH, temperature, DO, BOD, and TDS are measured. After that, plants were acclimatized on the reactors containing water and substrate derived from a wetland for 7 days. There were four treatments applied in this research (P1, P2, P3, and P4), P1: waste water + wetland (as control), P2: wastewater + wetland + 1 water hyacinth, P3: wastewater + wetland + 1 genjer, P4 : wetland water + wetland + 1 clover. Each treatment was replicated 2 times during the 12 days retention period, 2 variations of dilution of 10x and 100x. The results indicate that genjer plant was capable of increasing DO level by 50% and lowering the BOD level by 78%, and the clover plant was able to decrease the TDS level by 41.4%.*

***Keywords*** *: Domestic Wastewater, Phytoremediation, Wetland System*

**PENDAHULUAN**

Berdasarkan keadaan geografisnya, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta memiliki luas wilayah terkecil kedua di Indonesia. Luas wilayahnya hanya mencapai 3.185,80 km2 atau 0,17 % dari seluruh wilayah daratan NKRI (Mutijo *et al*., 2016). Jumlah penduduknya mencapai 3.679.176 Jiwa dengan kepadatan sebesar 1.174,3 tiap km2 pada tahun 2015. Kepadatan penduduk DIY menempati peringkat ke-4 terpadat dari seluruh daerah di Indonesia (Kemenkes, 2015). Kepadatan jumlah penduduk tersebut berakibat pada padatnya pemukiman. Hal tersebut juga memicu adanya pembangunan pemukiman di bantaran sungai. Akibatnya, sungai menjadi tercemar karena dijadikan tempat pembuangan limbah rumah tangga.

Kandungan limbah pencemar air antara lain dapat berupa logam berat, bakteri *fecal coliform*, fosfat, sodium, nitrogen, virus, dan bakteri patogen yang dapat mengganggu kesehatan masyarakat dan mempengaruhi ekosistem perairan (Botkin *et al*., 2011). Kandungan bahan pencemar tersebut dalam kadar tertentu dapat dijadikan sebagai indikator kualitas air. Indikator kualitas air selain bahan pencemar adalah *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan *Dissolved Oxygen* (DO) (Cunningham *et al*., 2010). BOD merupakan jumlah oksigen yang digunakan oleh dekomposer untuk memecah bahan organik dalam jumlah tertentu (Enger *et al*., 2009). Sedangkan DO merupakan kandungan oksigen terlarut dalam air yang mendukung kelangsungan hidup berbagai jenis organisme akuatik (Cunningham *et al*., 2010).

Indikator lain dapat berupa *Total Dissolved Solid* (TDS) dan *Total Suspended Solid* (TSS). TDS merupakan ukuran zat organik maupun anorganik yang terlarut pada suatu perairan (Agustira, *et al*., 2013). Sedangkan TSS merupakan padatan yang tersuspensi (tidak terlarut) dalam air. Padatan ini terdiri atas lumpur, pasir halus, serta jasad-jasad renik yang disebabkan oleh kikisan tanah atau erosi yang masuk ke dalam perairan (Alaert, 1994). Sebagai penentu kualitas air, indikator-indikator tersebut memiliki nilai yang berbeda-beda dimana air dapat dikatakan tercemar atau tidak.

Air yang tercemar dapat dikurangi kadar bahan pencemarnya dengan salah satu teknik yang disebut dengan fitoremediasi. Fitoremediasi merupakan pemanfaatan tanaman dan asosiasinya dengan mikroorganisme untuk mengurangi, mendegradasi, ataupun mengisolasi bahan pencemar lingkungan (Favaz *et al*., 2014). Selain itu, dengan penggunaan tanaman, menjadikan teknik fitoremediasi lebih ramah lingkungan dan mampu menambah estetika serta murah dan mudah diterapkan (Moosavi, *et al*., 2013).

Beberapa tanaman yang dapat digunakan sebagai agen fitoremediator seperti yang peneliti gunakan antara lain *Eichhornia crassipes* (eceng gondok)*, Limnocharis flava* (genjer)*,* dan *Marsilea crenata* (semanggi). Masing-masing tanaman memiliki kemampuan yang berbeda-beda dalam mengurangi tingkat pencemaran air. Salah satunya adalah tanaman *Limnocharis flava* (genjer), berdasarkan penelitian Kamarudzaman *et al*., (2011), tanaman ini mampu mengakumulasi nutrien dan logam dari polutan air paling optimal pada jaringan akar.

Fitoremediasi ini dapat dilakukan menggunakan sistem lahan basah (*wetland system*). Sistem *wetland* buatan ini merupakan bentuk tiruan dari proses penjernihan air yang terjadi di rawa, dimana tumbuhan air (*Hydrophita*) yang hidup di rawa tersebut memegang peranan penting dalam mengembalikan kualitas air (Mardianto, *et al.,* 2014).

**MATERIAL DAN METODE**

1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Oktober-November 2016 di Laboratorium Terpadu UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

1. Alat dan Bahan
2. Alat

Alat yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah: 16 ember plastik berukuran diameter 40 cm dan tinggi 20 cm, termometer, indikator pH universal, TDS meter, seperangkat alat titrasi DO, dan botol gelap.

1. Bahan

Bahan-bahan yang dibutuhkan yaitu: air limbah rumah tangga dari sungai Gajah Wong Yogyakarta, air, tanah sawah (*wetland*) yang diambil dari sawah daerah Nologaten- Sleman-Yogyakarta, tanaman *Eichhornia crassipes* (eceng gondok), *Limnocharis flava* (semanggi), dan *Marsilea crenata* (genjer).

1. Rancangan Percobaan

Percobaan dilakukan menggunakan simpel random desain, dengan total keseluruhan rancangan penelitian dengan 4 perlakuan, 2 variasi pengenceran, dan 2 waktu pengukuran. Pada penelitian ini diterapkan 4 perlakuan, perlakuan I (air limbah + *wetland*), perlakuan II (air limbah + *wetland* + 1 eceng gondok), perlakuan III (air limbah + *wetland* + 1 genjer), dan perlakuan IV (air limbah + *wetland* + 1 semanggi). Perlakuan I digunakan sebagai kontrol, karena tidak ada *treatment* fitoremediasi. Penentuan jumlah tanaman pada setiap perlakuan didasarkan pada jurnal dari Taner, *et al*., (1997) yang menyatakan bahwa kerapatan tanaman untuk perlakuan *wetland* adalah 4 tanaman tiap meter persegi. Reaktor yang akan digunakan berukuran luas 0,23 m2, sehingga jumlah tanaman yang digunakan sebanyak 1 tanaman. Pengenceran yang dilakukan dibuat 2 variasi yaitu pengenceran 10 kali dan 100 kali. Pengenceran 10 kali artinya 11 ml sampel air limbah diencerkan dengan 99 ml air pengencer. Sedangkan untuk pengenceran 100 kali, hasil dari pengenceran 10 kali tersebut diambil 11 ml kemudian diencerkan kembali dengan 99 ml air pengencer (HACH Company, 2007). Untuk masa retensi dilakukan selama 12 hari dengan waktu pengukuran parameter 2 kali yaitu pada hari ke-6 dan ke-12.

1. Aklimatisasi

Tanaman eceng gondok, genjer, dan semanggi yang diambil dari lingkungan di daerah Banguntapan-Bantul-Yogyakarta dipilih yang seragam ukurannya, dibersihkan dari kotoran yang menempel di akarnya. Kemudian, tanaman diaklimatisasi dengan cara ditanam pada reaktor dari ember yang berisi air dan *wetland*. Tanaman masing-masing diaklimatisasi selama 1 minggu dan diamati pertumbuhannya (Ratnani, *et al*., 2010).

1. Pengukuran Parameter Air Limbah

Sampel air limbah diambil pada sore hari. Sampel tersebut berasal dari air limbah domestik rumah warga yang ada di pinggiran Sungai Gajah Wong. Pengukuran parameter meliputi suhu, pH, DO, BOD, dan TDS.

1. Pengukuran Suhu

Suhu diukur dengan menggunakan termometer air. Termometer dicelupkan ke dalam air limbah pada masing-masing bak perlakuan dan kontrol sampai diketahui suhunya. Kemudian hasilnya dicatat.

1. Pengukuran pH

pH diukur dengan menggunakan indikator pH universal.

1. Pengukuran DO

Pengukuran DO dilakukan dengan metode *Micro Winkler me*nurut Silalahi (2010).

1. BOD

Prinsip pengukuran BOD (*Biological Oxygen Demand*) yaitu mengukur kandungan oksigen terlarut awal (DOi) dari sampel segera setelah pengambilan contoh, kemudian mengukur kandungan oksigen terlarut pada sampel yang telah diinkubasi selama 5 hari pada kondisi gelap dan suhu tetap (200C) yang sering disebut dengan DO5. Selisih DOi dan DO5 (DOi - DO5) merupakan nilai BOD yang dinyatakan dalam miligram oksigen per liter (mg/L) [Haryadi (2004) dalam Agustira, *et al*., (2013)].

1. Pengukuran TDS

Pengukuran TDS (*Total Dissolved Solid*) dilakukan menggunakan alat TDS meter.

1. Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan adalah secara deskriptif. Data hasil pengukuran parameter dibandingkan dengan parameter baku mutu air limbah cair domestik sesuai Keputusan Menteri Negara No. 82 tahun 2001 tentang baku mutu air limbah domestik dan Peraturan Daerah Kota Yogyakarta No. 7 tahun 2016 tentang baku mutu air limbah.

**HASIL**

Penelitian fitoremediasi dengan *wetland system* dilakukan untuk mengolah air limbah domestik dari perumahan di bantaran sungai Gajah Wong Yogyakarta menggunakan tanaman genjer (*Limnocharis flava*), eceng gondok (*Eichhornia crassipes*), dan semanggi (*Marsilea crenata*). Pengukuran parameter limbah tersebut dilakukan sebelum dan setelah dilakukan *treatment* fitoremediasi. Air limbah yang diukur berasal dari dua *outlet* yang berbeda. Namun, pengambilannya dilakukan dalam waktu yang sama yaitu pagi hari. Setelah itu masing-masing limbah baik dari *outlet* A maupun *outlet* B diukur parameter pH menggunakan indikator pH universal, suhu menggunakan termometer, TDS menggunakan TDS meter, serta DO dan BOD menggunakan metode titrasi Mikro Winkler (APHA, 1999). Hasil pengukuran parameter dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

**Tabel 1.** Karakteristik limbah awal sebelum dilakukan *treatment*

|  |  |
| --- | --- |
| **Limbah** | **Parameter** |
| **pH** | **Suhu (0C)** | **TDS (ppm)** | **DO (ppm)** | **BOD (ppm)** |
| A | 8 | 29,1 | 405 | 3 | 10 |
| B | 8 | 29 | 390 | 2 | 4 |
| **Campuran A & B** | **8** | **29,05** | **397,5** | **2,5** | **7** |

Hasil pengukuran parameter air limbah domestik pada tabel 1 di atas selanjutnya dijadikan acuan untuk mengetahui kualitas air limbah setelah melalui proses fitoremediasi *wetland system* dengan masa retensi selama 12 hari. Air limbah yang digunakan dalam fitoremediasi dengan *wetland system* merupakan air limbah campuran limbah A dan limbah B dengan perbandingan 1:1. Sehingga, yang dijadikan acuan adalah parameter campuran dari limbah A dan B. Berikut ini merupakan hasil pengukuran parameter limbah dengan 8 perlakuan fitoremediasi dengan *wetland system* pada hari ke-12:

1. (*Dissolved Oxygen*) DO

**Gambar 1. Kadar DO *treatment* fitoremediasi limbah cair domestik pada hari ke-12; keterangan perlakuan limbah dengan variasi pengenceran: a. Kontrol (10x), b. Kontrol (100x), c. Genjer (10x), d. Genjer (100x), e. Eceng gondok (10x), f. Eceng gondok (100x), g. Semanggi (10x), h. Semanggi (100x)**

Setelah dilakukan *treatment* fitoremediasi selama 12 hari, terjadi peningkatan kadar DO dari kisaran 2-3 ppm sebelum perlakuan (Tabel. 1) menjadi kisaran 3-5 ppm setelah perlakuan. Peningkatan DO tertinggi terdapat pada perlakuan air limbah dengan pengenceran 100 kali menggunakan *Limnocharis flava* (genjer) sebagai agen fitoremediator. Peningkatan DO tersebut mencapai 2,5 ppm (50%) , dari sebelum perlakuan sebesar 2,5 ppm (Tabel.1) menjadi 5 ppm setelah perlakuan. Perlakuan dengan *Limnocharis flava* (genjer) untuk air limbah pengenceran 10 kali juga mengalami peningkatan dari 2,5 ppm menjadi 4,6 ppm. Peningkatan tersebut masih lebih tinggi dibandingkan perlakuan menggunakan tanaman *Marsilea crenata* (semanggi) (4,4 ppm pada pengenceran 10x) dan *Eichhornia crassipes* (eceng gondok) (4,4 ppm pada pengenceran 100x).

1. (*Biological Oxygen Demand*) BOD

**Gambar 2. Kadar BOD *treatment* fitoremediasi limbah cair domestik pada hari ke-12; keterangan perlakuan limbah dengan variasi pengenceran: a. Kontrol (10x), b. Kontrol (100x), c. Genjer (10x), d. Genjer (100x), e. Eceng gondok (10x), f. Eceng gondok (100x), g. Semanggi (10x), h. Semanggi (100x)**

Penurunan BOD tertinggi terdapat pada perlakuan limbah cair pengenceran 10 kali dengan tanaman *Limnocharis flava* (genjer) sebagai agen fitoremediator. Kadar penurunan BOD pada perlakuan tersebut mencapai 5,5 ppm yaitu dari kadar awal 7 ppm (tabel.1) menjadi 1,5 ppm pada perlakuan hari ke-12.

1. (*Total Dissolved Solid*) TDS

**Gambar 3. Kadar TDS *treatment* fitoremediasi limbah cair domestik pada hari ke-12; keterangan perlakuan limbah dengan variasi pengenceran: a. Kontrol (10x), b. Kontrol (100x), c. Genjer (10x), d. Genjer (100x), e. Eceng gondok (10x), f. Eceng gondok (100x), g. Semanggi (10x), h. Semanggi (100x). Pengenceran 100x pada semanggi memiliki kadar TDS lebih rendah daripada pengenceran 10 x, berbeda dengan perlakuan lainnya.**

Kadar TDS terendah terdapat pada kontrol pengenceran 10 kali dengan penurunan sebesar 171 ppm. Perlakuan fitoremediasi menggunakan tanaman *Marsilea crenata* (Semanggi) pengenceran 100 kali juga menunjukkan penurunan kadar TDS lebih besar dibandingkan perlakuan yang lain, walaupun masih lebih rendah dibandingkan kontrol. Penurunan kadar TDS tersebut sebesar 164,5 ppm (41,4%) dari kadar awal 397,5 ppm (tabel.1) menjadi 233 ppm setelah perlakuan fitoremediasi dengan *wetland system*.

1. Suhu

**Gambar 4. Kadar suhu *treatment* fitoremediasi limbah cair domestik pada hari ke-12; keterangan perlakuan limbah dengan variasi pengenceran: a. Kontrol (10x), b. Kontrol (100x), c. Genjer (10x), d. Genjer (100x), e. Eceng gondok (10x), f. Eceng gondok (100x), g. Semanggi (10x), h. Semanggi (100x)**

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan suhu sebelum perlakuan dan setelah perlakuan masih dalam rentang normal yaitu antara 28-290C. Menurut Patty (2013), suhu normal air di perairan Indonesia pada umumnya berkisar antara 28-310C.

1. pH

Hasil pengukuran pH pada hari ke-12 dari semua perlakuan limbah menggunakan *Limnocharis flava* (genjer), *Eichhornia crassipes* (eceng gondok), *Marsilea crenata* (semanggi), maupun kontrol dengan variasi pengenceran 10x dan 100x menunjukkan nilai 7. Hasil tersebut menunjukkan tingkat penurunan yang konstan yaitu dari pH sebelum perlakuan sebesar 8 (tabel.1) menjadi 7 setelah perlakuan.

**PEMBAHASAN**

Menurut USEPA (2000) dalam (Etim, 2012), fitoremediasi sudah ada sejak 1991 untuk menjelaskan kegunaan tanaman dalam mengurangi volume, mobilitas, maupun toksisitas dari kontaminan dalam tanah, air tanah, maupun media lainnya. Hasil fitoremediasi yang peneliti lakukan diketahui dengan membandingkan hasil pengukuran parameter air sebelum *treatment* dan setelah *treatment*. Hasil yang disajikan dalam tabel 1 menunjukkan bahwa pH dengan nilai 8 menunjukkan bahwa air limbah domestik cenderung basa. Menurut Wirawan, *et al*.,(2014), nilai pH yang cenderung basa dapat disebabkan karena masuknya zat yang bersifat basa yang berasal dari sabun, shampoo, maupun deterjen. Hal ini dikarenakan sampel air limbah yang diukur berasal dari *outlet* rumah warga yang memang dalam aktifitas sehari-hari tidak terlepas dari penggunaan sabun, shampoo, dan deterjen. pH merupakan ukuran keasaman ataupun alkalinitas suatu perairan (Stephanie, 2012). pH pada suatu perairan dipengaruhi oleh aktivitas fotosintesis tumbuhan air, suhu, dan salinitas (Azis, 2013). Hasil pengukuran pH pada hari ke-12 dari semua perlakuan limbah

menggunakan *Limnocharis flava* (genjer), *Eichhornia crassipes* (eceng gondok), *Marsilea crenata* (semanggi), maupun kontrol dengan variasi pengenceran 10x dan 100x menunjukkan nilai 7. Hasil tersebut menunjukkan tingkat penurunan yang konstan yaitu dari pH sebelum perlakuan sebesar 8 (tabel.1) menjadi 7 setelah perlakuan.

Hasil pengukuran parameter suhu menunjukkan bahwa suhu air limbah sebesar 29,10C dan 290C masih dalam kisaran normal. Hal ini diketahui berdasarkan Nontji (2002) dalam (Patty, 2013) yang menyatakan bahwa suhu normal air di perairan Indonesia berkisar antara 28-310C. Suhu air limbah tersebut dipengaruhi oleh sinar matahari, karena waktu pengambilan sampel sekitar jam 8-10 pagi dimana intensitas cahaya matahari pada jam-jam tersebut mulai meningkat (Wijayanto, *et al*., 2012). Setelah dilakukan *treatment* fitoremediasi selama 12 hari, terjadi perubahan suhu. Namun, perubahan suhu sebelum perlakuan dan setelah perlakuan masih dalam rentang normal yaitu antara 28-290C (Gambar. 4).

Pengukuran TDS pada limbah A menghasilkan nilai sebesar 405 ppm dan limbah B sebesar 390 ppm. Secara umum, TDS merupakan garam inorganik, zat-zat organik, dan material lain yang terlarut di dalam air (Scannell, *et al*., 2001). Standar nilai TDS untuk air tawar adalah 100-1000 ppm (Stephanie, 2012). Sehingga hasil pengukuran menunjukkan nilai normal. Setelah dilakukan *treatment* fitoremediasi selama 12 hari, hasilnya menunjukkan bahwa terjadi penurunan kadar TDS pada setiap perlakuan (Gambar.3).

Kadar oksigen terlarut juga sangat mempengaruhi kehidupan organisme akuatik. Hasil pengukuran DO pada limbah A dan limbah B tidak berbeda jauh. Limbah A memiliki kadar DO sebesar 3 ppm dan limbah B sebesar 2 ppm. Setelah dilakukan *treatment* fitoremediasi selama 12 hari, terjadi peningkatan kadar DO dari kisaran 2-3 ppm sebelum perlakuan (Tabel. 1) menjadi kisaran 3-5 ppm setelah perlakuan. Berdasarkan hasil penelitian di atas, peningkatan tersebut menunjukan perubahan status kualitas air dari tercemar sedang menjadi tercemar ringan (Gambar.1) (Silalahi, 2009).

Parameter selanjutnya yang diukur setelah parameter DO adalah BOD5. Hasil pengukuran BOD5 untuk limbah A sebesar 10 ppm, sangat berbeda jauh dengan limbah B sebesar 4 ppm (Tabel. 1). BOD diartikan sebagai banyaknya oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk memecah bahan organik dalam kondisi aerobik (Salmin, 2005). Seperti halnya hasil pengukuran DO, berdasarkan status kualitas air, hasil pengukuran BOD limbah awal sebelum perlakuan (Tabel. 1) tergolong tercemar sedang. Status kualitas air tersebut yaitu BOD ≥ 15 ppm tergolong tercemar berat; 5,1 – 14,9 ppm tercemar sedang; 3,0-5,0 ppm tercemar ringan; dan BOD ≤ 2,9 ppm tidak tercemar (Silalahi, 2009). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai BOD mengalami penurunan setelah perlakuan fitoremediasi dengan *wetland system* selama 12 hari (Gambar. 2). Penurunan BOD tersebut menunjukkan perubahan status kualitas air dari tercemar sedang menjadi tercemar ringan, kecuali kontrol dengan pengenceran 100 kali (6,25 ppm) masih menunjukkan tercemar sedang.

**KESIMPULAN**

Tanaman *Limnocharis flava* (genjer), *Eichhornia crassipes* (eceng gondok), *Marsilea crenata* (semanggi) efektif sebagai agen fitoremediator dengan *wetland system* dalam pengolahan air limbah domestik. Namun, keefektifan ketiga tanaman tersebut berbeda-beda. Tanaman genjer mampu meningkatkan kadar DO sebesar 50% dan menurunkan kadar BOD sebesar 78%. Sedangkan tanaman semanggi lebih efektif dalam menurunkan kadar TDS yaitu sebesar 41,4%.

**REFERENSI**

Agustira, Riyanda., K. S. Lubis dan Jamilah. (2013). Kajian Karekteristik Kimia Air, Fisika Air dan Debit Sungai pada Kawasan DAS Padang Akibat Pembuangan Limbah Tapioka. *Jurnal Online Agroteknologi Volume 1 Nomor 3*. ISSN No. 2337-6597

Alaert, Sri Sumestri Santika. (1994). *Metoda Penelitian Air*. Surabaya: Penerbit Usaha Nasional

APHA. (1999). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. America: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation

Botkin, Daniel B., Edward A. Keller. (2011). *Environmental Science, Earth as a Living Planet*. United State of America : John Wiley and Sons, Inc

Cunningham, William., Mary Cunningham. (2010). *Principle of Environmental Science*. New York : The McGraw-Hill Companies

Enger, Eldon D., Bradley F. Smith. (2009). *Environmental Science, A Study of Interrelationships*. New York : The McGraw-Hill Companies

Etim, E. E. (2012). Phytoremediation and Its Mechanisms: A Review. *International Journal of Environment and Bioenergy, 2012, 2(3): 120-136*. ISSN: 2165-8951

Favas, Paulo J.C., Joao Pratas., Mayank Varun., Rohan D’Souza., and Manoj S. Paul. (2014). Phytoremediation of Soils Contaminated with Metals and Metalloids at Mining Areas: Potential of Native Flora. Retrieved from <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0> .

Kamarudzaman, Ain Nihla., Mohd. Abd Hafiz Zakaria., Roslaili Abdul Aziz., and Mohd Faizal Ab Jalil. (2011). Study the Accumulation of Nutrients and Heavy Metals in the Plant Tissues of *Limnocharis flava* Planted in Both Vertical and Horizontal Subsurface Flow Constructed Wetland. *International Conference on Environment and Industrial Innovation IPCBEE vo.12 (2011), IACSIT Press, Singapore*

Kementerian Kesehatan. (2015). *Ringkasan Eksekutif Data dan Informasi Kesehatan Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta*. Yogyakarta: Kemenkes

Mardianto, Wiwien., Isna Apriani., Rita Hayati. (2014). Pengolahan Libah Cair Rumah Makan Menggunakan Sistem Kombinasi ABR dan *Wetland* dengan Sistem Kontinu. *Jurnal Fakultas Teknik dan Fakultas Pertanian Universitas Tanjungrimoro.,pura, Pontianak*

Moosavi, Sayyed Gholamreza., and Mohamd Javad Seghatoleslami. (2013). Phytoremediation: A Review. *Journal Advance in Agriculture and Biology 1 (1), 2013: 5-11©* PCSI Publication

Mutijo., Kusriatmi., Suryono., Gita Oktavia., Fitri Puji Astuti., dan Nurita. (2016). *Analisis Informasi Statistik Pembangunan Daerah Istimewa Yogyakarta*. Yogyakarta: Badan Perencanaan Pembangunan Daerah – Badan Pusat Statistik Daerah Istimewa Yogyakarta

Patty, Simon I. (2013). Distribusi Suhu, Salinitas dan Oksigen Terlarut di Perairan Kema, Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Platax Vol.1(3), Mei 2013*. ISSN: 2302-3589

Salmin. (2005). Oksigen Terlarut (DO) dan Kebutuhan Okigen Biologi (BOD) Sebagai Salah Satu Indikator untuk Menentukan Kualitas Perairan. *Jurnal Oseana, Volume XX, Nomor 3, 2005:21-26*. ISSN 0216-1877

Scannell, Phyllis Weber., and Laura L. Jacobs. (2001). *Effects of Total Dissolved Solids On Aquatic Organisms*. Alaska: Alaska Department of Fish and Game Restoration

Silalahi, Juliana. (2010). Analisis Kualitas Air dan Hubunganya dengan Keanekaragaman Vegetasi Akuatik di Perairan Balige Danau Toba (Tesis). Sekolah Pasca Sarjana Universitas Sumatera Utara, Medan

Stephanie. (2012). *Water Quality Parameters and Indicators*. Namoi Catchment Management Authority, Water Watch New South Wales

Wijayanto, Nurheni., dan Nurunnajah. (2012). Intensitas Cahaya, Suhu, Kelambaban, dan Perakaran Lateral Mahoni (*Swietenia macrophylla* King.) di RPH Babakan Madang, BKPH Bogor, KPH Bogor. *Jurnal Silvikultur Tropika Vol. 03 No.01 April 2012, Hal.8-13*. ISSN: 2086-82

Wirawan, Wiweka Arif., Ruslan Wirosoedarmo., Liliya Dewi Susanawati. (2014). Pengolahan Limbah Cair Domestik menggunakan Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.) dengan Teknik Tanam Hidroponik Sistem DFT (*Deepflowtechnique*). *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan Universitas Brawijaya Malang*