

**EFEKTIVITAS FITOREMEDIASI TANAMAN AIR
DALAM MENURUNKAN KADAR *TOTAL SUSPENDED SOLID*
(TSS) AIR LINDI**

Eni Muryani, Ika Wahyuning Widiarti
Fakultas Teknologi Mineral, UPN "Veteran" Yogyakarta,
email: eni.muryani@upnyk.ac.id , ika.widiarti@upnyk.ac.id

ABSTRACT

*Total Suspended Solid in leachate indicated the number of suspended substances which caused turbidity in leachate. Several studies have shown that phytoremediation is one of the methods used to reduce TSS in wastewater. The purpose of this study is to find out the concentration of TSS, pH and temperature and calculate effectiveness of phytoremediation by using *Nymphaea sp.* and *Pistia stratiotes L.* at a residence time of 3 days and 7 days. The research method began with acclimatizing the plants with well water for 7 days to adapting the plants in the new environment. After acclimatization the plants were transferred to the reactor which was arranged in accordance with 5 variations (codes: K, T, TIK, A, and ASL) with 3 replications. Temperature and pH measured daily with a thermometer and universal pH stick. Concentrations of TSS are analyzed in laboratory on day 3 and day 7. The effectiveness of phytoremediation to reduce TSS is calculated from the percentage of the final and the initial concentration of the experiment. The results showed that the change of TSS were quite significant at 7 days compared to 3 days of residence time. The lowest value of TSS occurred in the reactor 7 days with *Pistia stratiotes L.* only which was 17 mg/L. This reactor also had the best percentage of TSS removal that was 73%. During treatment the pH is 8 from the beginning to the end of the experiment. The temperature during phytoremediation process showed an average of 23-30 °C.*

Keywords: TSS, Phytoremediation, *Nymphaea sp.*, *Pistia stratiotes L.*

PENDAHULUAN

a. Latar Belakang

Air lindi atau yang dikenal dengan istilah *leachate* merupakan cairan yang dihasilkan dari tumpukan sampah di suatu Tempat Pemrosesan Akhir (TPA). Cairan ini berasal dari proses pembusukan sampah tersebut. Air lindi berwarna coklat-kehitaman dan memiliki bau khas yang menyengat karena merupakan hasil dekomposisi dari berbagai jenis bahan yang tercampur di TPA. Air lindi TPA mengandung bahan organik maupun anorganik. Air lindi dapat pula mengandung logam berat serta bahan berbahaya dan beracun (B3), karena sampah yang bersumber dari kegiatan domestik di Indonesia tidak terpilah-pilah. Kandungan B3 dalam air lindi dapat menyebabkan pencemaran lingkungan, menyebabkan kematian pada biota, dan mengganggu kesehatan manusia (Yatim dan Mukhlis, 2013). Air lindi dapat mencemari air tanah dan air sungai bila tidak dikelola dengan baik. Salah satu studi kasus di TPA Jetis Purwokerto menunjukkan Indeks pencemaran air sumur pantau dan air sumur warga telah masuk kategori tercemar ringan dengan kisaran nilai 1,082 hingga 2,912 (Widiarti dan Muryani, 2018).

Pencemaran air sumur ini diduga kuat akibat rembesan air lindi yang tidak masuk ke dalam IPAL. Dengan demikian, air lindi penting untuk diolah sebelum masuk ke lingkungan.

Fitoremediasi merupakan pemanfaatan tanaman untuk mengurangi kadar polutan dalam suatu media. Fitoremediasi merupakan salah satu cara yang digunakan untuk pengolahan air lindi. Metode ini memanfaatkan simbiosis mikroorganisme dalam tanah dan akar tanaman yang berlangsung alamiah. Sistem kerjanya sebagai biofilter yang dapat mengurangi karbon organik, nitrogen, fosfor, logam berat, dan senyawa organik beracun dalam media air. Beberapa tanaman air terbukti mampu mengolah lindi, antara lain: *Phragmites mauritanus*, *Typha latifolia*, *Nymphaea spontanea*, *Cyperus papyrus*, *Typha angustifolia*, *Limnocharis flava*, *Eichornia crasipes*, *Pistia stratiotes*, *Cyperus haspan*, *Scirpus sumatrensis*, *Scirpus mucronatus*, *Phragmites australis*, dan *Glyceria maxima* (Fajariyah dan Mangkoedihardjo, 2017). Dari sekian jenis tanaman air yang telah banyak diteliti untuk fitoremediasi, perbandingan penggunaan tanaman teratai dan kayu apu belum diuji coba untuk menetralkan kandungan polutan dalam air lindi.

Tanaman teratai (*Nymphaea* sp.) dapat menurunkan kandungan BOD, COD, KMnO_4 , dan Amoniak dalam air limbah cair domestik di daerah Jakarta Selatan dengan waktu tinggal 7 hari (Dewi dan Rahmawati, 2015). Tanaman teratai tumbuh di permukaan air yang tenang. Tanaman teratai memiliki daun yang tumbuh mengambang di permukaan air. Bunga teratai juga terdapat di permukaan air, bunga dan daun teratai keluar dari tangkai yang berasal dari rizoma yang berada di dalam lumpur pada dasar kolam, sungai, atau rawa. Tangkai teratai terdapat di tengah-tengah daun. Daun berbentuk bundar atau bentuk oval yang lebar yang terpotong pada jari-jari menuju ke tangkai. Permukaan daun tidak mengandung lapisan lilin sehingga air yang jatuh ke permukaan daun tidak membentuk butiran air (Marianto, 2001).

Penelitian Sari dan Sari (2018) menunjukkan bahwa tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.) yang dikombinasi dengan media tanah podzolik merah dan zeolite dapat menurunkan kadar kekeruhan dan TSS air lindi hingga kurang lebih 80%. Tanaman Apu-apu terkenal sebagai tumbuhan pelindung akuarium. Tumbuhan ini merupakan satu-satunya anggota marga Pistia. Tanaman apu-apu dikenal pula dengan nama kayu apu atau kapu-kapu (Safitri, 2009). Apu-apu sebagai tumbuhan air memiliki potensi dalam menurunkan kadar pencemar air limbah, yang memiliki potensi dalam menurunkan kadar pencemar dalam air limbah dengan kadar organik tinggi. Umumnya, tanaman apu dijumpai pada perairan tenang seperti kolam, danau, dan sawah. Tumbuhan ini dapat dijadikan sebagai fitoremediator bagi berbagai jenis limbah seperti limbah batik (Hernayanti dan Proklamasiningsih, 2004), limbah tahu (Yuni dkk, 2014), bahkan limbah dengan kandungan logam berat tembaga (Irwanto dan Barorah, 2017).

Media penyaring seperti batu, kerikil, ijuk, tanah, pasir, zeolite, *bioball*, membran biofilter, sarang tawon, dan sebagainya telah banyak digunakan sebagai media percobaan dalam pengolahan limbah secara fisik maupun dengan *constructed wetland*. Ukuran butir dan jenis media filter tersebut memiliki pengaruh terhadap efektivitas kerja filtrasi. Dalam penelitian Sembiring dan Muntalif (2011) menunjukkan bahwa tanaman *Cyperus papyrus* dengan media *reaktor wetland* yang menggunakan ijuk, kerikil, dan tanah dapat menurunkan kadar BOD, COD NTK, TP dan TSS air lindi hingga lebih dari 90% dalam waktu 4 hari.

Parameter baku air lindi terdiri atas pH, BOD, COD, TSS, N-total, Merkuri, dan Kadmium (Permen LHK No.59/2016). Secara fisik, air lindi terlihat keruh, berwarna coklat kehitaman. Keruhnya air dapat menjadi indikator adanya padatan tersuspensi dalam air tersebut. Total padatan tersuspensi dalam air limbah dikenal dengan sebutan TSS (*Total Suspended Solid*). Nilai TSS pada air lindi menunjukkan tingginya kandungan zat tersuspensi yang menyebabkan kekeruhan pada air lindi. Tingginya TSS disebabkan karena banyaknya zat-zat yang melayang-layang di air lindi yang dapat berasal dari bahan organik tertentu, sel-sel mikroorganisme dan lain sebagainya (Fardiaz, 1992). Tingginya kadar TSS dalam air limbah dapat menyebabkan sulitnya sinar matahari masuk ke dalam air sehingga mempengaruhi regenerasi oksigen melalui

fotosintesis. Terganggunya regenerasi oksigen dalam badan air dapat mempengaruhi parameter lainnya seperti BOD, COD, dan N total yang merupakan parameter baku mutu air lindi.

b. Rumusan Masalah

Berbagai penelitian terdahulu yang terurai dalam latar belakang tersebut membuat penulis tertarik untuk mengetahui efektivitas tanaman teratai (*Nymphaea* sp.) dan kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) dengan kombinasi tanpa dan dengan media ijuk dan kerikil dalam menurunkan kadar padatan total tersuspensi (TSS) dalam air lindi. Adapun rumusan masalah yang diambil yakni:

1. Bagaimana perubahan kadar TSS air lindi dengan perlakuan tanaman teratai (*Nymphaea* sp.) dan kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) dalam waktu 3 hari dan 7 hari;
2. Bagaimana efektivitas penurunan kadar TSS air lindi dengan perlakuan tanaman teratai (*Nymphaea* sp.) dan kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) dalam waktu 3 hari dan 7 hari;
3. Bagaimana perubahan pH dan suhu harian air lindi dengan perlakuan tanaman teratai (*Nymphaea* sp.) dan kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) selama 7 hari;

c. Tujuan

Berdasar rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

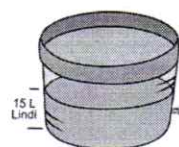
1. Mengetahui perubahan kadar TSS air lindi dengan perlakuan tanaman teratai (*Nymphaea* sp.) dan kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) dalam waktu 3 hari dan 7 hari;
2. Menghitung efektivitas penurunan kadar TSS air lindi dengan perlakuan tanaman teratai (*Nymphaea* sp.) dan kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) dalam waktu 3 hari dan 7 hari;
3. Mengamati perubahan pH dan suhu harian air lindi dengan perlakuan tanaman teratai (*Nymphaea* sp.) dan kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) selama 7 hari;

METODE

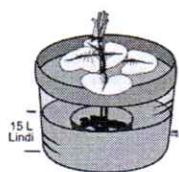
Penelitian ini menggunakan sampel air lindi dari TPA Sampah Jetis di Desa Pakem, Kecamatan Gebang, Purworejo, Jawa Tengah. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah ember reaktor berdiameter 50 cm dan tinggi 30 cm sebanyak 25 buah, jerigen berukuran 35 L untuk mengangkut air lindi sebanyak 13 buah, termometer, kertas pH universal, gayung, ember 10 L, timbangan, masker, sarung tangan, dan botol sampel plastik 600 mL. Sedangkan bahan yang digunakan antara lain ijuk, kerikil, air sumur, tanaman teratai (*Nymphaea* sp.) dan kayu apu (*Pistia stratiotes*).

Penelitian dilakukan dengan membuat 5 variasi rancangan percobaan dengan pengulangan 3 kali kecuali reaktor kontrol sehingga ada 25 reaktor. Pada reaktor kontrol, air lindi yang digunakan sebanyak 15 L. pada reaktor dengan kode T, jumlah air lindi 15 L dan teratai 1 kuntum berumur 6 bulan dengan jumlah daun 6-8 buah. Pada reaktor dengan kode A, air lindi yang digunakan sebanyak 15 L dan tanaman kayu apu sebanyak 10-15 kuntum umur kurang lebih umur 1-2 bulan. Ijuk yang digunakan sebanyak 1 kg, kerikil 10 kg, dan air lindi sebanyak 20 L untuk reaktor dengan kode T_I_K dan A_I_K. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah waktu tinggal 3 hari dan 7 hari. Sedangkan untuk variabel bebas yang diteliti adalah perubahan nilai TSS serta pengamatan suhu dan pH. Berikut adalah ilustrasi variasi rancangan percobaan yang dilakukan (gambar 1)

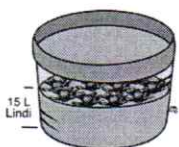
Prosedur kerja diawali dengan aklimatisasi tanaman teratai dan kayu apu pada air sumur selama 7 hari yang bertujuan agar tanaman beradaptasi dengan lingkungan baru. Kemudian setelah aklimatisasi tanaman dipindahkan ke ember reaktor yang disusun sesuai dengan variasi rancangan percobaan. Percobaan berlangsung dengan waktu tinggal 3 hari dan 7 hari. Pengukuran suhu dan pH dilakukan setiap hari dengan alat termometer dan kertas pH universal. Sedangkan pengujian parameter TSS dilakukan di Laboratorium Balai PIPBPK (Pengujian, Informasi Permukiman dan Bangunan dan Pengembangan Jasa Konstruksi) Yogyakarta.



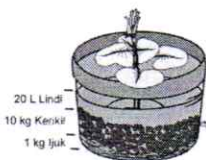
Kontrol (K): 1 reaktor
Perlakuan: air lindi saja
Waktu tinggal: 3 dan 7 hari



Teratai (T): 6 reaktor
Perlakuan: air lindi + teratai
Waktu tinggal: 3 dan 7 hari;
@ 3 ulangan



Kayu apu (A) : 6 reaktor
Perlakuan: air lindi + kayu apu
Waktu tinggal: 3 dan 7 hari;
@ 3 ulangan



Teratai + Ijuk + Kerikil (T_I_K): 6 reaktor
Perlakuan: ijuk + kerikil + air lindi + teratai
Waktu tinggal: 3 dan 7 hari;
@ 3 ulangan



Kayu apu + Ijuk + Kerikil (A_I_K): 6 reaktor
Perlakuan: Ijuk + Kerikil + air lindi + kayu apu
Waktu tinggal: 3 dan 7 hari;
@ 3 ulangan

Gambar 1. Sketsa Rancangan Percobaan

Pengujian TSS dilakukan pada hari ke-0, hari ke-3 dan hari ke-7. Efektivitas penurunan TSS dihitung dari prosentase kadar akhir dan kadar awal percobaan.

$$\% \text{ Efektivitas} = \frac{C_{\text{awal}} - C_{\text{akhir}}}{C_{\text{awal}}} \times 100\% \quad (1)$$

Prosentase efektivitas akan disajikan dalam bentuk grafik dan analisis data akan dilakukan secara deskriptif berdasarkan grafik yang dihasilkan. Rujukan penelitian terdahulu akan digunakan untuk membahas hasil penelitian.

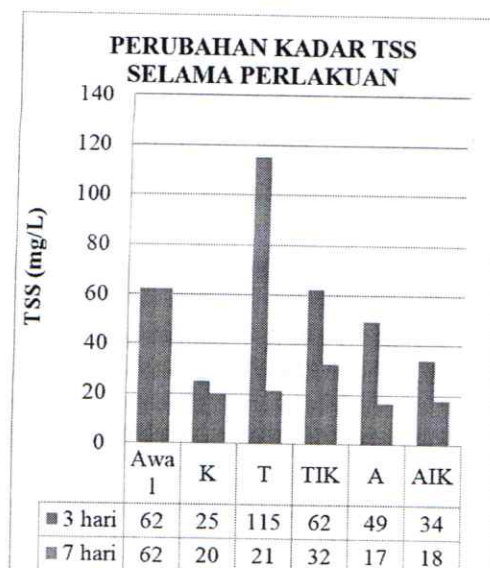
HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Perubahan kadar TSS air lindi dengan perlakuan tanaman teratai (*Nymphaea* sp.) dan kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) dalam waktu 3 hari dan 7 hari

Perubahan kadar TSS pada air lindi dengan perlakuan 2 jenis tanaman air yang berbeda dan perbedaan waktu tinggal menunjukkan perubahan kadar TSS yang berbeda. Kadar TSS awal (hari ke-0) adalah 62 mg/L. Setelah 3 hari perlakuan, pada reaktor kontrol telah terjadi penurunan menjadi 25 mg/L dan menjadi 20 mg/L pada hari ke-7. Hal ini menunjukkan bahwa tanpa perlakuan tanaman dan media ijuk kerikil, telah terjadi proses pengendapan secara alami pada air lindi sehingga kadar TSS turun.

Perlakuan dengan menggunakan tanaman teratai menjadikan kadar TSS semakin meningkat menjadi 115 mg/L pada hari ke-3 dan turun hingga 21 mg/L pada saat hari ke-7. Dengan penambahan media ijuk dan kerikil pada tanaman teratai tidak menurunkan kadar TSS pada hari ke-3, namun terjadi penurunan menjadi 32 mg/L pada hari ke-7. Naik dan turunnya kadar TSS pada air lindi terjadi karena proses fitoremediasi pada tanaman teratai. Proses dimulai dari *phytoaccumulation* yakni proses dimana tumbuhan menarik zat kontaminan dari media tanah yang berakumulasi di sekitar akar. Hal inilah yang menjadikan kadar TSS pada perlakuan tanaman teratai hari ke-3 menjadi meningkat. Kontaminan tersebut kemudian menempel pada akar, tetapi tidak terserap ke dalam batang tumbuhan. Proses ini disebut dengan *phytostabilization* (Nindra dan Hartini, 2015).

Proses berikutnya terjadi yang disebut *phytodegradation*, yakni zat kontaminan yang mempunyai rantai molekul yang kompleks diurai menjadi bahan yang tidak berbahaya, mempunyai susunan molekul yang lebih sederhana dan dapat berguna bagi tumbuhan itu sendiri. Proses terakhir yakni terjadi proses menarik zat kontaminan yang tidak berbahaya yang selanjutnya diupkan ke atmosfer. Proses ini dikenal dengan sebutan *phytovolatilization* (Nindra dan Hartini, 2015). Hal ini terbukti dengan kadar TSS yang mengalami penurunan pada hari ke-7 setelah sebelumnya meningkat di hari ke-3. Perlakuan teratai dengan media ijuk dan kerikil dapat menghambat terjadinya peningkatan kadar TSS pada hari ke-3, karena media ini berperan sebagai filter/penyaring. Pada hari ke-7 penurunan TSS pada perlakuan teratai, ijuk, kerikil tidak melebihi turunnya TSS pada kontrol. Hal ini kemungkinan dikarenakan adanya partikel yang masih terjebak pada media ijuk dan kerikil. Grafik perubahan kadar TSS pada air lindi dengan berbagai perlakuan fitoremediasi dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Perubahan Kadar TSS pada Air Lindi

Perlakuan dengan tanaman kayu apu menunjukkan penurunan menjadi 49 mg/L pada hari ke-3 dan menjadi 17 mg/L pada hari ke-7. Penambahan media ijuk dan kerikil pada perlakuan dengan tanaman kayu apu menjadikan kadar TSS menjadi 34 mg/L pada hari ke-3 dan 18 mg/L pada hari ke-7. Penurunan kadar TSS pada perlakuan dengan tanaman kayu apu lebih terlihat, lebih rendah dibandingkan kontrol pada hari ke-7. Hal ini disebabkan jumlah tanaman kayu apu yang digunakan untuk tiap reaktor sekitar 10 kuntum sehingga lebih banyak aktivitas akar yang berperan dibanding dengan tanaman teratai yang hanya 1 kuntum tiap reaktor.

Fitoremediasi yang terjadi pada tanaman kayu apu hampir sama prosesnya dengan tanaman teratai, hanya saja tahapannya dimulai dengan proses rhizofiltrasi yaitu proses adsorpsi atau pengendapan zat kontaminan oleh akar (Nindra dan Hartini, 2015). Penambahan media ijuk dan kerikil pada tanaman kayu apu menambah daya ikat terhadap kontaminan yang ada pada air lindi sehingga dapat menurunkan kadar TSS.

b. Efektivitas penurunan kadar TSS air lindi dengan perlakuan tanaman teratai (*Nymphaea* sp.) dan kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) dalam waktu 3 hari dan 7 hari

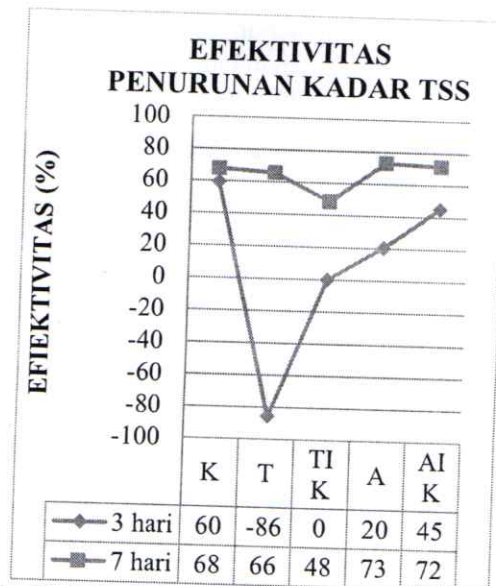
Tanaman teratai dan kayu apu dapat berperan sebagai biofilter limbah cair dimana terjadi penyerapan oleh akar dan batang tanaman air, proses pertukaran ion, dan penyerapan ion tanaman air (Dewi dan Rahmawati, 2015). Berdasarkan perubahan nilai TSS yang terjadi pada tiap perlakuan dapat dihitung prosentase penurunan kadar TSS pada air lindi yang dihitung dari nilai awal atau nilai TSS pada hari ke-0 perlakuan. Hasil perhitungan tingkat efektivitas fitoremediasi dengan tanaman teratai dan kayu apu dalam menurunkan kadar TSS dalam air lindi di berbagai perlakuan disajikan pada Gambar 3.

Ditinjau dari efektivitas, terlihat perbedaan nilai efektivitas penurunan kadar TSS pada tiap perlakuan. Pada hari ke-3, efektivitas kadar TSS air lindi tertinggi pada kontrol, yakni mencapai 60%. Pada perlakuan tanaman teratai, penurunan kadar TSS tidak efektif. Efektivitas penurunan kadar TSS pada perlakuan dengan tanaman kayu apu hanya berkisar 20-45% pada hari ke-3.

TSS (*Total Suspended Solid*) adalah bahan-bahan tersuspensi yang terdiri dari lumpur, pasir halus, serta jasad renik yang mempunyai ukuran lebih besar dari 1 mikrometer. Penurunan kadar TSS diduga akibat adanya proses pengendapan yang dilakukan pada saat perlakuan. Penurunan konsentrasi TSS dapat disebabkan proses sedimentasi dalam air lindi. Penurunan kandungan TSS di lahan basah secara alami terjadi melalui proses fisik seperti sedimentasi dan filtrasi (Zurita, 2008 dalam Dewi dan Rahmawati, 2015)

Efektivitas penurunan kadar TSS pada air lindi terlihat jauh lebih baik pada perlakuan hari ke-7. Perlakuan kontrol menunjukkan tingkat efektivitas mencapai 68%. Pada hari ke-7 perlakuan dengan tanaman teratai saja menunjukkan efektivitas sebesar 66%. Tanaman teratai yang dikombinasi dengan media ijuk dan kerikil tidak menunjukkan efektivitas yang lebih baik, hanya 48%. Perlakuan dengan tanaman kayu apu menunjukkan efektivitas tertinggi di antara perlakuan lainnya yakni mencapai 73%. Perlakuan kayu apu yang dikombinasi dengan media ijuk dan kerikil pada hari ke-7 tidak menunjukkan perbedaan yang jauh, yakni 72% nilai efektivitasnya.

Dari hasil uji efektivitas fitoremediasi dalam menurunkan kadar TSS pada air lindi, menunjukkan bahwa tanaman kayu apu lebih efektif daripada tanaman teratai. Efektivitas optimum terjadi pada hari ke-7. Hal ini sesuai dengan karakteristik tanaman kayu apu yang lebih mampu bertahan pada lingkungan hidup yang ekstrim dibanding tanaman teratai. Tanaman kayu apu mudah berkembang biak di perairan, tingkat pertumbuhannya tinggi. Teratai memang secara fisik lebih indah dibanding tanaman kayu apu, namun memerlukan perawatan khusus dengan pupuk untuk menjaga perkembangannya. Akar tanaman teratai masih tertanam di media lumpur sehingga tidak bersentuhan langsung dengan media air lindi. Tanaman kayu apu melayang di permukaan perairan sehingga akarnya langsung bersentuhan dengan air lindi. Akarnya inilah yang menjadi tempat filtrasi dan adsorpsi.



Gambar 3. Grafik Efektivitas Penurunan Kadar TSS pada Air Lindi

Secara umum, tanaman merupakan salah satu komponen penting dalam fitoremediasi pada lahan basah. Tanaman mempunyai fungsi dalam proses transfer oksigen dari atmosfer ke akar. Oksigen di akar selanjutnya akan digunakan sebagai suplai oksigen untuk mikrobia. Mikrobia di daerah sekitar akar selanjutnya akan berperan dalam degradasi senyawa organik. Selain itu, tanaman air juga menyerap bahan pencemar dari air limbah untuk menjadi zat yang dimanfaatkan untuk pertumbuhan tanaman (Vymazal, 2010 dalam Sembiring dan Muntalif, 2011).

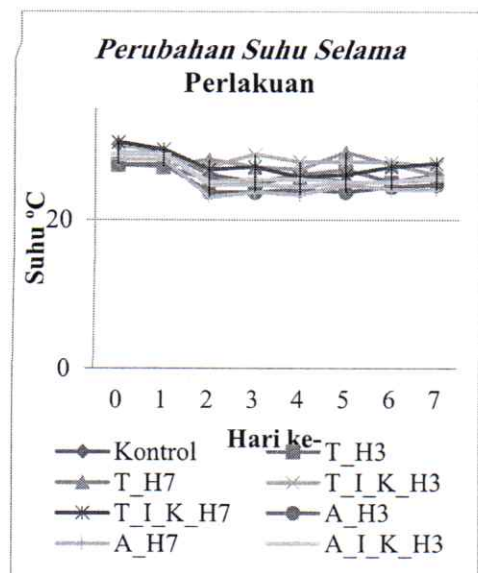
Media ijuk dan kerikil yang dikombinasikan pada percobaan ini meniru metode *constructed wetland*. Ijuk dan kerikil digunakan sebagai media penyaring atau filtrasi *partikel tersuspensi dalam air lindi*. Pada percobaan ini tidak terlihat perbedaan yang besar dengan dan tanpa media ijuk dan kerikil. Hanya dengan perlakuan tanaman kayu apu saja sudah mampu mencapai efektivitas 73% dalam penurunan TSS dalam waktu 7 hari. Media ijuk dan kerikil berfungsi lebih baik jika reaktor didesain sedemikian rupa dengan saluran *inlet* dan *outlet* sehingga air lindi dilewatkan pada media tersebut agar proses filtrasi lebih optimal. Jika dengan sistem *batch*, maka peran media ijuk dan kerikil tidak optimum.

c. Perubahan pH dan suhu harian air lindi dengan perlakuan tanaman teratai (*Nymphaea* sp.) dan kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) dalam waktu 7 hari

Faktor yang mempengaruhi proses fitoremediasi antara lain suhu dan pH. pH menunjukkan tingkat keasaman atau kebasaan dari suatu larutan dengan cara mengukur konsentrasi ion hidrogen (H^+) (Rahadian dkk, 2017). Pengukuran pH dilakukan setiap hari selama 7 hari dengan menggunakan kertas pH universal. Dari hasil pengukuran, pH harian pada tiap perlakuan dan ulangan dari awal hingga akhir proses fitoremediasi bernilai tetap, yakni 8, sehingga tidak dibuat grafik perubahan. Nilai pH ini pada dasarnya sesuai dengan baku mutu yang dipersyaratkan yaitu antara 6 – 9. Menurut Spellman (2003) dalam Rahadian, dkk (2017), kondisi pH paling baik bagi tanaman berkisar antara 6,0 – 8,0. Apabila terjadi penurunan pH, dapat disebabkan karena sisa polutan yang terdapat pada air lindi diserap oleh akar kayu apu dan kemungkinan lain adalah terjadinya pembusukan bagian tumbuhan air oleh kerja mikrobia (Widowati dalam Hernayanti dan Elly, 2004). Tanam teratai maupun kayu apu dari hasil percobaan ini tidak efektif dalam menurunkan nilai pH air lindi karena tidak terjadi perubahan nilai pH dari hari ke 0 hingga hari ke 7 pada tiap perlakuan maupun ulangan.

Suhu harian diukur dengan menggunakan termometer raksa. Selama proses fitoremediasi tidak terjadi perubahan suhu yang drastis. Naik atau turunnya suhu per hari hanya pada kisaran 1 – 2 °C. Grafik perubahan suhu pada penelitian ini tersaji pada Gambar 4.

Gambar 4 memperlihatkan bahwa suhu rata-rata pada awal proses atau hari ke-0 berkisar 27 – 30 °C. Kemudian pada hari ke-2 terjadi kecenderungan penurunan suhu hingga 23 °C lalu suhu kembali naik pada kisaran ±25 °C. Penurunan suhu yang cukup signifikan terjadi pada reaktor dengan tanaman kayu apu dibandingkan tanaman teratai. Lalu suhu rata-rata di akhir proses fitoremediasi terjadi pada 24 – 28 °C. Suhu yang terjadi di penelitian ini masih pada batas normal tumbuhan untuk tumbuh yaitu antara 10 – 35 °C (Oktavia dkk, 2016).



Gambar 4. Grafik Perubahan Suhu Harian

Penurunan suhu yang terjadi penelitian ini dapat dipengaruhi oleh morfologi tanaman. Menurut Tjitrosoepomo (2000), tanaman kayu apu mempunyai bentuk morfologi yang menutupi seluruh permukaan air lindi sedangkan teratai tidak seluruhnya sehingga penurunan suhu pada reaktor kayu apu lebih tinggi dari teratai. Selain itu, waktu pengukuran juga dapat mempengaruhi nilai suhu. Pada percobaan ini, pengukuran suhu harian dilakukan setiap jam 13 siang.

KESIMPULAN DAN SARAN

a. Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat ditarik dari hasil dan pembahasan di atas yaitu:

1. Kadar TSS pada reaktor mengalami penurunan meskipun tanpa perlakuan fitoremediasi, bahkan lebih baik dibanding dengan perlakuan tanaman teratai. Penurunan kadar TSS pada air lindi terlihat lebih rendah daripada kontrol pada hari ke-7 dengan perlakuan tanaman kayu apu, baik dengan maupun tanpa media ijuk dan kerikil.
2. Tanaman teratai dengan maupun tanpa media ijuk dan kerikil tidak efektif dalam menurunkan kadar TSS air lindi. Efektivitas penurunan kadar TSS mencapai lebih dari 70% pada perlakuan tanaman kayu apu dengan maupun tanpa media ijuk dan kerikil pada hari ke-7.
3. Tidak ada perubahan selama perlakuan terhadap pH harian air lindi, sedangkan suhu harian cukup fluktuatif pada kisaran 23-30°C.

b. Saran

Saran yang dapat penulis berikan yaitu:

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan perbedaan jenis tanaman dan jenis media.
2. Perlu dilakukan penelitian serupa, menggunakan tanaman dan media yang sama, namun dengan metode *constructed wetland* aliran permukaan dan aliran bawah permukaan.
3. Pengukuran pH pada penelitian berikutnya sebaiknya menggunakan pH meter digital atau di lab dengan ukuran 2 digit di belakang koma sehingga fluktuasi pH bisa terlihat.
4. Perlu pengukuran parameter lain yakni BOD, COD, N-total, Kadmium, dan Merkuri agar hasil penelitian dapat dibahas lebih komprehensif.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kami haturkan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) UPN "Veteran" Yogyakarta karena penelitian ini dibiayai sepenuhnya dari hibah penelitian dasar internal dengan nomor perjanjian pelaksanaan penelitian Nomor B/ 02-01/UN.62/V/2018.

REFERENSI

- Dewi, Y.S. dan A. Rahmawati. 2015. Efektivitas Tanaman Teratai (*Nymphaea* sp.) dalam Menguraikan Limbah Cair Domestik Berdasarkan Lama Waktu Perlakuan. *Jurnal Ilmiah Universitas Satya Negara Indonesia*. Vol 8 No 2 Desember 2015. Hal. 42-47.
- Fajariyah, C. dan S. Mangkoedihardjo. 2017. Kajian Literatur Pengolahan Lindi Tempat Pemrosesan Akhir Sampah dengan Teknik Lahan Basah menggunakan Tumbuhan Air. *Jurnal Teknik ITS*. Vol 6 No.2. Hal. D-190-D195.
- Fardiaz, S. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Kanisius. Yogyakarta.
- Hernayanti dan E. Proklamasiningsih. 2004. Fitoremediasi Limbah Cair Batik Menggunakan Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.) sebagai Upaya untuk Memperbaiki Kualitas Air. *Jurnal Pembangunan Pedesaan*. Vol IV No.3 Desember 2004. Hal.164-172.
- Irwanto, R. dan F. Barorah. 2017. Kemampuan Tumbuhan Akuatik *Salvinia molesta* dan *Pistia stratiotes* sebagai Fitoremediator Logam Berat Tembaga. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia*. Volume 3, Nomor 3. Desember 2017. Hal.138-145.
- Mariato, L.A. 2001. *Merawat dan Menata Tanaman Air*. Agro Media Pustaka. Jakarta.
- Nindra, D.Y. dan E. Hartini. Efektivitas tanaman teratai (*Nymphaea firecrest*) dan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dalam menurunkan kadar BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) pada limbah cair industri tahu." *VISIKES: Jurnal Kesehatan Masyarakat* 14.2 (2015). Hal. 123-130.
- Safitri, R. 2009. Fitoremediasi Greywater dengan Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) dan Tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*) serta Pemanfaatannya untuk Tanaman Selada (*lactuca sativa*) secara Hidroponik. *Skripsi Program Studi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian IPB*. Bogor.
- Sari, E. dan D.Y. Sari. 2018. Efektivitas Media Penyaring dan Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L) dalam fitoremediasi Air Lindi (Leachate). *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi*. ISBN: 978-602-61265-2-8.
- Sembiring, E.T.J. dan B.S. Muntalif. 2011. Optimasi Efisiensi Pengolahan Lindi dengan Menggunakan Constructed Wetland. *Jurnal Teknik Lingkungan* Vol 17 Nomor 2, Oktober 2011. Hal. 1-10.
- Oktavia, Z., B. Budiyo, dan N.A.Y Dewanti. (2016). Pengaruh Variasi Lama Kontak Fitoremediasi Tanaman Kiambang (*Salvinia Molesta*) Terhadap Kadar Kadmium (Cd) Pada Limbah Cair Home Industry Batik "X" Magelang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal)*, 4(5). Hal. 238-245.

- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.59/Menlhk/Setjen/Kum.1/7/2016 tentang Baku Mutu Lindi bagi Usaha dan/atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah.
- Rahadian, Rahan, E. Sutrisno, dan S. Sumiyati. Efisiensi Penurunan Cod dan Tss dengan Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Kayu Apu (*Pistia Stratiotes L.*) Studi Kasus: Limbah Laundry. *Jurnal Teknik Lingkungan* 6.3 (2017).Hal. 1-8.
- Tjitrosoepomo, G. 2000. *Taksonomi Tumbuhan (Spermatophyta)*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Widiarti, I.W. dan E. Muryani. 2018. Kajian Kualitas Air Lindi terhadap Kualitas Air Tanah Di Sekitar TPA (Tempat Pemrosesan Akhir) Sampah Jetis, Desa Pakem, Kecamatan Gebang, Purworejo, Jawa Tengah. *Jurnal tanah dan Air (Soil and water Journal)*. Volume 15 No. 1, Juni 2018. Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian UPN "Veteran" Yogyakarta.
- Yatim, EM dan Mukhlis. 2013. Pengaruh Lindi (Leachate) Sampah Terhadap Air Sumur Penduduk Sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Air Dingin. *Jurnal Kesehatan Masyarakat* Vol. 7 No. 2, Hal. 54-59.
- Yuni, I., W. Lestari, dan Yelmida. 2014. Kajian Efektivitas Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) dalam Mereduksi N-Total sebagai Upaya Perbaikan Kualitas Limbah Cair Industri tahu. *JOM FMIPA*. Volume 1 No.2 Oktober 2014. Hal. 283-290.