

**ANALISIS REMOVAL LOGAM PADA AIR LIMBAH BALAI  
YASA YOGYAKARTA PT. KERETA API INDONESIA  
MENGUNAKAN TANAMAN VETIVER (*Vetiveria zizanioides*)  
DAN BAKTERI DENGAN METODE *FLOATING TREATMENT*  
WETLAND**

***REMOVAL ANALYSIS OF HEAVY METAL IN HIGH DENSITY OIL  
WASTE FROM PT. KERETA API INDONESIA, YOGYAKARTA  
USING *Vetiveria zizanioides* AS *FLOATING TREATMENT* WETLAND  
COMBINED WITH BACTERIA***

**Rizqon Nurtana\*, Andik Yulianto\*, Joni Aldila Fajri\***

\*Program Studi Teknik Lingkungan, FTSP, Universitas Islam Indonesia

\*Jalan Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta

e-mail : [rizqon.nurtana@gmail.com](mailto:rizqon.nurtana@gmail.com)

**ABSTRAK**

Aktivitas perbengkelan Balai Yasa Yogyakarta PT. Kereta Api Indonesia secara rutin menghasilkan air limbah yang mengandung pencemar seperti logam, *Total Suspended Solid* (TSS), dan Amonia dan sulit diolah apabila hanya menggunakan pengolahan yang biasa saja. Maka dari itu diperlukan pengolahan khusus untuk air limbah yang terkontaminasi oleh pencemar tersebut yaitu menggunakan metode *floating treatment wetland* menggunakan tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) dan bakteri. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi kemampuan tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) dan bakteri dalam mengurangi kadar logam Besi (Fe), Timbal (Pb), dan Tembaga (Cu), Total Suspended Solid (TSS), dan Amonia pada air limbah di Balai Yasa Yogyakarta menggunakan metode *floating treatment wetland*. Air limbah dimasukkan kedalam box kontainer dan ditambahkan bakteri pada beberapa box kontainer hasil dari ekstraksi tanah di area Balai Yasa Yogyakarta yang tercemar limbah. Selanjutnya styrofoam berbentuk pipih dilubangi sebanyak 5 lubang dan kemudian setiap lubangnya diisi dengan 5 buah bibit tanaman vetiver yang dimasukkan kedalam gelas plastik berisikan tanah, kerikil, batu, dan sabut kelapa sebagai penyangga dan diletakkan terapung pada permukaan sampel air limbah dengan posisi akar berada dibawah permukaan air untuk dikontakkan selama 28 hari di tempat yang terkena sinar matahari. Selanjutnya dilakukan pemantauan pada hari ke- 0, 7, 14, 21, dan 28 untuk memantau kondisi tanaman, serta konsentrasi logam, *Total Suspended Solid* (TSS), dan Amonia pada air limbah. Hasil menunjukkan penggunaan tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) dan bakteri mampu menurunkan kadar logam Besi (Fe) sebanyak 15%-93%, Timbal (Pb) 20%-100%, dan Tembaga (Cu) 18%-93%, dan Amonia 12%-99%. Akan tetapi penggunaan tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) dan bakteri kurang efisien dalam mereduksi konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS). Hasil pemantauan kondisi tanaman juga menunjukkan pertumbuhan panjang daun dan pertumbuhan akar baru setiap minggunya walaupun kondisi daun juga mengalami perubahan yang ditandai dengan perubahan warna pada beberapa daun menjadi menjadi kering dan berwarna coklat.

Kata Kunci: Air Limbah, Balai Yasa Yogyakarta, Floating Treatment Wetland, *Vetiveria zizanioides*.

**ABSTRACT**

*Workshop activities at Balai Yasa Yogyakarta PT. Kereta Api Indonesia routinely produce wastewater that contained pollutants such as metal, Total Suspended Solid (TSS), and Ammonia and complicated to treat if using only standard treatment. Therefore, special treatment is needed to treat wastewater contaminated by these pollutants using floating treatment wetland method with vetiver (*Vetiveria zizanioides*) and bacteria. The purpose of this research is to evaluate the ability of vetiver (*Vetiveria zizanioides*) and bacteria in reducing metal content of Iron (Fe), Lead (Pb), and Copper*

(Cu), Total Suspended Solid (TSS), and Ammonia of wastewater in Balai Yasa Yogyakarta using floating treatment wetland method. Wastewater is filled into the container boxes and extracted bacteria from contaminated soil in Balai Yasa Yogyakarta is added to several container boxes. Furthermore, flat-shaped styrofoam is perforated with 5 holes and then each hole is filled with 5 seeds of vetiver plant which are inserted into plastic cups containing soil, gravel, stone, and coconut fiber to support the plant and then to be floated on the surface of wastewater sample with root is below the wastewater surface to be contacted for 28 days in a place with good sunlight exposure. After that monitoring was carried out on days 0, 7, 14, 21 and 28 to monitor plant conditions, as well as metal concentrations, Total Suspended Solid (TSS), and Ammonia in wastewater. The results showed the use of vetiver (*Vetiveria zizanioides*) and bacteria are able to reduce metal content of Iron (Fe) up to 15%-93%, Lead (Pb) 20%-100%, and Copper (Cu) 18%-93%, and Ammonia 12%-99%. However, the use of vetiver (*Vetiveria zizanioides*) and bacteria is less efficient in reducing the concentration of Total Suspended Solid (TSS). The monitoring results of plant conditions also showed the growth of leaf length and new root growth each week although the leaf conditions also changes that were marked by the changes of some leaves to be dry and brown.

**Keywords:** Balai Yasa Yogyakarta, Floating Treatment Wetland, *Vetiveria zizanioides*, Wastewater.

## I. PENDAHULUAN

Aktivitas perbengkelan selalu menghasilkan limbah berupa oli bekas. Oli bekas merupakan limbah Berbahaya dan Beracun yang apabila tidak dikelola dengan baik dapat berdampak pada lingkungan seperti masuk ke badan air atau terserap oleh tanah. Oli bekas juga mengandung berbagai pencemar seperti logam, *Total Suspended Solid*, Amonia, dll. Apabila kontaminan ini masuk ke badan air, maka akan mengakibatkan terganggunya ekosistem air serta berdampak buruk pada keberlangsungan hidup manusia.

Salah satu aktivitas perbengkelan besar di Yogyakarta adalah Balai Yasa. Balai Yasa ialah unit pelaksana teknis (UPT) PT. Kereta Api Indonesia yang merupakan tempat untuk perawatan besar sarana perkeretaapian. Di tempat inilah sarana perkeretaapian seperti lokomotif, gerbong, dan sarana lainnya menjalani perawatan, perbaikan, serta modifikasi.

Pada aktivitasnya sebagai sarana perbengkelan kereta api, Balai Yasa Yogyakarta secara rutin menghasilkan air limbah. Air limbah dari kegiatan perbengkelan Balai Yasa Yogyakarta sangat rentan terkontaminasi oleh pencemar seperti logam, *Total Suspended Solid* (TSS), dan Amonia dan sulit diolah apabila hanya menggunakan pengolahan yang sudah ada yaitu pemisahan antara oli dan air.

Maka dari itu diperlukan pengolahan khusus untuk air limbah yang terkontaminasi oleh pencemar tersebut yaitu menggunakan metode floating treatment wetland menggunakan tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) dan bakteri.

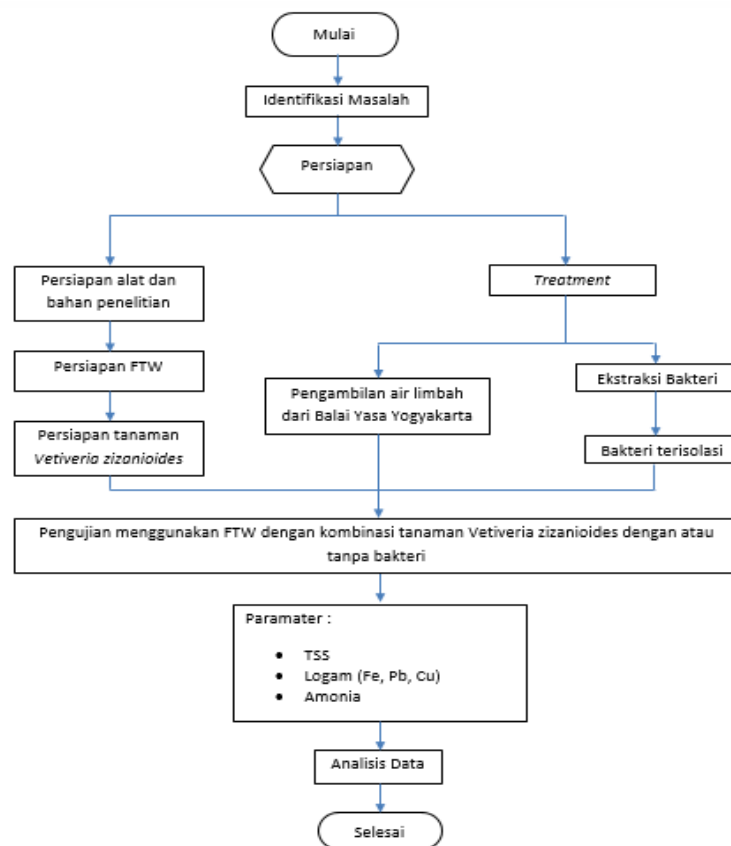
Metode *floating treatment wetland* ditinjau dari fungsinya digunakan bagi keperluan pengolahan air tercemar yang didesain khusus untuk memurnikan air tercemar dengan mengoptimalkan proses-proses fisika, kimia, dan biologi dalam suatu kondisi yang saling berintegrasi seperti yang biasanya terjadi dalam sistem rawa alami. Apabila dilihat, kelebihan dari penggunaan *floating treatment wetland* yaitu biayanya pembuatan dan operasionalnya yang murah, lebih ramah lingkungan, serta dapat meningkatkan nilai estetika lingkungan sekitar. Penggunaan metode *floating treatment wetland* dapat menggunakan bantuan bermacam tanaman salah satunya tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) atau umumnya dikenal dengan akar wangi.

Tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) dikenal sebagai hiperakumulator yang mampu menyerap berbagai macam logam seperti Besi (Fe), Timbal (Pb), dan Tembaga (Cu) serta mereduksi pencemar lain seperti *Total Suspended Solid* (TSS), dan Amonia. Selain itu penggunaan tanaman vetiver juga cukup meluas yaitu sebagai bahan untuk industri wewangian, dan juga sebagai tanaman penahan longsor.

Berdasarkan hal tersebut, maka diperlukan penelitian untuk mengetahui kemampuan tanaman vetiver dalam mereduksi kandungan logam khususnya Besi (Fe), Timbal (Pb), dan Tembaga (Cu), *Total Suspended Solid* (TSS), dan Amonia pada air limbah di Balai Yasa Yogyakarta melalui metode *floating treatment wetland*.

## II. METODE PENELITIAN

Metode penelitian secara umum akan ditunjukkan melalui diagram alir penelitian. Diagram alir penelitian menggambarkan garis besar tahapan yang akan dilakukan selama penelitian. Diagram alir pada penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar alir pada penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar 2.1 dibawah ini.



Gambar 2.1 Diagram Alir Penelitian

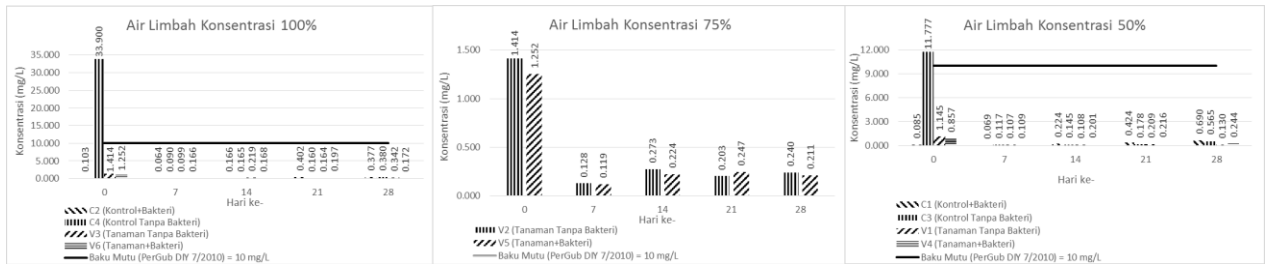
## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Pengaruh Tanaman Dengan dan Tanpa Bakteri Terhadap Reduksi Logam

#### A. Besi (Fe)

Kadar besi (Fe) yang terdapat pada air limbah hasil pencucian kereta api di Balai Yasa Yogyakarta PT. Kereta Api Indonesia cukup tinggi. Setelah melewati masa pengolahan menggunakan *Floating Treatment Wetland* selama 28 hari terdapat penurunan kadar Besi pada air limbah tersebut.

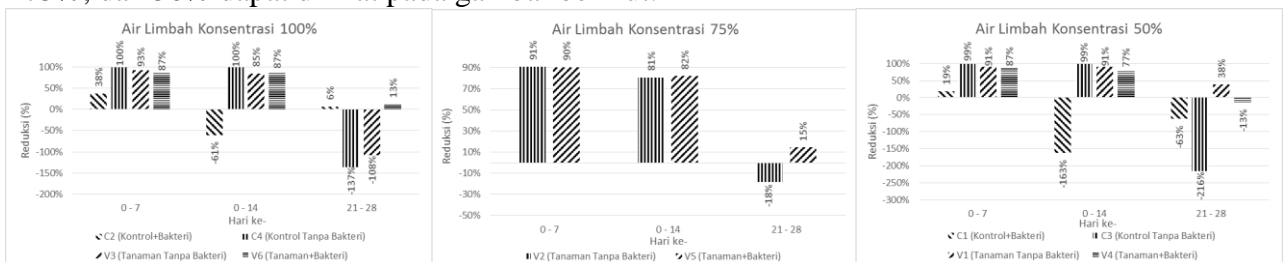
Berikut adalah data hasil pengujian kadar Besi (Fe) pada air limbah konsentrasi 100%, 75%, dan 50% setelah pengolahan selama 28 hari:



**Gambar 3.1** Hasil Pengujian Kadar Besi (Fe) dengan Konsentrasi Air Limbah 100%, 75%, dan 50% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Dari data diatas, terdapat penurunan kadar Besi (Fe) pada air limbah dengan konsentrasi 100%, 75%, dan 50% setelah menjalani proses pengolahan menggunakan *Floating Treatment Wetland* dan tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) dengan dan tanpa bakteri selama 28 hari. Kadar Besi (Fe) pada bak kontrol C1, C2, C3, dan C4 hari ke- 0 masing-masing sebesar 0,085 mg/L; 1,414 mg/L; 11,777 mg/L; 33,9 mg/L dan bak V1, V2, V3, V4, V5, V6 masing-masing sebesar 1,145 mg/L; 1,414 mg/L; 1,414 mg/L; 0,857 mg/L; 1,252 mg/L; 1,252 mg/L. Pada hari ke 14 konsentrasi pada bak C1, C2, C3, C4 menurun dengan kadar Besi (Fe) masing-masing 0,224 mg/L; 0,116 mg/L; 0,108 mg/L; 0,145 mg/L begitu pula dengan bak V1, V2, V3, V4, V5, V6 yang masing-masing sebesar 0,108 mg/L; 0,273 mg/L; 0,219 mg/L; 0,201 mg/L; 0,224 mg/L; dan 0,168 mg/L. Selanjutnya di hari ke- 28 konsentrasi pada bak C1, C2, C3, dan C4 masing-masing sebesar 0,69 mg/L; 0,377 mg/L; 0,565 mg/L; 0,380 mg/L dan bak V1, V2, V3, V4, V5, V6 masing-masing sebesar 0,13 mg/L; 0,24 mg/L; 0,342 mg/L; 0,244 mg/L; 0,211 mg/L; 0,172 mg/L. Kadar Besi (Fe) setelah mengalami pengolahan mengalami penurunan dan telah berada dibawah baku mutu yang telah ditetapkan Peraturan Gubernur Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta No. 7 Tahun 2010 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri, Pelayanan Kesehatan, dan Jasa Pariwisata (Untuk Kegiatan Bengkel) walaupun ditemukan sedikit kenaikan kadar Besi (Fe) pada hari ke-28.

Untuk lebih jelasnya mengenai penurunan kadar Besi (Fe) pada air limbah konsentrasi 100%, 75%, dan 50% dapat dilihat pada gambar berikut.



**Gambar 3.2** Persentase Reduksi Kadar Besi (Fe) dengan Konsentrasi Air Limbah 100%, 75%, dan 50% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

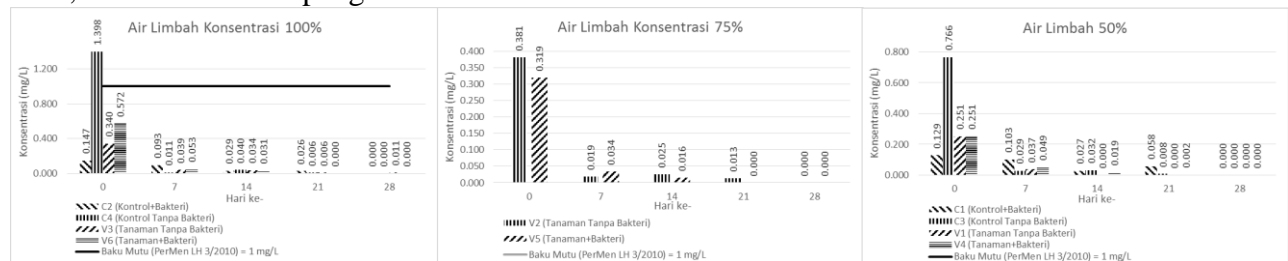
Berdasarkan gambar diatas, persentase reduksi hingga hari ke- 14 berada pada rentang 77%-100%. Selanjutnya di hari ke- 28 terdapat penurunan persentase reduksi yang berada pada rentang 6%- 38%. Adanya penurunan persentase reduksi yang dapat disebabkan karena semakin lama waktu kontak dengan tanaman penyerapannya lebih sedikit karena kandungan logam dalam tanaman atau dapat dikatakan toksisitas dari tanaman semakin meningkat. Hal ini senada dengan grafik hasil pengujian kadar Besi (Fe) yang mengalami kenaikan pada hari ke- 28. Kenaikan kadar Besi (Fe) ini dapat disebabkan beberapa hal seperti pendapat Sutrisno (2006), bahwa temperatur yang tinggi menyebabkan menurunnya kadar oksigen ( $O_2$ ) dalam air, kenaikan temperatur air juga dapat menguraikan derajat kelarutan mineral sehingga kelarutan Besi (Fe) dalam air tinggi. Serupa dengan Aryani (2015), yang menambahkan bahwa kadar logam yang berfluktuasi bisa dikarenakan faktor internal seperti kondisi tanaman itu sendiri, maupun faktor eksternal yang mencakup kondisi

lingkungan yang tidak mendukung proses metabolisme tanaman. Kondisi lingkungan, seperti temperatur, pH, dan oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen*) merupakan faktor pendukung keberadaan logam di air. Hal ini diperkuat oleh pendapat Habashy dan Hassan (2010) yang menyatakan oksigen terlarut berpengaruh atas kelarutan logam dalam air. Pada saat penelitian ini dilakukan, bertepatan dengan musim kemarau yang mana selama 28 hari penelitian suasana iklim relatif panas dan tidak terjadi hujan sama sekali. Perlakuan pada bak kontrol pun ikut mengalami penurunan. Hal ini dapat disebabkan karena logam berat pada perairan akan mengalami pengendapan dan kemudian diserap oleh organisme yang ada pada perairan (Sarjono, 2009).

## B. Timbal (Pb)

Kadar Timbal (Pb) yang terdapat pada air limbah hasil pencucian kereta api di Balai Yasa Yogyakarta PT. Kereta Api Indonesia cukup tinggi. Setelah melewati masa pengolahan menggunakan *Floating Treatment Wetland* selama 28 hari terdapat penurunan kadar Besi pada air limbah tersebut.

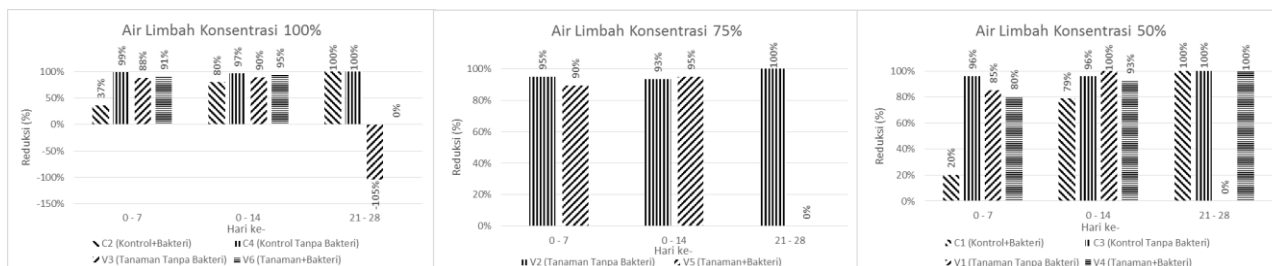
Berikut adalah data hasil pengujian kadar Timbal (Pb) pada air limbah konsentrasi 100%, 75%, dan 50% setelah pengolahan selama 28 hari:



**Gambar 3.3** Hasil Pengujian Kadar Timbal (Pb) dengan Konsentrasi Air Limbah 100%, 75%, dan 50% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Dari data diatas dapat dilihat bahwa terdapat penurunan kadar Timbal (Pb) pada air limbah dengan konsentrasi 100% setelah menjalani proses pengolahan menggunakan *Floating Treatment Wetland* dan tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) dengan dan tanpa bakteri selama 28 hari. Kadar Timbal (Pb) pada bak kontrol C1, C2, C3, dan C4 hari ke- 0 masing-masing sebesar 0,129 mg/L; 0,147 mg/L; 0,766 mg/L; 1,398 mg/L dan bak V1, V2, V3, V4, V5, V6 masing-masing sebesar 0,251 mg/L; 0,381 mg/L; 0,34 mg/L; 0,251 mg/L; 0,319 mg/L; 0,572 mg/L. Pada hari ke 14 konsentrasi pada bak C1, C2, C3, C4 menurun dengan kadar Timbal (Pb) masing-masing 0,027 mg/L; 0,029 mg/L; 0,032 mg/L; 0,04 mg/L begitu pula dengan bak V1, V2, V3, V4, V5, V6 yang masing-masing sebesar 0 mg/L; 0,025 mg/L; 0,034 mg/L; 0,019 mg/L; 0,016 mg/L; dan 0,031 mg/L. Selanjutnya di hari ke- 28 konsentrasi pada bak C1, C2, C3, dan C4 sama yaitu sebesar 0 mg/L dan bak V1, V2, V4, V5, V6 yang juga sama yaitu 0 mg/L dan berbeda dengan V3 yang kadarnya sebesar 0,011 mg/L. Kadar Timbal (Pb) setelah mengalami pengolahan mengalami penurunan dan telah berada dibawah baku mutu yang telah ditetapkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 3 Tahun 2010 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Kawasan Industri.

Untuk lebih jelasnya mengenai penurunan kadar Timbal (Pb) pada air limbah konsentrasi 100%, 75%, dan 50% dapat dilihat pada gambar berikut

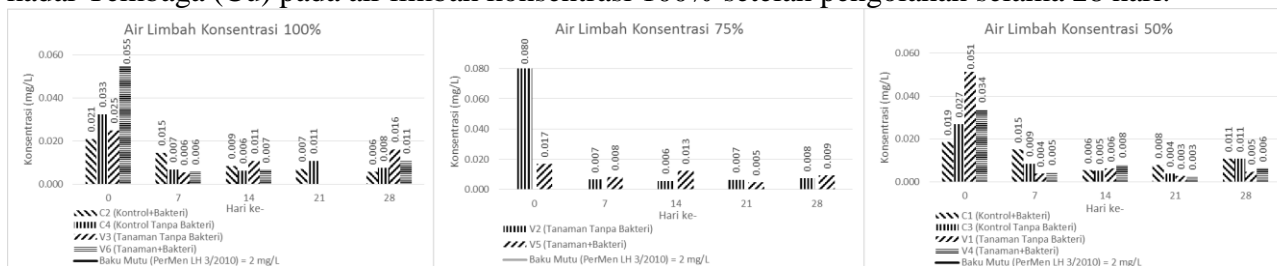


**Gambar 3.4** Persentase Reduksi Kadar Timbal (Pb) dengan Konsentrasi Air Limbah 100%, 75%, dan 50% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Berdasarkan gambar diatas, persentase reduksi hingga hari ke- 14 berada pada rentang 79%-100%. Selanjutnya di hari ke- 28 terdapat penurunan persentase reduksi berada pada rentang 0%-100%. Berdasarkan keseluruhan data kadar Timbal (Pb) yang telah ditampilkan, ditemui adanya penurunan persentase reduksi yang dapat disebabkan karena semakin lama waktu kontak dengan tanaman penyerapannya lebih sedikit karena kandungan logam dalam tanaman atau dapat dikatakan toksisitas dari tanaman semakin meningkat. Penyerapan logam dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti konsentrasi, muatan ion dan ada tidaknya transporter dalam sel (Manara 2012; Szöllôsi et al. 2011). Menurut penelitian Aryani (2015), kadar logam yang berfluktuasi bisa dikarenakan faktor internal seperti kondisi tanaman itu sendiri, maupun faktor eksternal yang mencakup kondisi lingkungan yang tidak mendukung proses metabolisme tanaman. Kondisi lingkungan, seperti temperatur, pH, dan oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen*) merupakan faktor pendukung keberadaan logam di air. Hal ini diperkuat oleh pendapat Habashy dan Hassan (2010) yang menyatakan oksigen terlarut berpengaruh atas kelarutan logam dalam air. Perlakuan pada bak kontrol pun ikut mengalami penurunan. Hal ini dapat disebabkan karena logam berat pada perairan akan mengalami pengendapan dan kemudian diserap oleh organisme yang ada pada perairan (Sarjono, 2009).

### C. Tembaga

Setelah melewati masa pengolahan menggunakan *Floating Treatment Wetland* selama 28 hari terdapat penurunan kadar Tembaga (Cu) pada air limbah tersebut. Berikut adalah data hasil pengujian kadar Tembaga (Cu) pada air limbah konsentrasi 100% setelah pengolahan selama 28 hari:

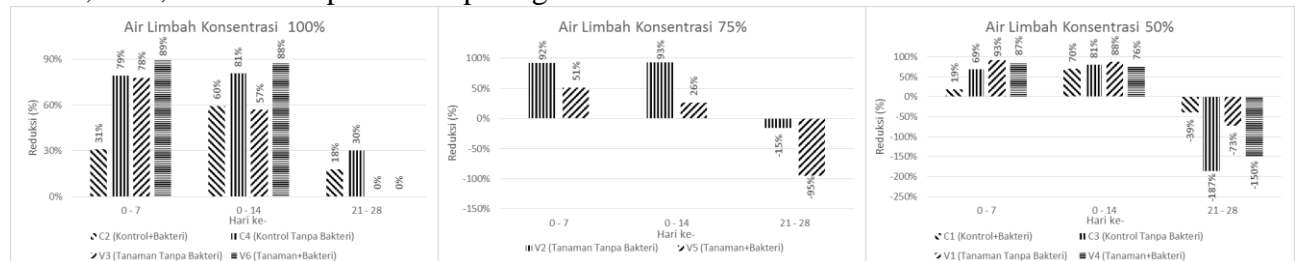


**Gambar 3.5** Hasil Pengujian Kadar Tembaga (Cu) dengan Konsentrasi Air Limbah 100%, 75%, dan 50% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Dari data diatas, terdapat penurunan kadar Tembaga (Cu) pada air limbah dengan konsentrasi 100%, 75%, dan 50% setelah menjalani proses pengolahan menggunakan *Floating Treatment Wetland* dan tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) dengan dan tanpa bakteri selama 28 hari. Kadar Tembaga (Cu) pada bak kontrol C1, C2, C3, dan C4 hari ke- 0 masing-masing sebesar 0,019 mg/L; 0,021 mg/L; 0,027 mg/L; 0,033 mg/L dan bak V1, V2, V3, V4, V5, V6 masing-masing sebesar 0,051 mg/L; 0,08 mg/L; 0,025 mg/L; 0,034 mg/L; 0,017 mg/L; 0,055 mg/L. Pada hari ke 14 konsentrasi pada bak C1, C2, C3, C4 menurun dengan kadar Tembaga (Cu) masing-masing 0,006 mg/L; 0,009 mg/L; 0,005 mg/L; 0,006 mg/L begitu pula dengan bak V1, V2, V3, V4, V5, V6 yang masing-masing sebesar 0,006 mg/L; 0,006 mg/L; 0,011 mg/L; 0,008 mg/L; 0,013 mg/L; dan 0,007 mg/L. Selanjutnya

di hari ke- 28 konsentrasi pada bak C1, C2, C3, dan C4 masing-masing sebesar 0,011 mg/L; 0,006 mg/L; 0,011 mg/L; 0,008 mg/L dan bak V1, V2, V3, V4, V5, V6 masing-masing sebesar 0,005 mg/L; 0,008 mg/L; 0,016 mg/L; 0,006 mg/L; 0,009 mg/L; 0,011 mg/L. Kadar Tembaga (Cu) setelah mengalami pengolahan mengalami penurunan dan telah berada dibawah baku mutu yang telah ditetapkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 3 Tahun 2010 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Kawasan Industri walaupun ditemukan sedikit kenaikan kadar Tembaga (Cu) pada hari ke-28.

Untuk lebih jelasnya mengenai penurunan kadar Tembaga (Cu) pada air limbah konsentrasi 100%, 75%, dan 50% dapat dilihat pada gambar berikut.



**Gambar 3.6** Persentase Reduksi Kadar Timbal (Pb) dengan Konsentrasi Air Limbah 100%, 75%, dan 50% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

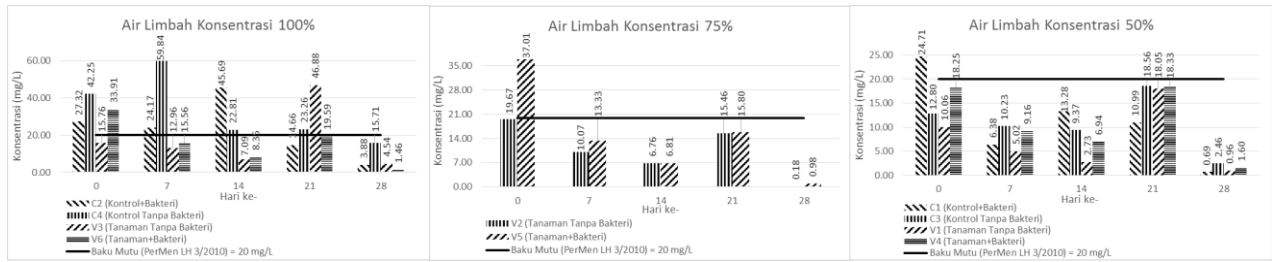
Berdasarkan gambar diatas, persentase reduksi hingga hari ke- 14 berada pada rentang 26%-93%. Selanjutnya di hari ke- 28 terdapat penurunan persentase reduksi yang berada pada rentang 0%-30%. Berdasarkan data kadar Tembaga (Cu) yang telah ditampilkan, ditemui adanya penurunan persentase reduksi yang dapat disebabkan karena semakin lama waktu kontak dengan tanaman penyerapannya lebih sedikit karena kandungan logam dalam tanaman atau dapat dikatakan toksisitas dari tanaman semakin meningkat. Penyerapan logam dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti konsentrasi, muatan ion dan ada tidaknya transporter dalam sel (Manara 2012; Szöllösi et al. 2011). Menurut penelitian Aryani (2015), kadar logam yang berfluktuasi bisa dikarenakan faktor internal seperti kondisi tanaman itu sendiri, maupun faktor eksternal yang mencakup kondisi lingkungan yang tidak mendukung proses metabolisme tanaman. Kondisi lingkungan, seperti temperatur, pH, dan oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen*) merupakan faktor pendukung keberadaan logam di air. Hal ini diperkuat oleh pendapat Habashy dan Hassan (2010) yang menyatakan oksigen terlarut berpengaruh atas kelarutan logam dalam air.

Logam Tembaga (Cu) adalah mikronutrien yang dibutuhkan tumbuhan yang mempunyai transporter khusus yang membuatnya mudah diserap oleh tanaman. Penyerapan dilakukan secara simplas dan apoplas, dan membuat banyak ditemukan akumulasi Tembaga (Cu) pada jaringan pengangkut dan silinder tengah.

### 3.2 Pengaruh Tanaman Dengan dan Tanpa Bakteri Terhadap Reduksi Amonia

Kadar Amonia yang terdapat pada air limbah hasil pencucian kereta api di Balai Yasa Yogyakarta PT. Kereta Api Indonesia terbilang cukup tinggi. Setelah melewati masa pengolahan menggunakan *Floating Treatment Wetland* selama 28 hari terdapat penurunan kadar amonia pada air limbah tersebut.

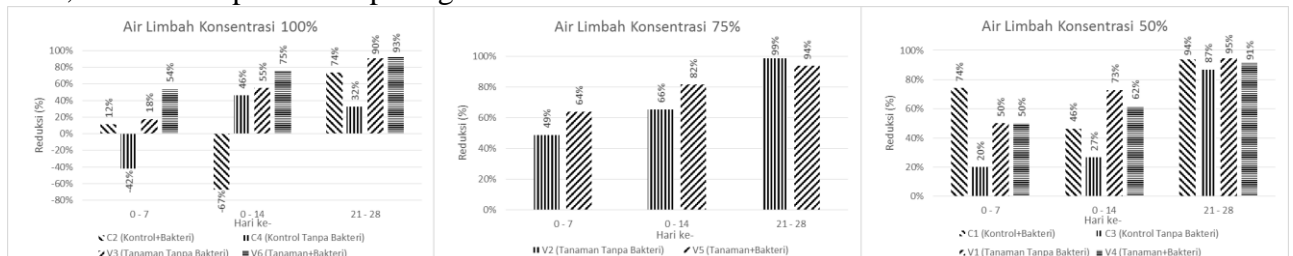
Berikut adalah data hasil pengujian kadar amonia pada air limbah konsentrasi 100%, 75%, dan 50% setelah pengolahan selama 28 hari:



**Gambar 3.7** Hasil Pengujian Kadar Amonia dengan Konsentrasi Air Limbah 100%, 75%, dan 50% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Dari data diatas, terdapat penurunan kadar Tembaga (Cu) pada air limbah dengan konsentrasi 100%, 75%, dan 50% setelah menjalani proses pengolahan menggunakan *Floating Treatment Wetland* dan tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) dengan dan tanpa bakteri selama 28 hari. Kadar amonia pada bak kontrol C1, C2, C3, dan C4 hari ke- 0 masing-masing sebesar 24,71 mg/L; 27,32 mg/L; 12,80 mg/L; 42,25 mg/L dan bak V1, V2, V3, V4, V5, V6 masing-masing sebesar 10,06 mg/L; 19,67 mg/L; 15,76 mg/L; 18,25 mg/L; 37,01 mg/L; 33,91 mg/L. Pada hari ke 14 konsentrasi pada bak C1, C2, C3, C4 berfluktuasi dengan kadar amonia masing-masing 13,28 mg/L; 45,69 mg/L; 9,37 mg/L; 22,81 mg/L begitu pula dengan bak V1, V2, V3, V4, V5, V6 yang masing-masing sebesar 2,73 mg/L; 6,76 mg/L; 7,09 mg/L; 6,94 mg/L; 6,81 mg/L; dan 8,35 mg/L. Selanjutnya di hari ke- 28 konsentrasi pada bak C1, C2, C3, dan C4 masing-masing sebesar 0,69 mg/L; 3,88 mg/L; 2,46 mg/L; 15,71 mg/L dan bak V1, V2, V3, V4, V5, V6 masing-masing sebesar 0,96 mg/L; 0,18 mg/L; 4,54 mg/L; 1,60 mg/L; 0,98 mg/L; 1,46 mg/L. Kadar Amonia setelah mengalami pengolahan mengalami penurunan dan telah berada dibawah baku mutu yang telah ditetapkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 3 Tahun 2010 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Kawasan Industri.

Untuk lebih jelasnya mengenai penurunan kadar amonia pada air limbah konsentrasi 100%, 75%, dan 50% dapat dilihat pada gambar berikut.



**Gambar 3.8** Persentase Reduksi Kadar Amonia dengan Konsentrasi Air Limbah 100%, 75%, dan 50% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Berdasarkan gambar diatas, persentase reduksi hingga hari ke- 14 berada pada rentang 27%-82%. Selanjutnya di hari ke- 28 terdapat penurunan persentase reduksi yang berada pada rentang 32%-99%. Ditemui adanya kenaikan kadar amonia pada beberapa bak. Naiknya kadar amonia pada beberapa bak dapat saja disebabkan karena adanya kesalahan pengujian yang mempengaruhi pembacaan spektrofotometer. Selain itu penyisihan amonia sangat bergantung pada pH dan temperatur, dan perubahan musim seperti suhu yang lebih rendah atau pembusukan tanaman. Hal ini menyebabkan penurunan jumlah oksigen terlarut dan akan sangat berdampak pada kinerja sistem pengolahan (Wallace et al, 2006).

Effendi (2003), menjelaskan bahwa Amonia adalah bentuk nitrogen yang tidak terionisasi dan bersifat toksik pada organisme perairan. Kadar amonia yang tinggi pada perairan, terutama pada perlakuan kontrol menunjukkan bahwa pada perairan tersebut terdapat banyak limbah yang bersumber dari limbah yang mengandung protein (Nursanto, 2016)

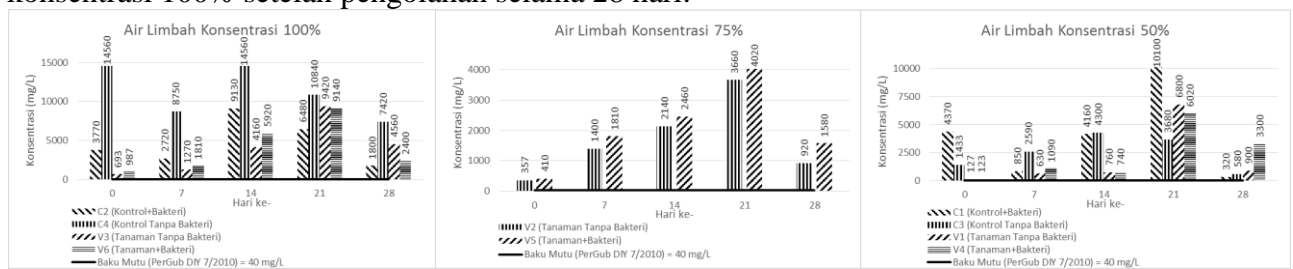


Berdasarkan tinjauan literatur *Office of Water Programs California State University Sacramento* (2009), salah satu mekanisme reduksi amonia pada air ialah melalui serapan tanaman. Jenis nitrogen seperti amonia dan nitrat dapat termineralisasi dan menyebar ke dalam tanah yang mana akan diserap dan dikonsumsi oleh tanaman pada bagian akar. Menurut Xia et al. (2000), tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) memiliki tingkat toleransi yang tinggi terhadap air yang tercemar dan sangat efektif dalam menyisihkan polutan dari air lindi terutama Nitrogen (N) dan Fosfor (P). Penyerapan Nitrogen (N) dan Fosfor (P) yang sangat baik dikarenakan akar dari tanaman vetiver langsung mengalami kontak dengan air limbah.

### 3.3 Pengaruh Tanaman Dengan dan Tanpa Bakteri Terhadap Reduksi *Total Suspended Solid* (TSS)

Konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) pada air limbah hasil pencucian kereta api di Balai Yasa Yogyakarta PT. Kereta Api Indonesia secara visual dapat dikatakan sangat tinggi. Hal ini dapat dilihat dari keruhnya air limbah hasil pencucian pada saat sampel diambil.

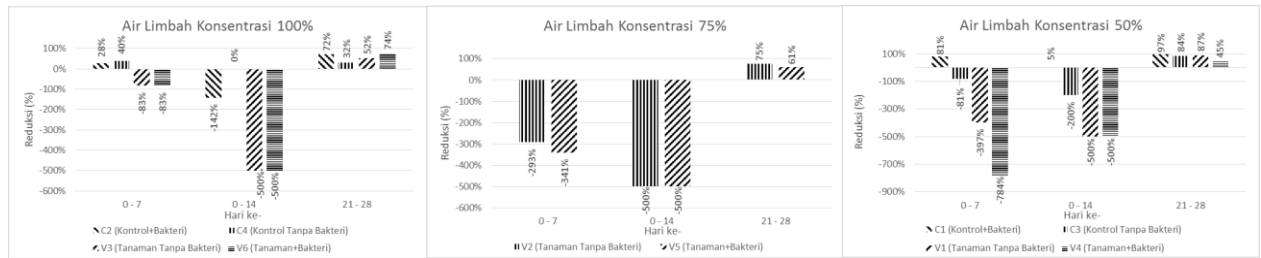
Berikut adalah data hasil pengujian konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) pada air limbah konsentrasi 100% setelah pengolahan selama 28 hari:



**Gambar 3.9** Hasil Pengujian Kadar *Total Suspended Solid* (TSS) dengan Konsentrasi Air Limbah 100%, 75%, dan 50% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Dari data diatas, terdapat penurunan kadar *Total Suspended Solid* (TSS) pada air limbah dengan konsentrasi 100%, 75%, dan 50% setelah menjalani proses pengolahan menggunakan *Floating Treatment Wetland* dan tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) dengan dan tanpa bakteri selama 28 hari. Kadar Besi (Fe) pada bak kontrol C1, C2, C3, dan C4 hari ke- 0 masing-masing sebesar 4370 mg/L; 3770 mg/L; 1433 mg/L; 14560 mg/L dan bak V1, V2, V3, V4, V5, V6 masing-masing sebesar 127 mg/L; 357 mg/L; 693 mg/L; 123 mg/L; 410 mg/L; 987 mg/L. Pada hari ke 14 konsentrasi pada bak C1, C2, C3, C4 berfluktuasi dengan kadar *Total Suspended Solid* (TSS) masing-masing 4160 mg/L; 9130 mg/L; 4300 mg/L; 14560 mg/L begitu pula dengan bak V1, V2, V3, V4, V5, V6 yang masing-masing sebesar 760 mg/L; 2140 mg/L; 4160 mg/L; 740 mg/L; 2460 mg/L; dan 5920 mg/L. Selanjutnya di hari ke- 28 konsentrasi pada bak C1, C2, C3, dan C4 masing-masing sebesar 320 mg/L; 1800 mg/L; 580 mg/L; 7420 mg/L dan bak V1, V2, V3, V4, V5, V6 masing-masing sebesar 900 mg/L; 920 mg/L; 4560 mg/L; 3300 mg/L; 1580 mg/L; 2400 mg/L. Kadar *Total Suspended Solid* (TSS) setelah mengalami pengolahan cenderung berfluktuasi dan masih melebihi baku mutu yang telah ditetapkan Peraturan Gubernur Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta No. 7 Tahun 2010 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri, Pelayanan Kesehatan, dan Jasa Pariwisata (Untuk Kegiatan Bengkel).

Untuk lebih jelasnya mengenai penurunan kadar *Total Suspended Solid* (TSS) pada air limbah konsentrasi 100%, 75%, dan 50% dapat dilihat pada gambar berikut.



**Gambar 3.10** Persentase Reduksi Kadar *Total Suspended Solid* (TSS) dengan Konsentrasi Air Limbah 100%, 75%, dan 50% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

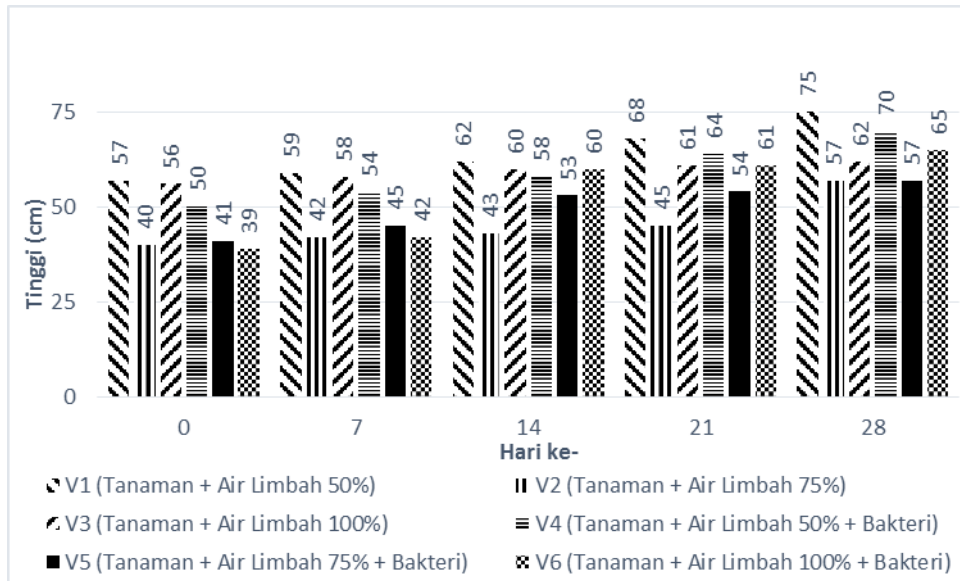
Berdasarkan gambar diatas, persentase reduksi hingga hari ke- 14 berada pada rentang 0%-5%. Selanjutnya di hari ke- 28 terdapat penurunan persentase reduksi yang berada pada rentang 32%-97%. Banyak ditemui kenaikan konsentrasi yang dapat disebabkan karena pasir yang mengendap pada dasar bak juga terikut pada saat pengambilan sampel uji. Selanjutnya Supradata (2005), menyatakan adanya perbedaan laju penurunan TSS pada tiap-tiap reaktor mungkin saja terjadi yang dapat disebabkan perbedaan porositas media yang dibentuk oleh sistem perakaran tanaman dalam reaktor. Sistem perakaran tanaman yang terbentuk dalam reaktor tidak tumbuh secara merata pada tiap-tiap reaktor yang menyebabkan pola aliran limbah tidak membentuk aliran sumbat yang sama untuk masing-masing reaktor. Dengan demikian, maka kecenderungan penurunan TSS pada masing-masing reaktor tidak dapat dibandingkan, sehingga hasil penurunan TSS pada tiap-tap bak reaktor tidak signifikan. Penurunan kandungan TSS di alam lahan basah terjadi melalui proses fisik seperti sedimentasi dan filtrasi (Zurita, 2008). Proses sedimentasi terjadi dikarenakan air limbah harus melewati jaringan akar tanaman yang cukup panjang sehingga partikel-partikel yang melewati media dan zona akar dapat mengendap (Widyastuti, 2005).

Konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) yang tinggi dapat diketahui dengan warna air limbah yang keruh yang dapat menyebabkan sinar matahari yang terhalang untuk masuk ke dalam air limbah yang sedang dalam proses pengolahan dan membuat terhambatnya proses fotosintesis dan menurunnya kadar oksigen di dalam air. Apabila kadar oksigen dalam air rendah maka akan menyebabkan kematian bagi bakteri aerobik dikarenakan suplai oksigen yang rendah dan bakteri anaerobik mulai tumbuh. Bakteri anaerobik yang tumbuh akan melakukan dekomposisi dan menggunakan oksigen yang disimpan dalam molekul-molekul yang sedang dihancurkan dan akan menghasilkan hidrogen sulfida ( $H_2S$ ) serta produk lainnya (Rizki dkk.,2015).

### 3.4 Morfologi Tanaman

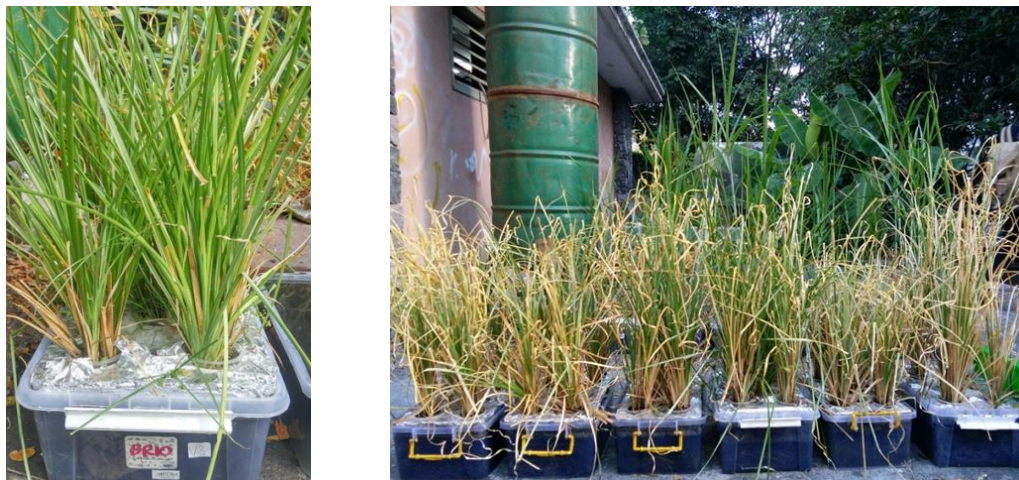
Pada penelitian ini selain dilakukan penelitian kemampuan tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) dan bakteri dalam mereduksi kandungan logam, amonia, dan *Total Suspended Solid* (TSS) pada air limbah pencucian kereta api Balai Yasa Yogyakarta, juga dilakukan pengamatan terhadap pertumbuhan vetiver yang dihitung dari tinggi tanaman dan pertumbuhan akar.

Berikut adalah grafik yang menunjukkan tinggi tanaman selama penelitian.



**Gambar 3.11** Tinggi tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) dari hari ke- 0 hingga ke- 28

Pada gambar diatas, terlihat pertumbuhan panjang setiap minggunya. Sitompul dan Guritno (1995) menyebutkan bahwa tinggi tanaman merupakan ukuran pertumbuhan yang paling mudah dilihat dan setiap harinya akan mengalami perubahan. Akan tetapi, seiring berjalannya waktu kondisi daun juga mengalami perubahan yang ditandai dengan perubahan warna pada beberapa daun menjadi menjadi kering dan berwarna coklat. Untuk lebih jelasnya mengenai kondisi daun dapat dilihat pada gambar dibawah.



**Gambar 3.12** Kondisi daun tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) dari hari ke - 0 (kiri) hingga ke- 28 (kanan)

Pada hari ke- 0, tampak daun tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) masih didominasi warna hijau. Setelah hari ke- 28 tampak perubahan pada beberapa daun menjadi kering dan berwarna kecoklatan. Yruela (2005), menjelaskan Gejala awal yang timbul akibat keracunan logam pada tanaman adalah klorosis (kehilangan klorofil ditandai dengan menguningnya daun) dan nekrosis (gejala kematian sel tanaman yang ditandai dengan daun yang menggulung dan keriput).

Pertumbuhan akar tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) juga mengalami perkembangan dimana banyak ditemui akar-akar baru selama penelitian seperti yang diperlihatkan pada gambar dibawah.



(a)



(b)



(c)



(d)

**Gambar 3.13** Kondisi akar tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) pada hari ke- 7 (a), 14 (b), 21 (c), dan 28 (d)

Seperti yang terlihat pada gambar diatas, ditemu adanya pertumbuhan akar-akar baru. Hal ini menandakan bahwa tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) dapat tetap hidup meskipun tumbuh di air yang terkontaminasi pencemar. Tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) yang biasa hidup sebagai tanaman dengan media tanam tanah, dapat berubah dengan pola penanaman tanpa media tanah, sehingga vetiver dapat dimanfaatkan sebagai fitoremediator di dalam perairan umum dengan system penanaman hidroponik (Nursanto, 2016)

Gupta dan Sinha (2008), menyatakan bahwa akar tanaman dapat mengenali logam sebagai unsur toksik sehingga terjadi mekanisme inaktivasi seperti sekuestrasi unsur tersebut di vakuola atau pada dinding sel. Menurut Priyanto dan Prayitno (2004), tanaman mempunyai mekanisme detoksifikasi dengan cara menimbun logam di bagian akar. Penelitian ini menunjukkan bahwa logam lebih banyak terakumulasi di akar *C. zizanioides* (L.).



## IV. KESIMPULAN

### 4.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) dengan atau tanpa bakteri hasil dari ekstraksi tanah di area Balai Yasa Yogyakarta yang tercemar limbah dengan menggunakan metode *floating treatment wetland* mampu mengurangi kadar logam Besi (Fe), Timbal (Pb), dan Tembaga (Cu), serta Amonia pada air limbah di Balai Yasa Yogyakarta dengan sangat baik. Akan tetapi, kombinasi pengolahan ini kurang efektif dalam mengurangi konsentrasi *Total Suspended Solid (TSS)* pada air limbah di Balai Yasa Yogyakarta.

### 4.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan, berikut saran yang dapat diberikan:

1. Pada penelitian ini diperlukan identifikasi jenis bakteri, jumlah koloni bakteri yang digunakan, serta masih hidup atau tidaknya bakteri setelah penelitian selesai.
2. Perlu dilakukan pengecekan pH, temperatur, dan oksigen terlarut secara berkala pada masing-masing bak air limbah.
3. Penelitian lanjutan perlu dilakukan analisa untuk mengetahui di bagian organ tanaman yang mana terjadi akumulasi pencemar terbesar.
4. Pada penelitian lanjutan diperlukan antisipasi yang baik untuk mencegah tingginya penguapan air limbah pada bak reaktor.
5. Pada penelitian sejenis, perlu dilakukan analisa hubungan antara parameter kualitas air dengan pertumbuhan tanaman.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aryani, D., (2015). **Pemanfaatan Rumput Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*, L.) Dalam Proses Remediasi Logam Berat Kadmium (Cd) dan Tembaga (Cu)**. Tesis. Institut Pertanian Bogor.
- Effendi, H. (2003). **Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan**. Yogyakarta: Kanisius.
- Gupta, A. K, Sinha, S. (2008). **Decontamination and/or revegetation of fly ash dykes through naturally growing plants**. *Journal of Hazardous Materials* **153**:1078-1084.
- Habashy MM, MMS. Hassan. (2010). **Effects of temperature and salinity on growth and reproduction of the freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (Crustacea-Decapoda) in Egypt**. *International Journal of environmental Science and Engineering (IJESE)*. **1**: 83-90.
- Manara, A. (2012). **Plants responses in heavy metal toxicity**. *SpringerBriefs in Biometals*:27- 53.
- Nursanto, J. (2016). **Analisis Kapasitas Fitoremediasi Tanaman Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) Dalam Mereduksi Limbah Cair Organik Studi Kasus Kerambak Jaring Apung di Waduk Cirata**. Tesis. Institut Pertanian Bogor.
- Office of Water Programs California State University Sacramento. (2009). **Ammonia Removal in Wetlands: a Literature Review**. Sacramento, USA.
- Priyanto B, Prayitno J. (2004). **Fitoremediasi sebagai Sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran Khusus Logam Berat**. *Jurnal Informasi Fitoremediasi*.
- Rizki, N., Sutrisno, E., & Sumiyati, S. (2015). **Penurunan konsentrasi COD dan TSS pada limbah cair tahu dengan teknologi kolam (pond) - biofilm menggunakan media biofilter jaring ikan dan bioball**. *Jurnal Teknik Lingkungan*, **4(1)**, 1-9.

- Sarjono, A. (2009). **Analisis Kandungan Logam Berat Cd, Pb dan Hg pada Air dan Sedimen di Perairan Kamal Muara**. Skripsi. Institut Pertanian Bogor.
- Sitompul, S. M., Guritno, B. (1995). **Pertumbuhan Tanaman**. Yogyakarta: UGM Press.
- Supradata. (2005). **Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Tanaman Hias *Cyperus alternifolius* dalam Ssstem Lahan Basah Aliran Permukaan (SSF Wetland)**. Tesis Magister Lingkungan.
- Sutrisno, T. (2006). **Teknologi Penyediaan Air Bersih**. Jakarta: Rineka Cipta.
- Szôllôsi R, Kálmán E, Medvegy1 A, Petô1 A, Varga SI. (2011). **Studies on oxidative stress caused by Cu and Zn excess in germinating seeds of Indian mustard (*Brassica juncea* L.)**. *Acta Biol Szeg.* **55**:175-178.
- Wallace, S. D., and Knight, R. L. (2006). **Small-Scale Constructed Wetland Treatment Systems: Feasibility, Design Criteria, and O&M Requirements**. London, UK: IWA Publishing.
- Widyastuti, Ni Wayan, (2005). **Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Pemanfaatn Tanaman *Cyprus Papyprus* Pada Sistem Subsurface Constructed Wetland**. Jurusan Teknik Lingkungan ITS, Surabaya.
- Xia, H., Liu, S. and Ao, H., (2000). **Study on purification and uptake of garbage leachate by vetiver grass**. In: Proc. of the 2nd International Conference on Vetiver, Thailand.
- Yruela I. (2005). **Cooper in Plants**. *Braz. J. Hydrol.* 145-156.
- Zurita. (2008). **Treatment of Domestic and Production of Commercial Flowers in Vertical and Horizontal Subsurface-Flow System Constructed Wetland**. Centro auniversity de la Cienaga: Mexico.