

ANALISIS REMOVAL LOGAM BERAT DENGAN METODE FLOATING WETLAND MENGGUNAKAN TANAMAN KOLONJONO (*BRACHIARIA MUTICA*) DAN BAKTERI PADA AIR LIMBAH BALAI YASA YOGYAKARTA, PT.KAI

REMOVAL ANALYSIS OF HEAVY METAL USING KOLONJONO (*BRACHIARIA MUTICA*) AS FLOATING TREATMENT WETLAND COMBINED WITH BACTERIA IN HIGH DENSITY OIL WASTE FROM BALAI YASA, PT.KERETA API INDONESIA

Lintang Nurullah¹, Joni aldilla Fajri², dan Andik Yulianto³

Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam
Indonesia, Jln. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584

114513085@students.uui.ac.id joni.af@uui.ac.id dan andik.yulianto@uui.ac.id

Abstrak : Air Limbah Balai Yasa PT.KAI mengandung berbagai macam kontaminan yang bisa membahayakan lingkungan jika tidak ada pengolahan. Tumbuhan kolonjono (*brachiaria mutica*) dengan kombinasi bakteri dan/ tanpa bakteri berpotensi untuk mengurangi kadar pencemar. Tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi tanaman kolonjono (*brachiaria mutica*) dalam mengurangi kontaminan logam besi (Fe), timbal (Pb), tembaga (Cu), Total Suspended Solid (TSS), dan amonia air limbah di Balai Yasa Yogyakarta menggunakan metode Floating Treatment Wetland (FTW). Air limbah dengan kondisi perlakuan 100% dan yang telah diencerkan (50% dan 25%) dimasukkan kedalam masing-masing kontainer bervolume 13,5L. Styrofoam yang telah dilubangi sebanyak 5 buah diisi dengan gelas yang telah terisi tanah, pasir, kerikil, sabut kelapa, dan kemudian tanaman kolonjono (*brachiaria mutica*) sebanyak 5 buah. Styrofoam diletakkan mengambang pada permukaan air limbah agar akar tanaman berada dipermukaan air. Pengujian ini dilakukan selama 28 hari di tempat yang terkena sinar matahari dan pengukuran kadar TSS, amonia, dan Logam (Fe, Cu, dan Pb) dilakukan tiap hari ke- 0, 7, 14, 21, dan 28. Hasil menunjukkan tanaman Kolonjono (*brachiaria mutica*) dengan kombinasi bakteri dan/ tanpa bakteri mampu menurunkan kadar logam (Pb dan Cu) dengan nilai maksimum *removal* masing-masing mencapai 100% dan 97%. Amonia juga turun maksimal 93%. Akan tetapi Kolonjono kurang efektif dalam mereduksi TSS dan Fe. Kondisi tanaman terpantau tetap tumbuh setiap minggunya meskipun kondisi beberapa daun berubah warna atau mengering.

Kata Kunci : Air Limbah, Fitotreatment, Floating Treatment Wetland, Kolonjono (*brachiaria mutica*).

Abstract : Wastewater in Balai Yasa, PT.KAI contain various contaminants that can endanger the environment if there are no treatment carried out. Kolonjono known as *brachiaria mutica* with a combination of bacteria with/ without bacteria has the potential to reduce levels of the pollutants. The purpose of this study is to evaluate Kolonjono (*brachiaria mutica*) in reducing contaminants of Ferrous (Fe), Lead (Pb), Copper (Cu), Total Suspended Solid (TSS) and Ammonia in Balai Yasa Wastewater using floating treatment wetland method. Pure 100% wastewater and diluted wastewater (50% and 25%) filled in a container size 13,5L Styrofoam is perforated with 5 holes which filled with soil, sand, gravel, coconut fiber and 5 kolonjono (*brachiaria mutica*) plants. Styrofoam placed on the surface of the wastewater sample so that the root of the plants could be contacted directly to the wastewater. This study was carried out for 28 days in a place that was exposed to sunlight. TSS, Ammonia, Fe, Cu, Pb Tested in days 0, 7, 14, 21, and 28. The result showed that kolonjono (*brachiaria mutica*) with a combination of bacteria with/ without bacteria can reduce metal content (Pb and Cu) with maximum removal values 100% and 97% respectively. Ammonia also dropped by a maximum of 93%. However Kolonjono (*brachiaria mutica*) is less effective in reducing TSS and Fe. The condition of the plant is growing every week even though the conditions of some leaves changes or become dry.

Keywords : Floating Treatment Wetland, Kolonjono (*brachiaria mutica*), Phytotreatment, Wastewater.

PENDAHULUAN

Di Jogjakarta Menurut BPS (Badan Pusat Statistik) pada tahun 2016 terdapat 586 industri skala besar dan sedang, belum termasuk skala mikro. Setiap industri, baik itu skala besar atau kecil pasti akan menghasilkan limbah. Ketika limbah itu tidak diolah akan menimbulkan berbagai permasalahan, baik untuk lingkungan, hewan, ataupun manusia. Hal ini menunjukkan bahwa limbah menjadi permasalahan yang harus dihadapi.

Salah satu industri yang menghasilkan limbah adalah industri perbengkelan. Kegiatan yang terdapat di industri perbengkelan meliputi pencucian, perbaikan, pengecatan, dll. Aktivitas-aktivitas tersebut tentunya akan menghasilkan limbah yang mengandung berbagai macam kontaminan seperti logam, oli, *Total Suspended Solid*, Amonia, dll.

PT. Balai Yasa Yogyakarta merupakan tempat khusus digunakan untuk perbaikan dan perawatan lokomotif diesel elektrik maupun hidrolis (Tempo, 2015). Dari kegiatan tersebut setiap harinya Balai Yasa menghasilkan limbah yang mengandung banyak oli dan pencemar lain seperti logam, TSS (*Total Suspended Solid*), Amonia, dll. Limbah yang mengandung kontaminan-kontaminan tersebut kemudian masuk ke dalam pengolahan yang memisahkan antara oli dan air (*grease trap*) dan ditampung ke dalam bak effluent. Meskipun kandungan oli sudah banyak berkurang melalui pengolahan ini kontaminan lain masih belum diolah dengan efektif. *Floating treatment wetland* dengan tanaman kolonjono (*brachiaria mutica*) merupakan salah satu solusi untuk mengurangi kontaminan tersebut.

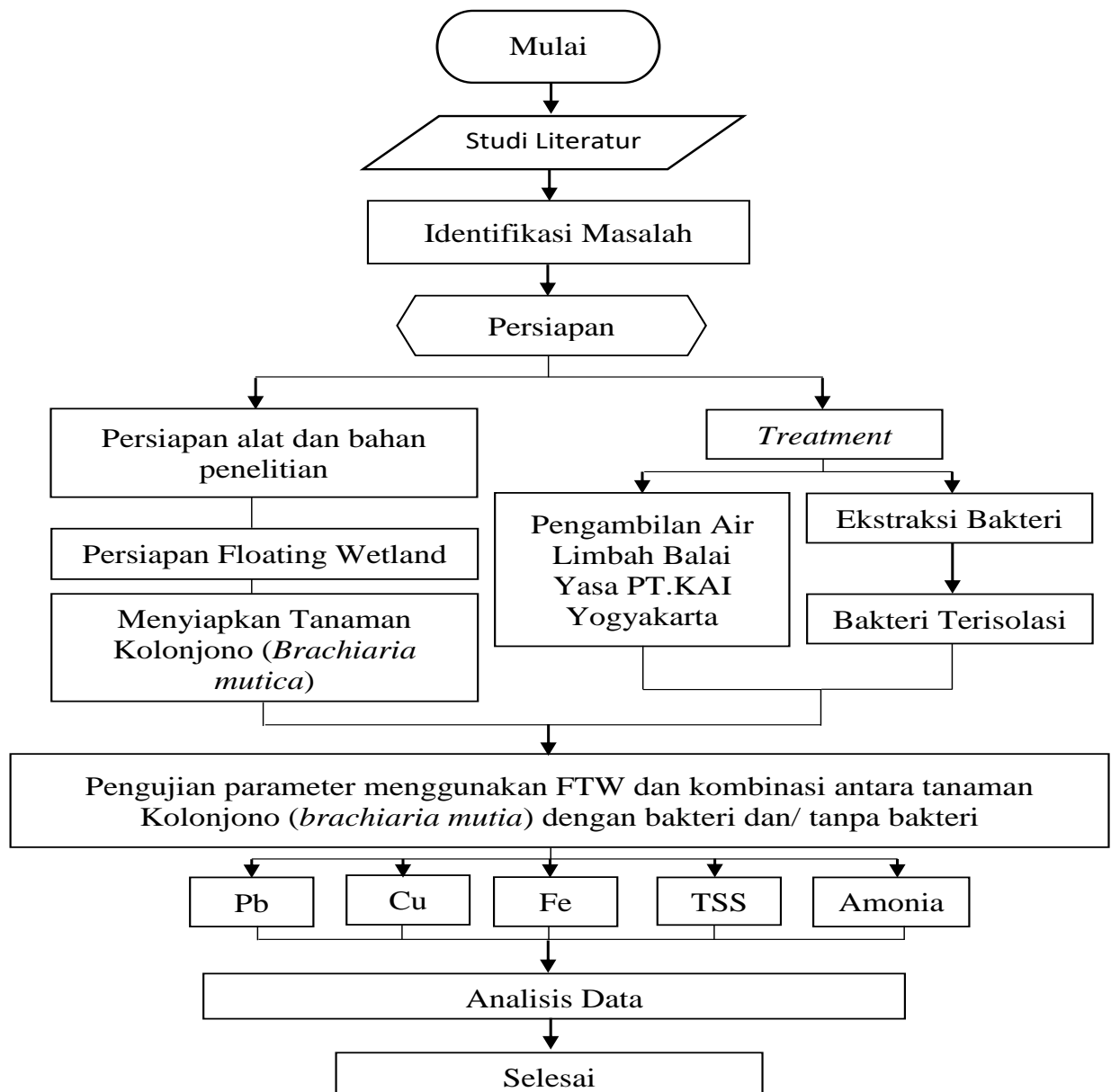
Tanaman mempunyai kemampuan untuk mereduksi logam-logam berat atau dikenal dengan istilah fitoremediasi. Digabungkan dengan metode *floating treatment wetland* (FTW) akan dapat mereduksi logam-logam berat dari limbah oli bekas. FTW terdiri dari lapisan apung berpori yang telah ditanami tanaman, kemudian akar tanaman tumbuh ke dalam air dengan posisi bergantung. Pada penelitian ini digunakan rumput Kolonjono (*Brachiaria mutica*). Dengan kemampuan tanaman Kolonjono yang keberadaannya tidak sulit untuk ditemukan, dapat bertahan dalam kondisi kekeringan, hidup dengan kondisi alkalin dan salinitas yang ekstrem serta memiliki kemampuan untuk mentolerir berbagai macam logam beracun di dalam tanah (Melati et al., 2016 ; Truong, 1999).

Melalui penelitian ini akan didapatkan seberapa besar tanaman Kolonjono (*Brachiaria mutica*) menurunkan kadar kontaminan dalam air limbah dengan metode *floating treatment wetland*. Dengan keberadaan tanaman yang mudah ditemukan dan mampu hidup di kondisi yang ekstrim tanaman ini

berpotensi sebagai pengolahan yang ramah lingkungan (karena bersifat alami) dan biayanya yang tidak mahal.

METODE PENELITIAN

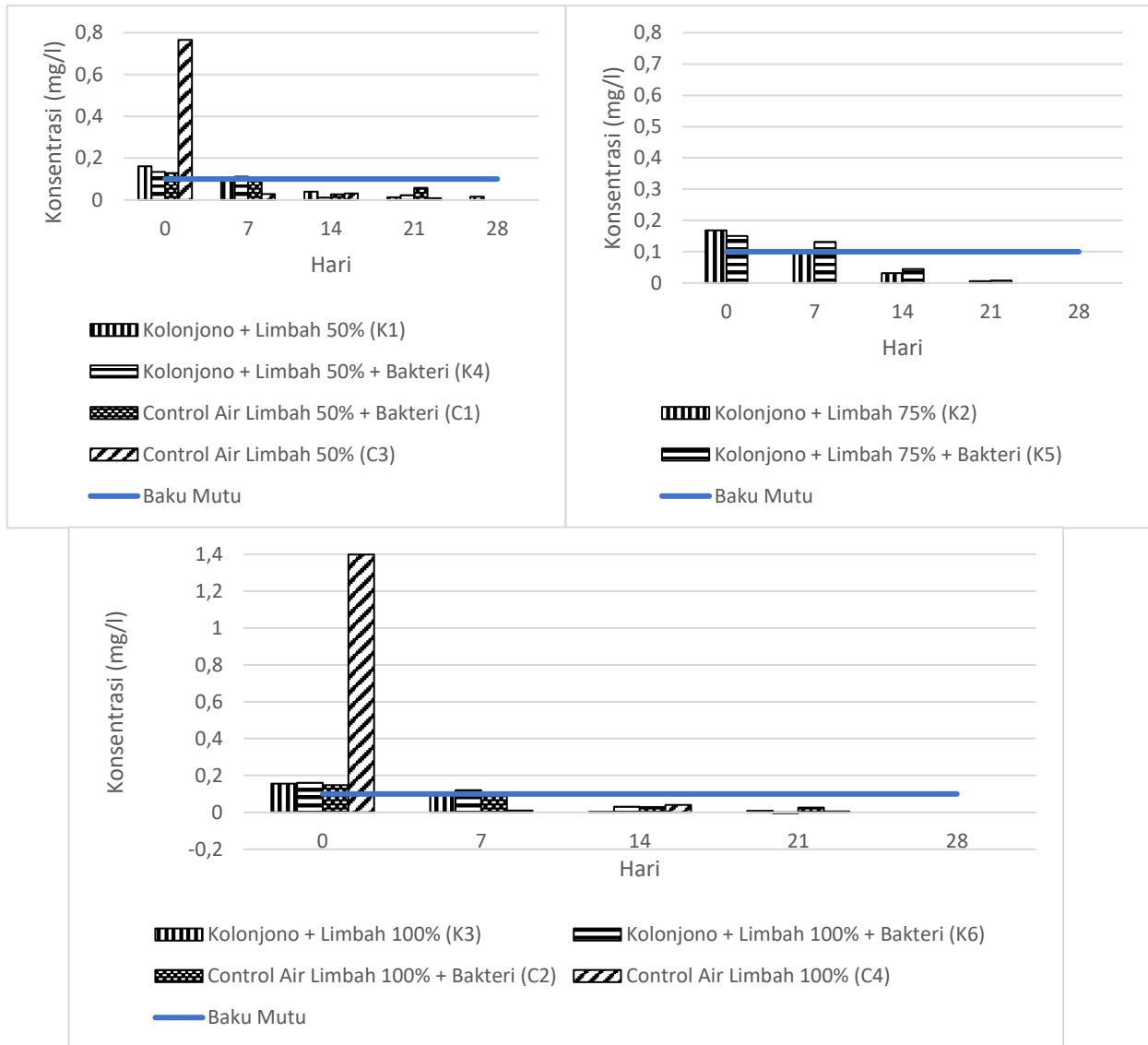
Treatment menggunakan metode FTW dikombinasikan dengan tanaman Kolonjono (*Brachiaria mutica*) dilakukan sesuai seperti gambar 1, untuk mengurangi konsentrasi kontaminan-kontaminan tertentu pada air limbah Balai Yasa PT.KAI dengan bantuan bakteri atau tanpa bakteri



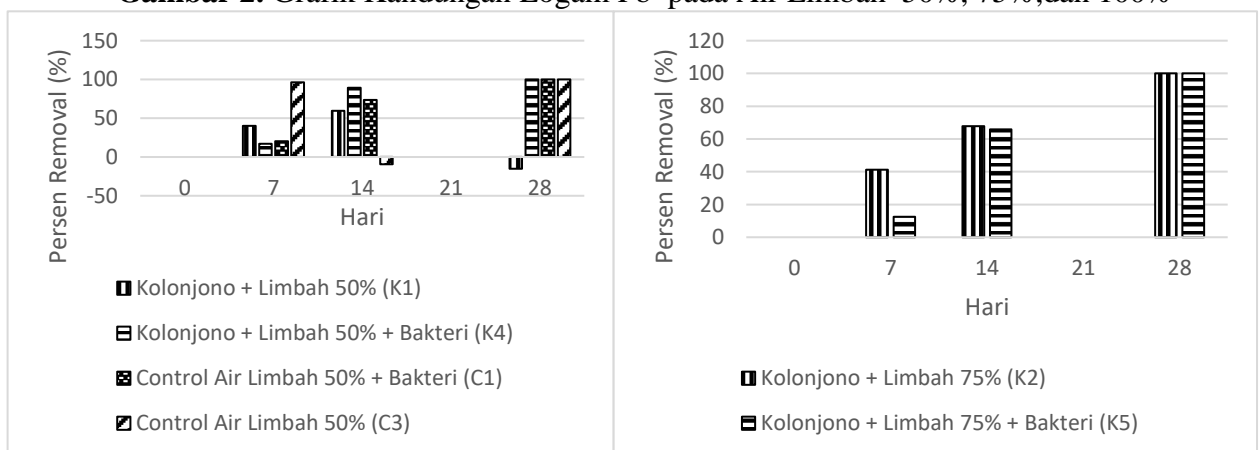
Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

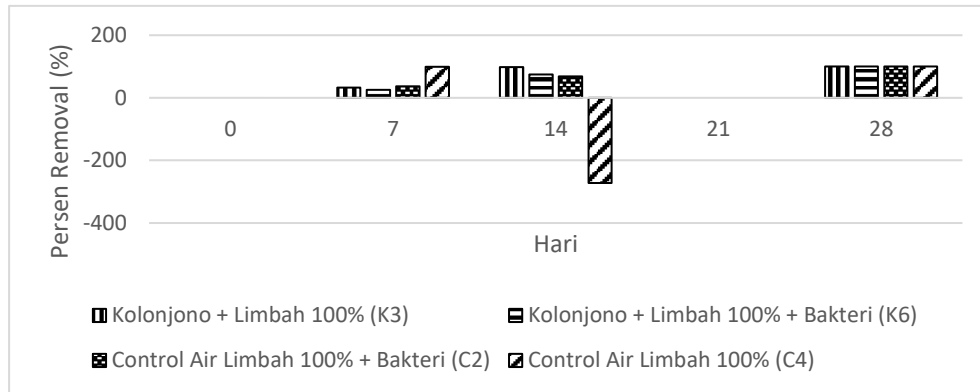
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan Logam Berat Pb (Timbal)



Gambar 2. Grafik Kandungan Logam Pb pada Air Limbah 50%, 75%, dan 100%





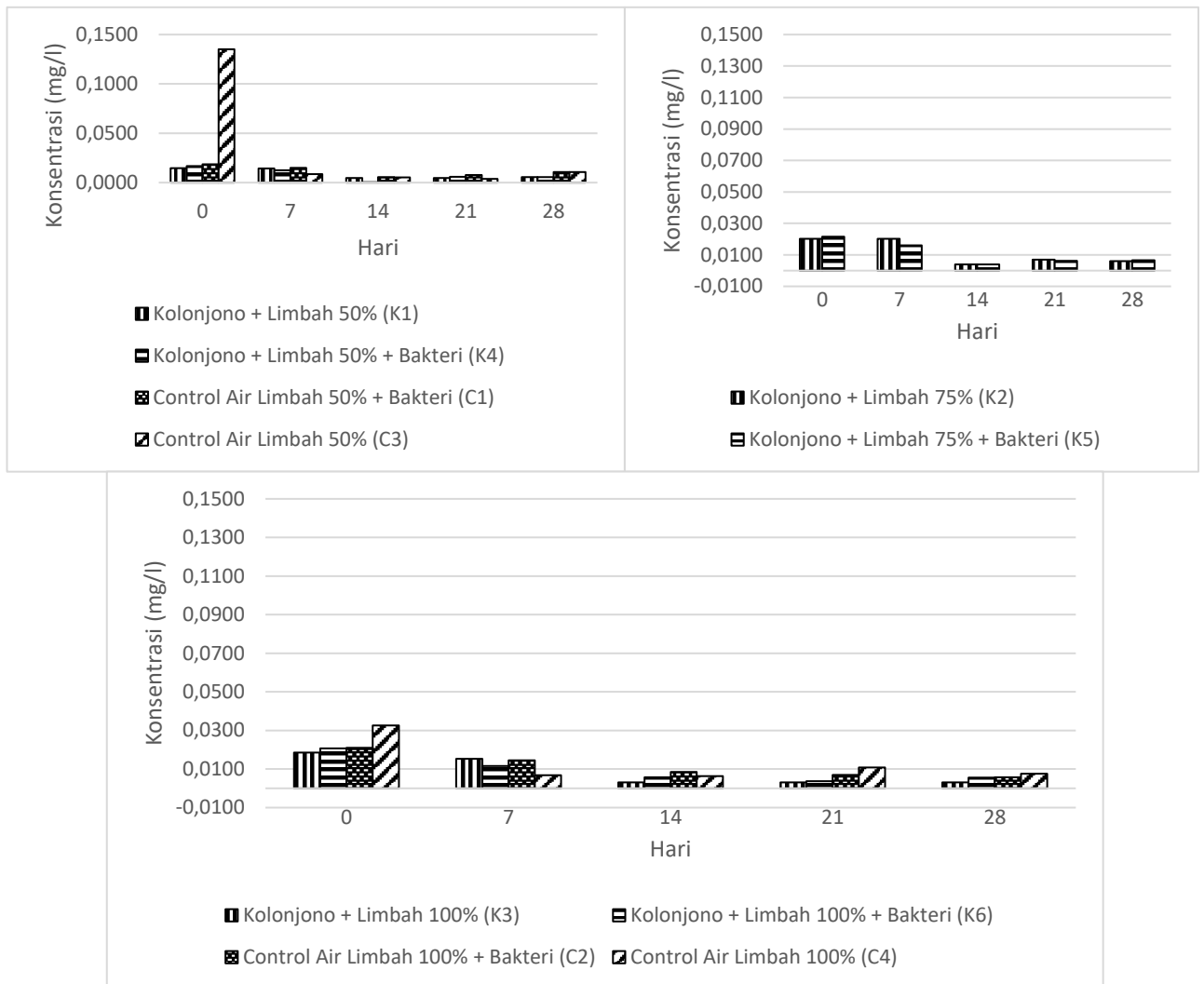
Gambar 3 Grafik *Removal* Logam Pb pada Air Limbah 50%, 75%, dan 100%

Seluruh kandungan Pb pada hari ke – 14 diseluruh reaktor dengan metode FTW termasuk reaktor control telah menurun hingga dibawah baku mutu Peraturan menurut Daerah DIY Nomor 7 Tahun 2016. Meskipun terdapat penambahan kandungan limbah pada hari ke – 16, tanaman kolonjono (*Brachiaria mutica*) dengan kombinasi bakteri atau tanpa bakteri tetap mampu mendegradasi Pb pada hari ke 21 dan 28. Adapun terdapat kenaikan kandungan Pb di beberapa reaktor (C4 dan C3).

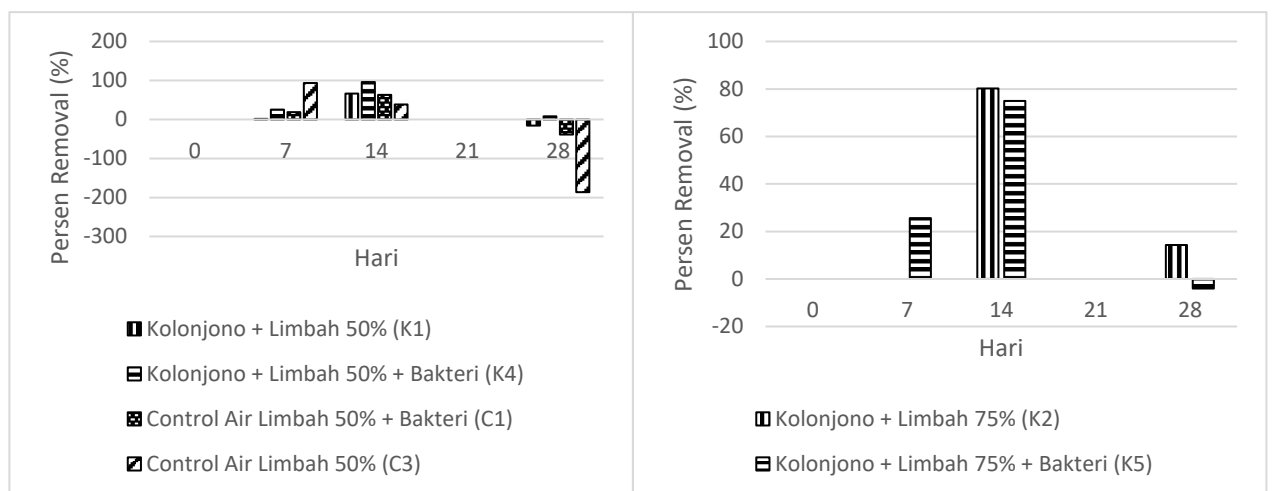
Angka *Removal* kandungan Pb bervariasi antara 12 – 99% tiap reaktor. Salah satunya adalah reaktor K3 (*Brachiaria mutica*) tanpa bakteri, di hari ke – 7 removal mencapai 32% kemudian pada hari ke – 14 naik hingga 98%. Waktu kontak merupakan faktor yang sangat penting untuk reaktor K1 – K6 dalam menurunkan kandungan Pb karena waktu kontak tanaman yang lebih lama membuat akar tanaman mampu menyerap kontaminan lebih efektif dengan membentuk suatu zat fitosiderofor dan menyebarkan kontaminan melalui jaringan pengangkut xilem dan floem (Hardiani, 2008). Selain itu, faktor lain yang mempengaruhi penurunan konsentrasi adalah bakteri, bakteri mampu mendegradasi kandungan logam dengan cara mengakumulasi logam berat di dalam dinding selnya. Tetapi faktor lain pun turut mempengaruhi kinerja bakteri dalam mengurai logam, seperti kondisi pH didalam air. Semakin netral kondisi pH maka bakteri akan mengurai lebih optimal (Khoiroh, 2014). Hal ini yang menjadi salah satu faktor reaktor yang terisi bakteri tidak memiliki nilai *removal* logam tidak jauh berbeda dengan tanpa bakteri seperti halnya pada reaktor K5 yang berisi bakteri, pada hari ke 14 removal menunjukkan lebih efektif karena nilai pH-nya berada pada range 7 – 8.

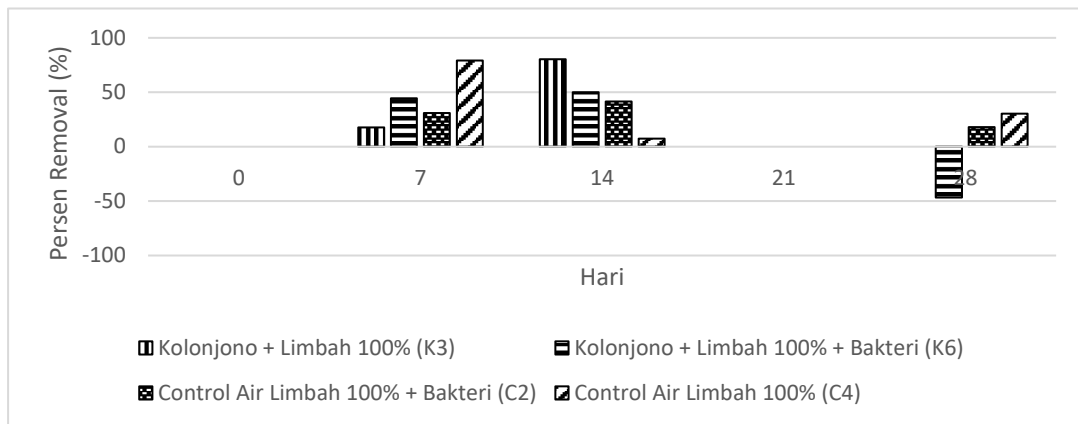
Kemudian di reaktor control penurunan kandungan Pb juga terjadi karena logam mengendap pada dasar reaktor (Sarjono, 2009 ; Evanko et al., 1997). Sehingga ketika pada saat proses pengambilan sampling terlalu dalam akan semakin meningkat kandungan Pbnya, seperti pada reaktor C4 dan C3.

Kandungan Logam Berat Cu (Tembaga)



Gambar 4 Grafik Kandungan Logam Cu



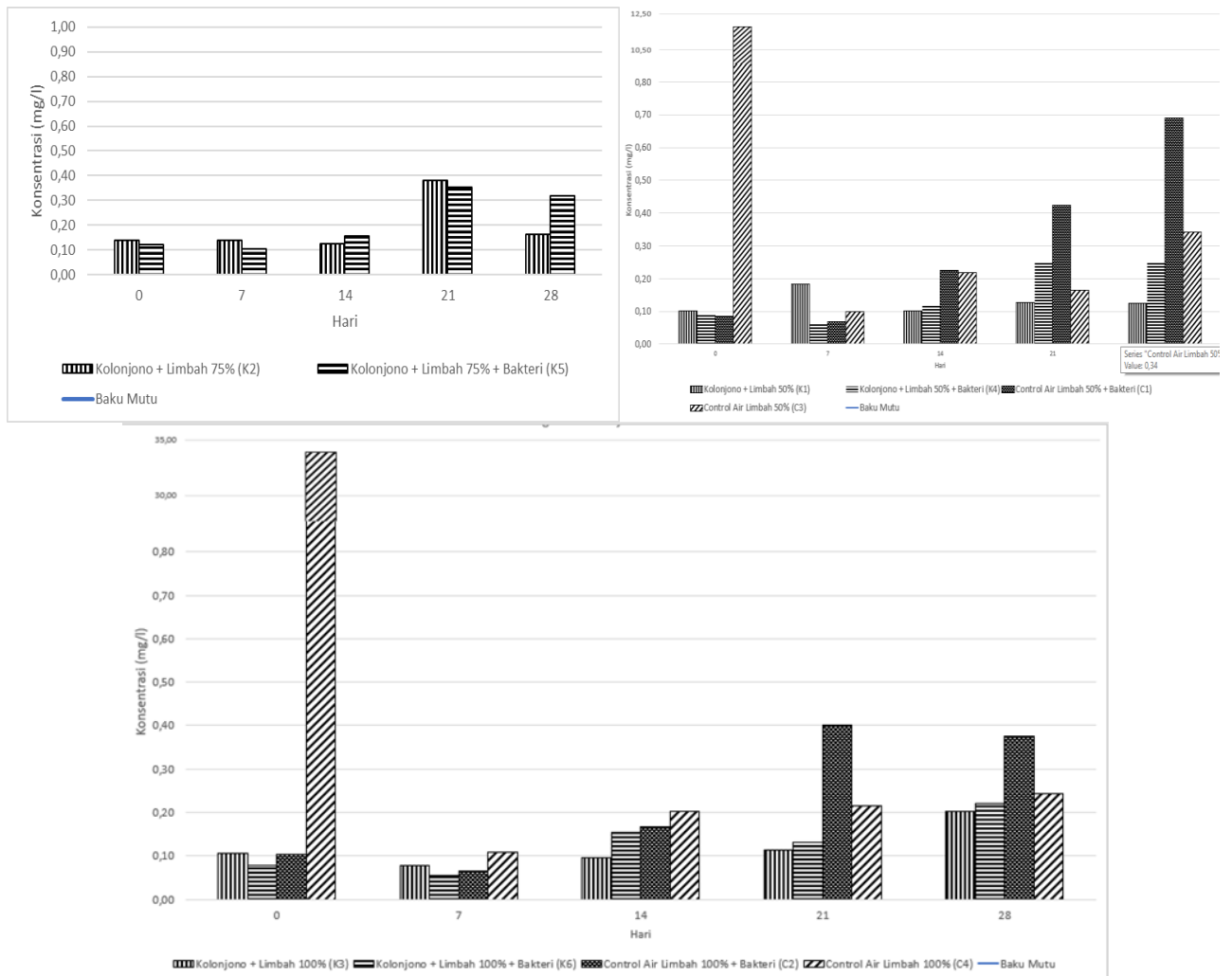


Gambar 5 Grafik *Removal* Logam Cu

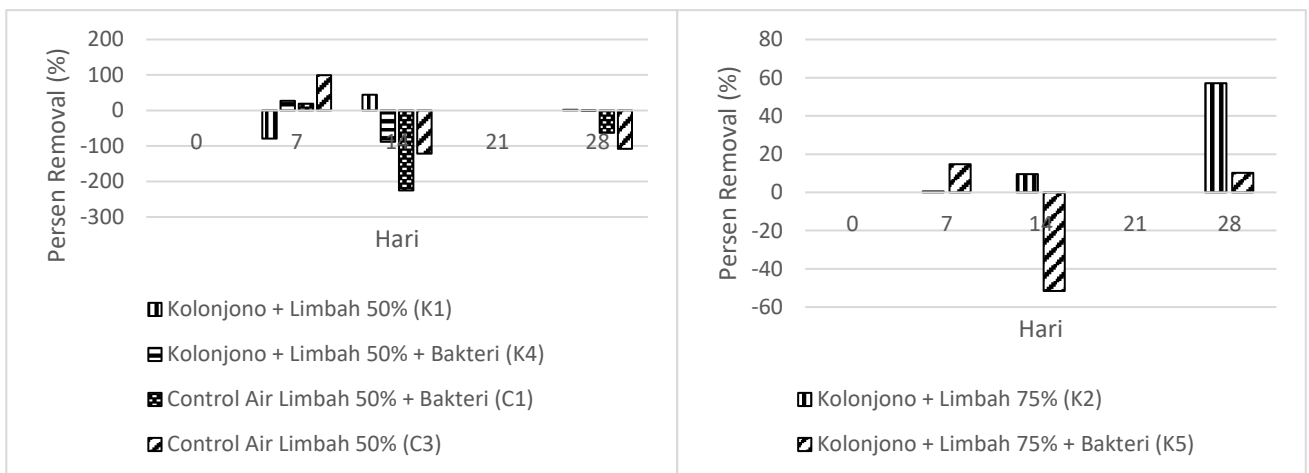
Seluruh kandungan Cu pada hari ke – 0 diseluruh reaktor dengan metode FTW termasuk reaktor control telah dibawah baku mutu Peraturan menurut Daerah DIY Nomor 7 Tahun 2016. Meskipun terdapat penambahan kandungan limbah pada hari ke – 16 tanaman kolonjono (*Brachiaria mutica*) kondisi limbah tetap dibawah baku mutu. Akan tetapi meskipun kandungan Cu telah dibawah baku mutu , tanaman (*Brachiaria mutica*) dengan kombinasi bakteri atau tanpa bakteri mampu menurunkan kandungan Cu. Adapun terdapat kenaikan kandungan Pb di beberapa reaktor (K5, K2, dan C3).

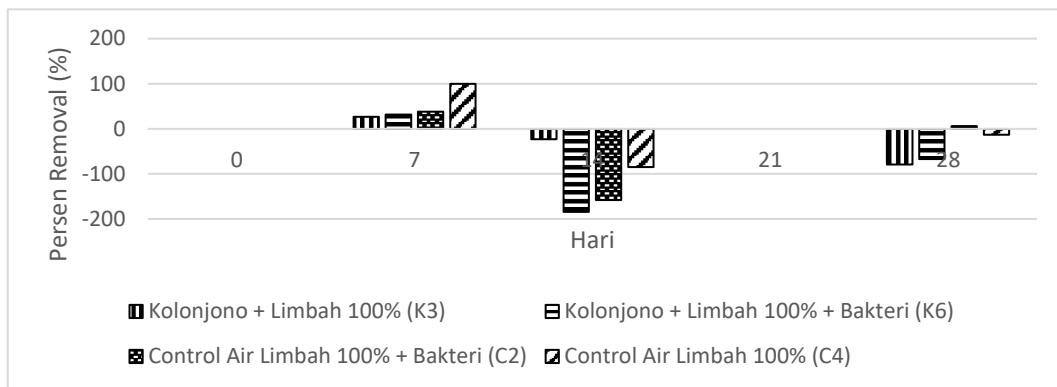
Angka *Removal* kandungan Cu bervariasi antara 1,72- 96% tiap reaktor. Salah satunya adalah reaktor K4 (*Brachiaria mutica*) dengan tambahan bakteri, di hari ke – 7 removal mencapai 25% kemudian pada hari ke – 14 naik hingga 96%. Penurunan kandungan Cu disebabkan karena faktor kontak antara limbah dengan tanaman yang diberi bakteri atau tanpa bakteri. Faktor yang mendukung hal ini adalah Tembaga (Cu) merupakan salah satu dari 13 nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman. Elemen ini dibutuhkan oleh tanaman untuk tumbuh, berkembang, reproduksi,dll. (ITRC,2009). Selain itu terdapat penurunan pada reaktor yang tidak ada pengolahan. Logam dapat mengendap secara alamiah dan diserap oleh organisme yang ada (Sarjono 2009).

Kandungan Logam Berat Fe (Besi)



Gambar 6 Grafik Kandungan Logam Fe



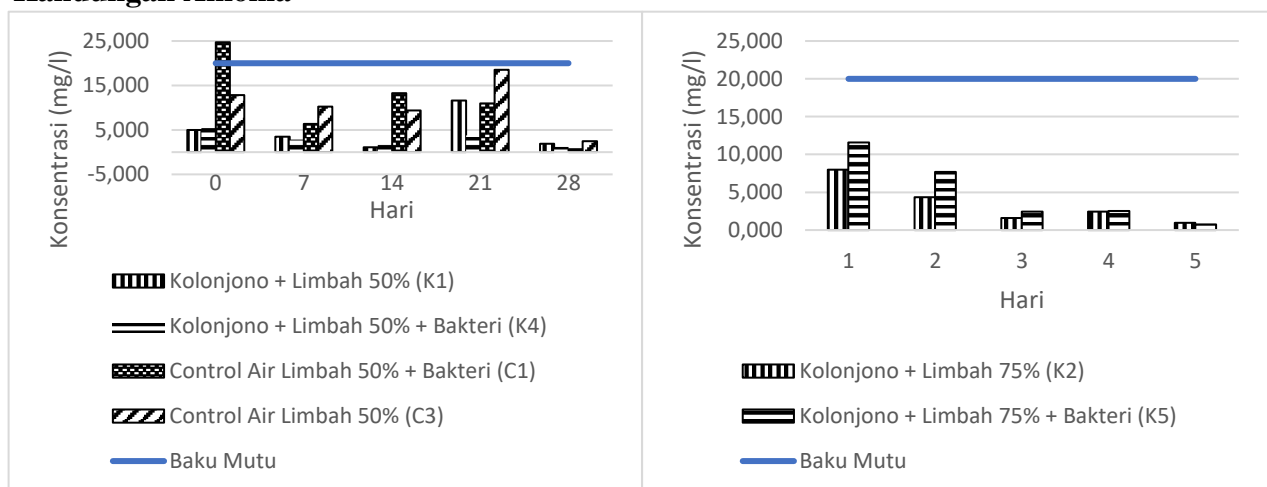


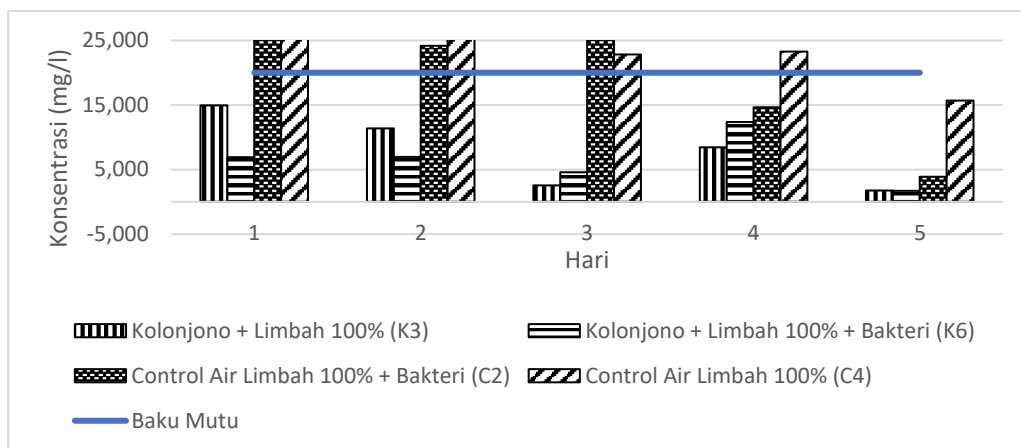
Gambar 7 Grafik *Removal* Logam Fe

Kandungan Fe pada reaktor khususnya pada reaktor control (C3 dan C4) melewati baku mutu pada hari 0 menurut Peraturan menurut Daerah DIY Nomor 7 Tahun 2016. Akan tetapi pada hari ke – 7 sudah dibawah baku mutu. Kandungan Fe di beberapa reaktor mengalami fluktuasi tiap hari pengujian, contohnya pada reaktor K1 pada hari ke 7 mengalami kenaikan Cu yang sebelumnya 0,1 mg/l menjadi 0,18 mg/l dan kemudian dia hari ke – 14 turun kembali menjadi 0,1mg/l.

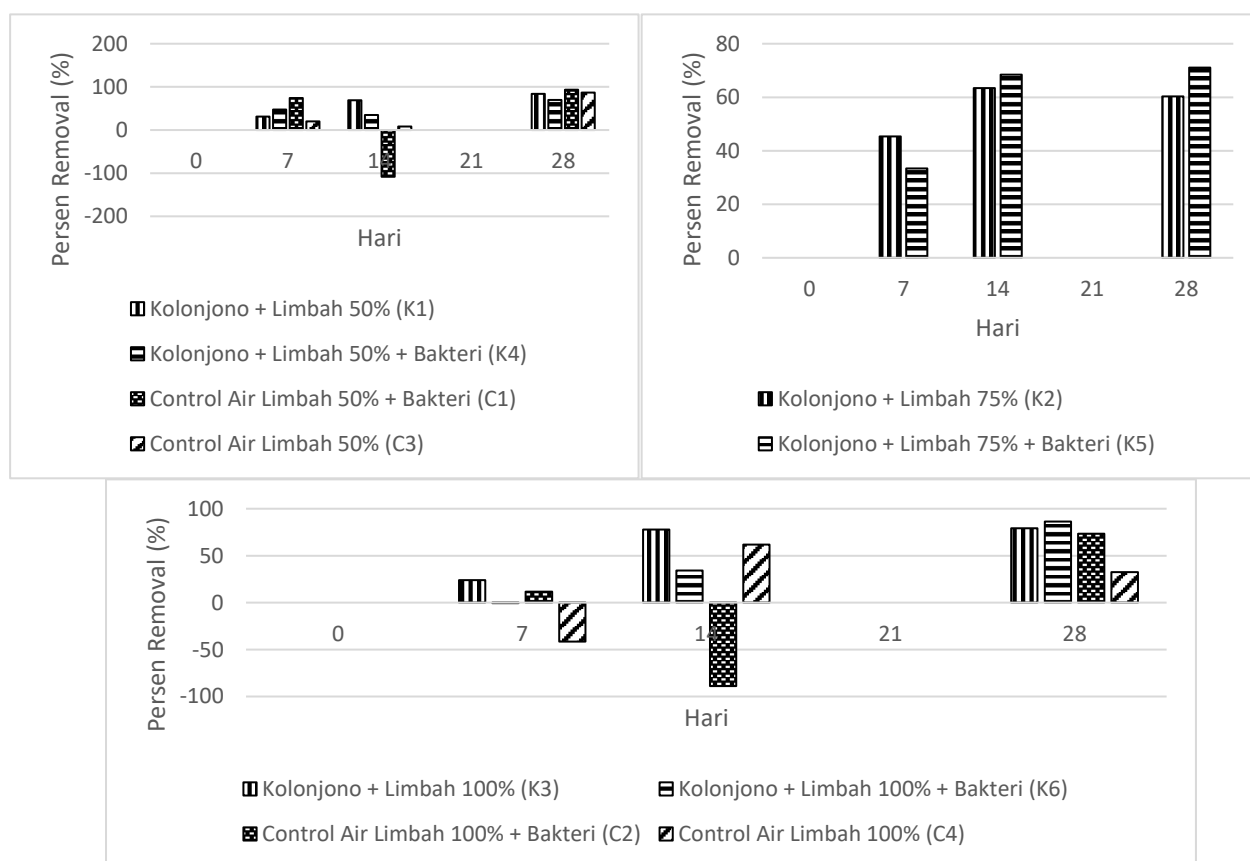
Angka *Removal* kandungan Fe bervariasi antara 0,44 – 9,61% pada reaktor yang terdapat pengolahan. Salah satunya reaktor K2, di hari 7 *removal* Fe mencapai 0,44% dan di hari ke 14 meningkat sedikit menjadi 9,61%. Sedangkan *removal* reaktor *control* mencapai angka 99%. Penurunan kandungan Fe di beberapa reaktor dikarenakan faktor kontak. Semakin lama kontak antara tanaman dengan bakteri atau tanpa bakteri akan mempengaruhi seberapa besar penurunan kandungan Besi (Fe) dalam reaktor. Akan tetapi pada grafik ,banyak terdapat Fluktuasi kandungan Fe dalam reaktor pada hari pengujian. Hal ini dikarenakan terdapat kesalahan pengujian saat di instrumen AAS sehingga sampel Fe yang diuji terkontaminasi.

Kandungan Amonia





Gambar 8 Grafik Kandungan Amonia



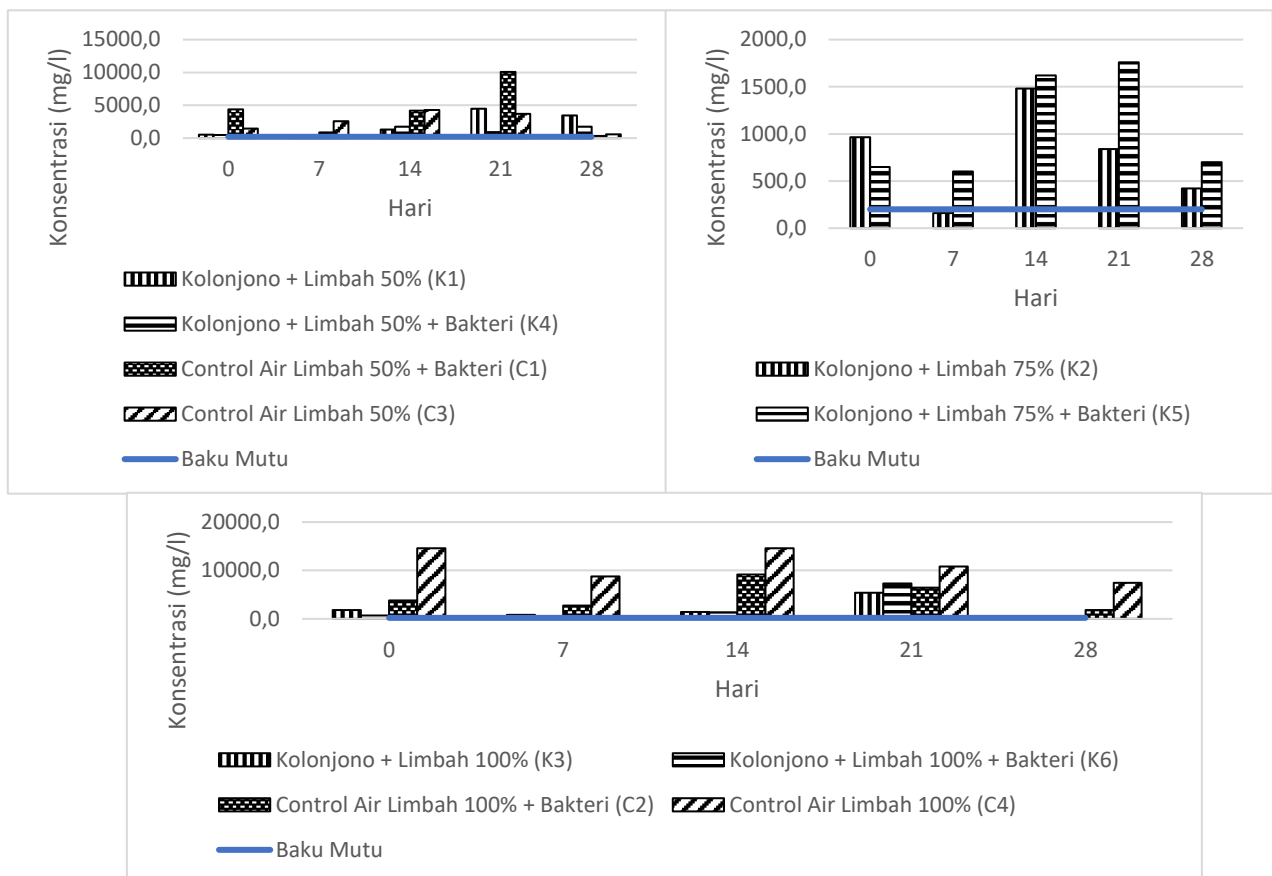
Gambar 9 Grafik *Removal* Amonia

Kandungan Amonia pada reaktor reaktor control melewati baku mutu pada hari 0 menurut Peraturan menurut Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 3 Tahun 2010 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Kawasan Industri dan hari 28 baru seluruh reaktor berada di bawah baku mutu. Berbeda pada reaktor yang terdapat tanaman *Brachiaria mutica* kombinasi bakteri atau tanpa bakteri, pada hari 0 sudah berada dibawah bakumutu dan menunjukkan tren penurunan tiap hari

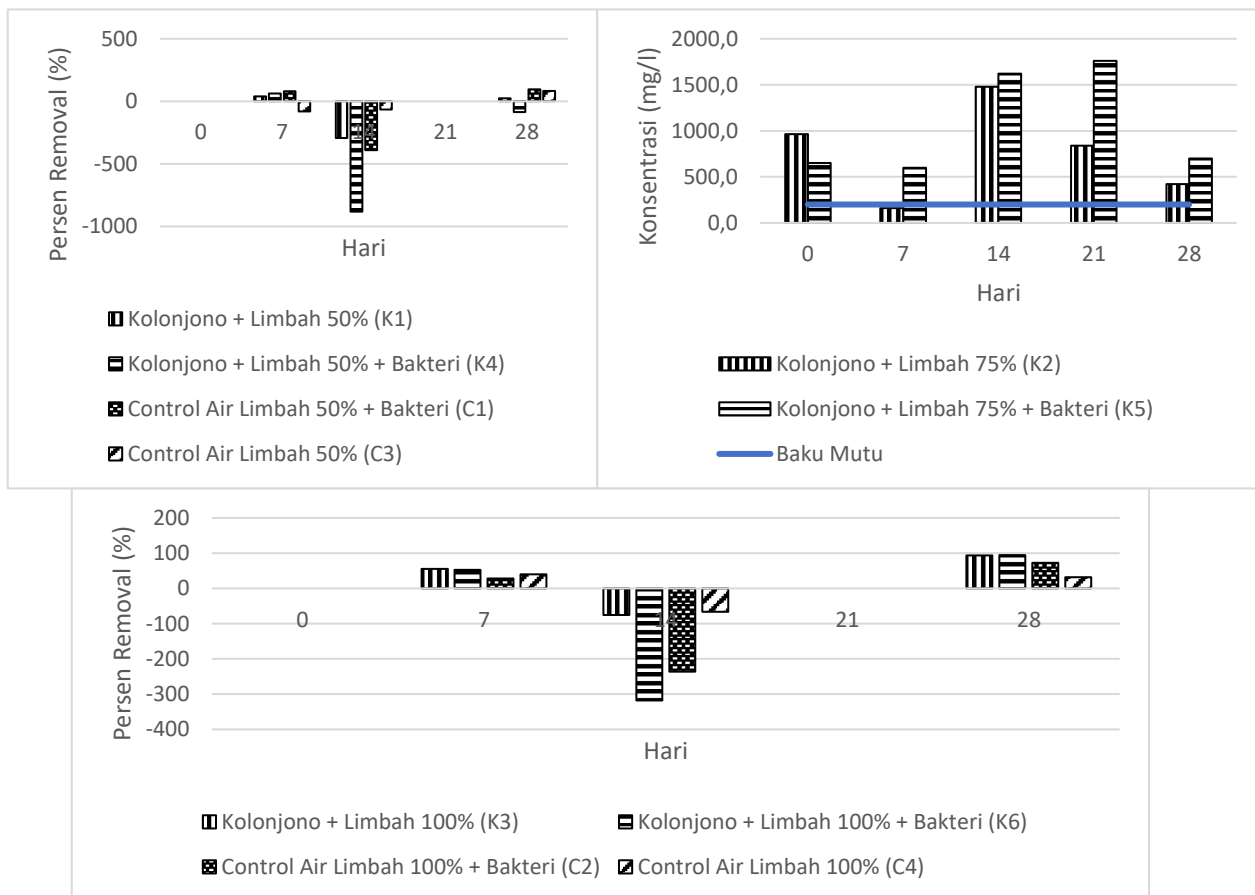
pengujian. Salah satunya reaktor K3, pada hari 0 kandungan amonia sebesar 14,9mg/l di hari ke 7 turun menjadi 11,3 mg/l dan hari ke – 14 menjadi 2,53mg/l. Adapun terdapat kenaikan kandungan amonia pada beberapa reaktor (K6,C1,dan C2)

Tren penurunan terjadi pada tiap reaktor karena faktor kontak antara limbah dengan tanaman yang diberi bakteri atau tanpa bakteri. Semakin lama dikontakkan akan semakin menurun kandungan amonia. Meskipun terjadi tren penurunan terdapat beberapa kenaikan konsentrasi amonia seperti pada reaktor C1 pada hari 14. Menurut Winara (2016) Naiknya kadar amonia pada beberapa bak yang berisi tanaman dan bakteri disebabkan oleh tidak terserapnya amoniak oleh tanaman dan ada tanaman yang mati dan membusuk. Matinya tanaman mengakibatkan amoknifikasi, yang pada akhirnya bahan organik yang berada pada limbah akan terurai dengan bantuan mikroba menjadi sumber amonia baru. Sedangkan pada bak control, konsentrasi amonia bisa bertambah karena box control pada minggu 1 – 2 tidak dibuka sehingga tidak ada proses penguapan amonia. Ketika box control dibuka konsentrasi amonia mulai menurun karena menguap dan didukung konsentrassi amonia itu sendiri, pH,temperature, dan kecepatan angin.

Kandungan TSS



Gambar 10 Grafik Kandungan TSS



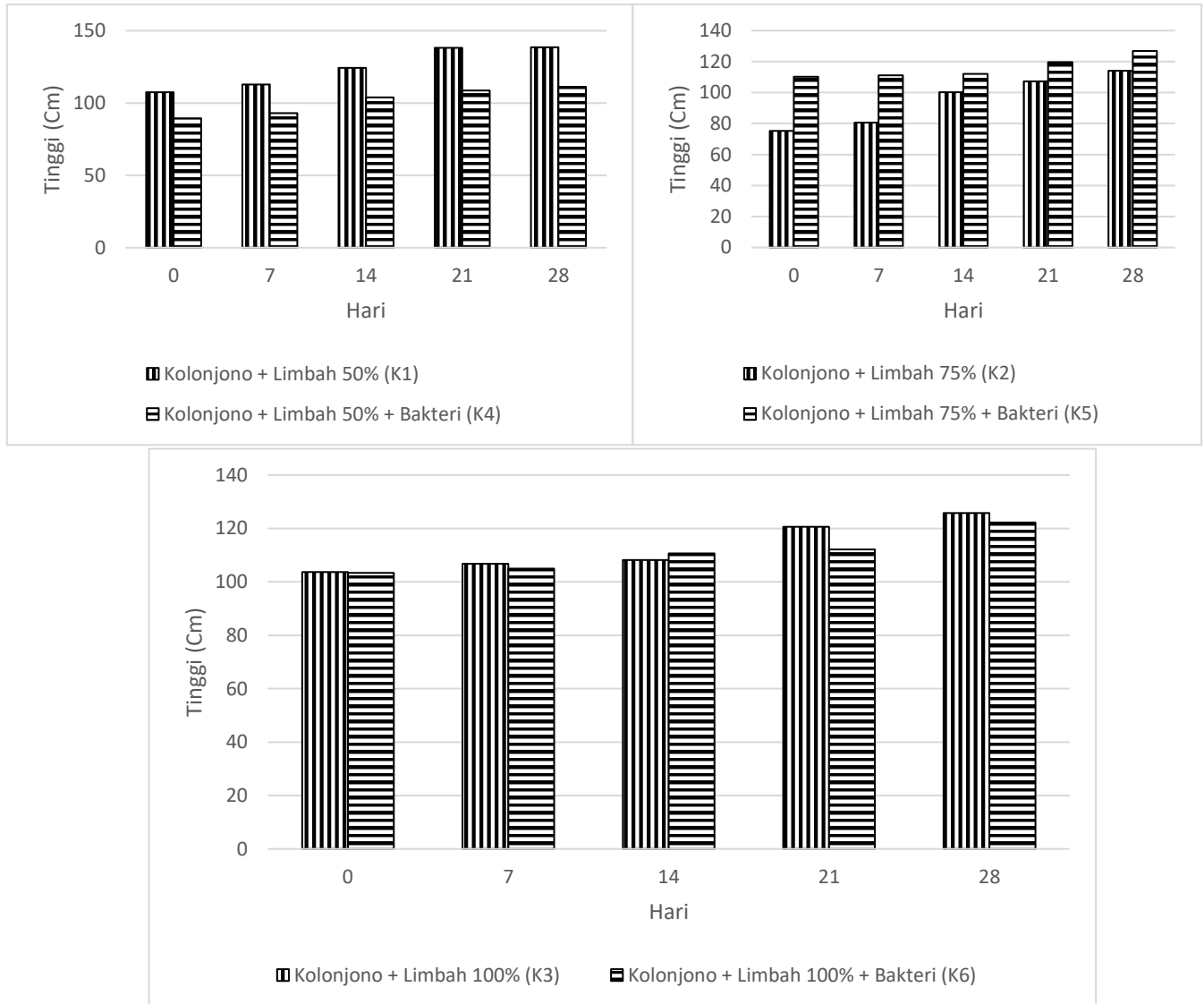
Gambar 11 Grafik *Removal* TSS

Kandungan TSS pada seluruh reaktor belum ada yang berada di bawah baku mutu hingga hari ke – 28 menurut Peraturan menurut Daerah DIY Nomor 7 Tahun 2016. Tren penurunan kandungan TSS terjadi pada hari ke – 7 salah satunya pada reaktor K3, pada hari ke 0 kandungan TSS sebesar 1806mg/l dan di hari ke 7 turun menjadi 800 mg/l. Di hari ke – 14 kandungan TSS di seluruh reaktor bertambah dilihat pada gambar 10. Hari ke – 16 terjadi penambahan limbah karena kondisi air limbah yang hampir habis karena terserap oleh tanaman, menyebabkan kandungan TSS yang belum turun mencapai baku mutu pada hari ke – 14 kembali naik di hari ke 21.

Penurunan Kadar TSS karena terjadi pengendapan di reaktor atau jika massanya ringan akan menempel pada akar (Fachrurozi dkk,2010). Menurut Ahmadlia (2012) indikasi akar bekerja dalam mengurangi TSS atau tidak terlihat pada bagian akar. Bakteri yang berada pada *rhizosfer* akan membentuk lendir dan akan menangkap partikel-partikel yang ada di reaktor. Sedangkan faktor yang mempengaruhi fluktuasi kadar TSS adalah karena terjadi pengadukan secara tidak langsung, dimana ketika proses pengambilan sampel terdapat sedimen yang tadinya sudah mengendap ikut terambil pada air sampel. Seperti pada reaktor K1 hari 14. Sedangkan faktor yang mempengaruhi fluktuasi

kadar TSS adalah karena terjadi pengadukan secara tidak langsung, dimana ketika proses pengambilan sampel terdapat sedimen yang tadinya sudah mengendap ikut terambil pada air sampel.

Pertumbuhan Tanaman Kolonjono (*Brachiaria mutica*)



Gambar 12 Grafik Tinggi *Brachiaria Mutica*

Tinggi Tanaman merupakan salah satu parameter pertumbuhan tanaman. Tanaman setiap waktu terus tumbuh yang menunjukkan bahwa terjadi pembelahan sel dan pembesaran sel. Pertumbuhan tanaman Kolonjono (*Brachiaria mutica*) tidak terhenti meskipun konsentrasi limbah yang diberikan 100% tanpa pencampuran apa pun. Meskipun terdapat perbedaan pertumbuhan tinggi tiap tanaman, hal ini disebabkan kemampuan tiap tanaman dalam menyerap nutrisi tidak lah sama.

Limbah bukan merupakan kondisi yang ideal untuk pertumbuhan, masih ada zat yang bisa diserap oleh tanaman seperti N,P,K,Ca,Mg,S,Fe,Cl,Zn,Mn,Cu,B,dan Mo sebagai nutrisi untuk tumbuh berkembang (ITRC,2009). Setelah proses treatment berjalan terdapat beberapa daun menjadi

kering dan berubah warna menjadi kuning dan kemudian coklat. Hal ini merupakan gejala-gejala bahwa tanaman mulai keracunan logam atau disebut klorosis (kehilangan klorofil ditandai dengan menguningnya daun) dan nekrosis (gejala kematian sel tanaman dengan daun yang menggulung dan keriput) (Yruela,2005). Meskipun terdapat gejala-gejala keracunan logam pada bagian akar banyak muncul akar-akar baru yang menandakan tanaman masih berusaha untuk hidup.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa tanaman Kolonjono (*Brachiaria mutica*) dengan bakteri atau tanpa bakteri hasil ekstraksi dari tanah Balai Yasa yang tercemar limbah dengan menggunakan metode *floating treatment wetland* mampu secara efektif mengurangi kadar logam khususnya Pb dan Cu serta Amonia. Tetapi tanaman ini kurang efektif dalam mengurangi parameter Fe dan TSS.

- Removal Pb : 70% - 100%
- Removal Cu : 59% - 97%
- Removal Amonia : 26% - 93%
- Removal Fe : Mengalami kenaikan dan penurunan.
- Removal TSS : Mengalami kenaikan dan penurunan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmadlia, Driyana Rike. 2012. **Pengaruh Luas Penutupan Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.) Terhadap Kualitas Kimia Dan Fisik Pada Berbagai Konsentrasi Limbah Cair Tahu.** Malang: Jurusan Biologi, Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim
- Badan Pusat Statistik. 2016. **Direktori Industri Pengolahan Besar dan Sedang Daerah Istimewa Yogyakarta 2016**
- Evanko, C.R. dan Dzomback, 1997. **Remediation of Metals-Contaminated Soil and Groundwater, Ground- water Remediation Technologies Analysis Center. Departmen of Civil and Environmental Engineering.** Carnegie Mellon University, Pittsburg.
- Fachrurozi, M., Utami, L.B., dan Suryani, D. 2010. **Pengaruh Variasi Biomassa *Pistia stratiotes* L. Terhadap Penurunan Kadar BOD, COD, dan TSS Limbah Cair Tahu di Dusun Klero Sleman Yogyakarta.** *Kemas*, 4(1), 12-13

- Hardiani, H. 2008. **Pemulihan Lahan Terkontaminasi Limbah B3 dari Proses Deinking Industri Kertas Secara Fitoremediasi**. Jurnal Riset Industri vol.2(2): 64-75.
- ITRC.2009. **Phytotechnology Technical and Regulatory Guidance and Decision Trees, Revised**. The Interstate Technology & Regulatory Council; Phytotechnologies Team.
- Khoiroh, Z. 2014. **Bioremediasi Logam Berat Pb dalam Lumpur Lapindo menggunakan Campuran Bakteri (Pseudomonas pseudomallei dan Pseudomonas aeruginosa)**. *Jurnal Biologi UIN Malang*, 1(50):1-10
- Melati, F.A. Mokgalaka, N.S., McCrindle, R.L,2016. **Adaptation and detoxification mechanism of vetiver grass (Chrysopsis zizanioides) Growing on gold mine tailings**. *Int.J Phytorem* 18, 509-520
- Sarjono, A. 2009. **Analisis Kandungan Logam Berat Cd, Pb dan Hg pada Air dan Sedimen di Perairan Kamal Muara**. Skripsi.Institut Pertanian Bo-gor. Bogor
- Tempo.2012. **Balai Yasa Bakal Jadi Bengkel Lokomotif Terbesar**. Diakses Tanggal 12 Maret 2018. <https://nasional.tempo.co/read/400682/balai-yasa-bakal-jadi-bengkel-lokomotif-terbesar>
- Truong.P.N 1999. **Vetiver Grass Technology for Mine Rehabilitation**. Tech. Bull. No.1999/2, PRVN/ORDPB, Bangkok, Thailand
- Winara, Iqbal. 2016. **Pemanfaatan Kangkung Air (Ipomoea Aquatica Forsk) Untuk Menurunkan Konsentrasi Amonia, Nitrit dan Nitrat Pada Limbah Cair Industri Tahu**. Jurnal FMIPA UNS
- Yruela, I. 2005. **Cooper in Plannts**. *Braz. J. Hydrol.* 145-156 hal.