

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA

4.1 Pengaruh Tanaman Terhadap Reduksi Pencemar

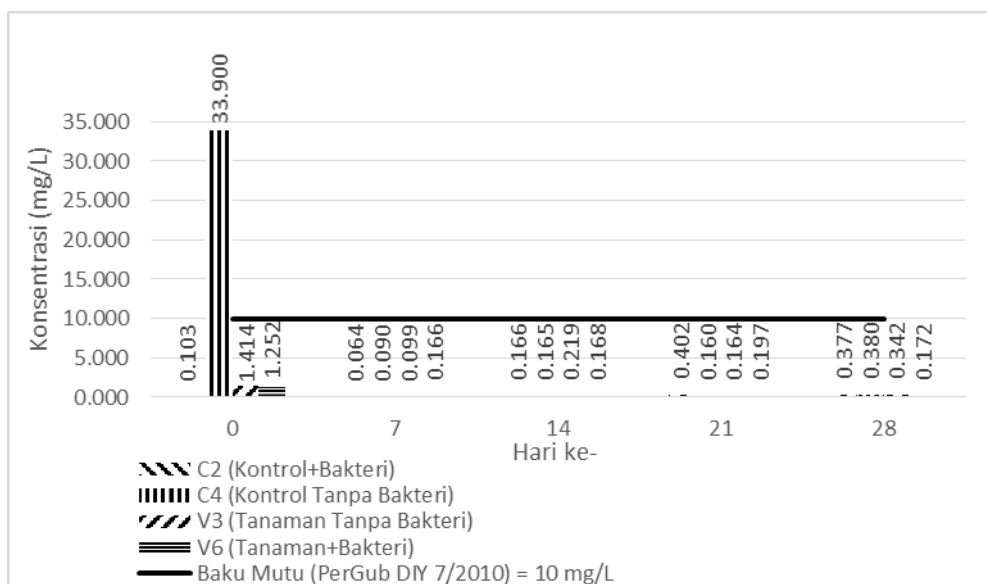
4.1.1 Pengaruh Tanaman Terhadap Reduksi Logam

A. Besi (Fe)

• Air Limbah Konsentrasi 100%

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.

Data hasil pengujian kadar Besi (Fe) pada air limbah konsentrasi 100% setelah pengolahan selama 28 hari dapat dilihat pada gambar 4.1 berikut.

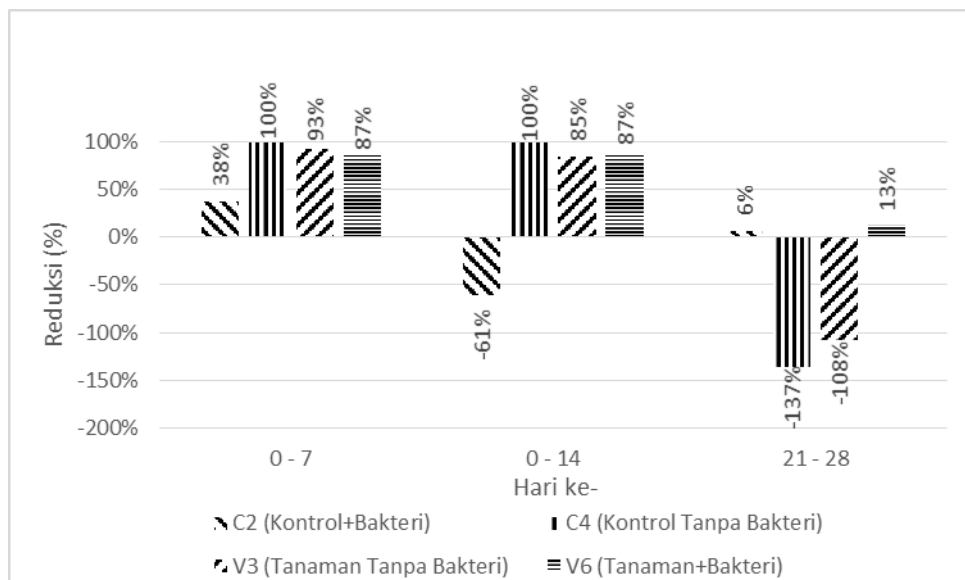


Gambar 4. 1 Hasil Pengujian Kadar Besi (Fe) dengan Konsentrasi Air Limbah 100% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Penurunan kadar Besi (Fe) pada air limbah dengan konsentrasi 100% setelah menjalani proses pengolahan menggunakan *Floating Treatment Wetland* dengan tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) selama 28 hari. Kadar Besi (Fe) pada bak kontrol C4 hari ke- 0 sebesar 33,9 mg/L dan bak V3 sebesar 1,414 mg/L. Pada hari ke 14 konsentrasi pada bak C4 dan V3 menurun dengan kadar Besi (Fe) masing-masing 0,165 mg/L dan 0,219 mg/L. selanjutnya di hari ke- 28 konsentrasi

pada bak C4 dan V3 mengalami sedikit kenaikan dengan kadar Besi (Fe) masing-masing 0,380 mg/L dan 0,342 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 penurunan kadar Besi (Fe) pada air limbah konsentrasi 100% dapat dilihat pada gambar 4.2 berikut.



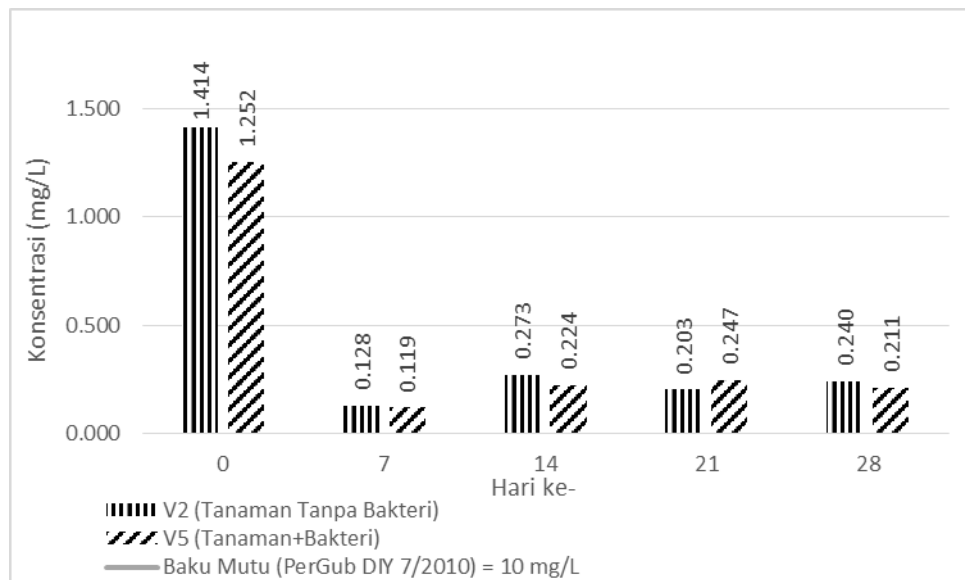
Gambar 4. 2 Persentase Reduksi Kadar Besi (Fe) dengan Konsentrasi Air Limbah 100% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Persentase penurunan besi (Fe) pada bak C4 danV3 hingga hari ke- 14 terpantau sangat tinggi hingga mencapai 100% pada bak C4 dan 85% untuk bak V3.

- **Air Limbah Konsentrasi 75%**

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.

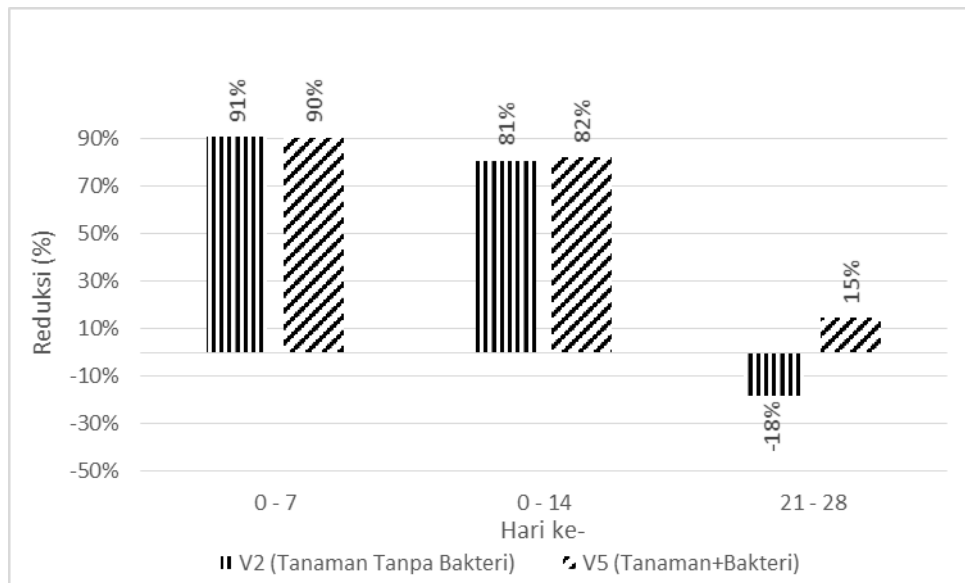
Data hasil pengujian kadar Besi (Fe) pada air limbah konsentrasi 75% setelah pengolahan selama 28 hari dapat dilihat pada gambar 4.3 berikut.



Gambar 4. 3 Hasil Pengujian Kadar Besi (Fe) dengan Konsentrasi Air Limbah 75% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Terdapat penurunan kadar Besi (Fe) pada air limbah dengan konsentrasi 75% setelah menjalani proses pengolahan menggunakan *Floating Treatment Wetland* dengan tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) selama 28 hari. Diketahui kadar Besi (Fe) pada bak V2 hari ke- 0 sebesar 1,414 mg/L dan pada hari ke- 14 dan 28 dengan masing- masing sebesar 0,273 mg/L dan 0,240 mg/L yang mana sudah berada jauh 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). Pada 7 hari pertama penurunan kadar Besi (Fe) sangat tinggi, namun setelahnya cenderung sedikit berfluktuasi.

Untuk lebih jelasnya penurunan kadar Besi (Fe) pada air limbah konsentrasi 75% dapat dilihat pada gambar 4.4 berikut.



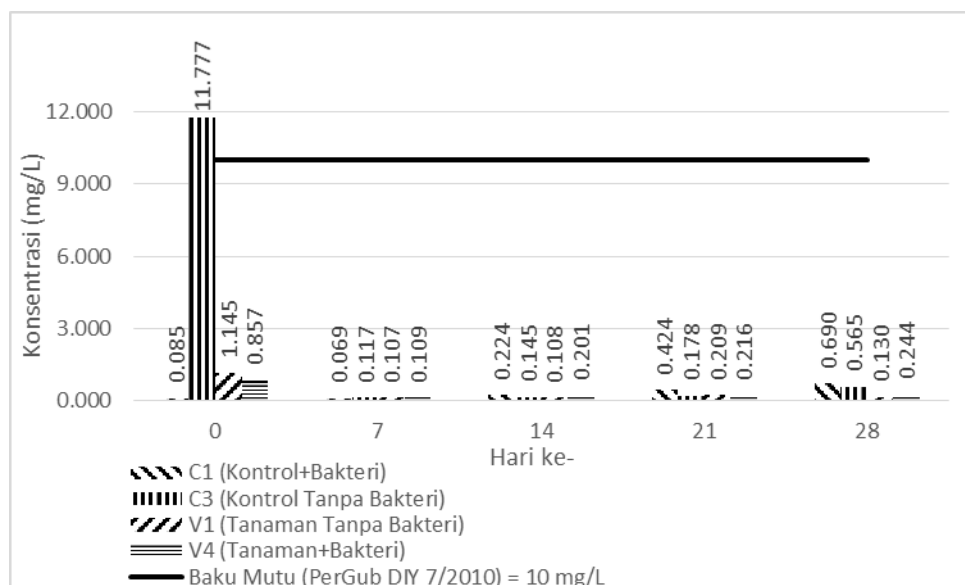
Gambar 4. 4 Persentase Reduksi Kadar Besi (Fe) dengan Konsentrasi Air Limbah 75% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Persentase reduksi besi (Fe) pada bak V2 hari ke- 7 terpantau sangat tinggi mencapai 91% dan pada hari ke- 14 mengalami sedikit penurunan di angka 81%.

- **Air Limbah Konsentrasi 50%**

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.

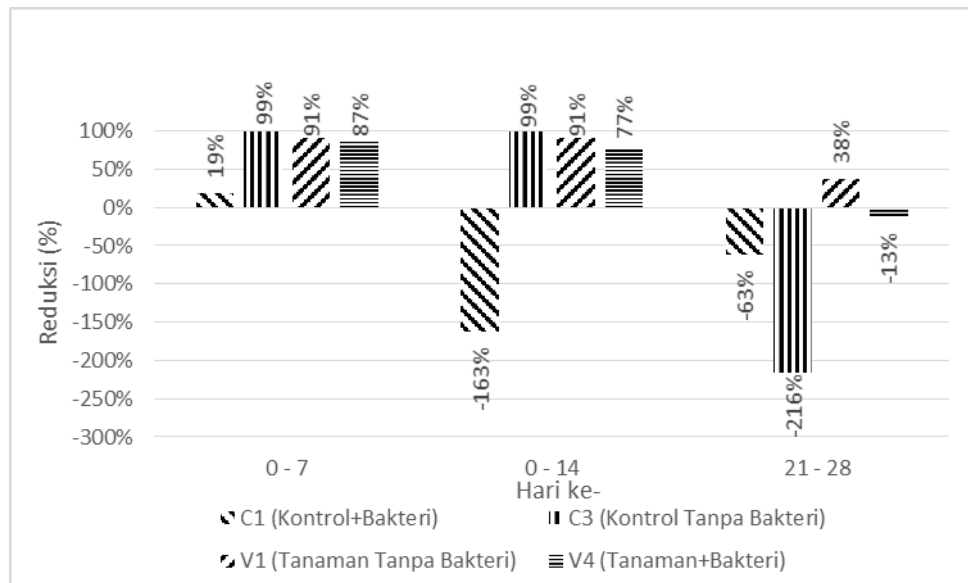
Data hasil pengujian kadar Besi (Fe) pada air limbah konsentrasi 50% setelah pengolahan selama 28 hari dapat dilihat pada gambar 4.5 berikut.



Gambar 4.5 Hasil Pengujian Kadar Besi (Fe) dengan Konsentrasi Air Limbah 50% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Terdapat penurunan kadar Besi (Fe) pada air limbah dengan konsentrasi 50% setelah menjalani proses pengolahan menggunakan *Floating Treatment Wetland* dengan tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) selama 28 hari. Kadar Besi (Fe) pada bak kontrol C3 dan V1 hari ke- 0 masing-masing sebesar 11,777 mg/L dan 1,145 mg/L yang mana untuk bak kontrol C3 masih berada diatas 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) dan setelah melewati pengolahan menggunakan *Floating Treatment Wetland* kadar Besi (Fe) pada bak mengalami penurunan pada hari ke- 14 yang mencapai 0,145 mg/L pada bak C3 dan 0,108 mg/L pada bak V1 walaupun ditemukan sedikit kenaikan kadar Besi (Fe) pada hari ke-28 dengan kadar Besi (Fe) masing-masing sebesar 0,565 mg/L dan 0,130 mg/L.

Untuk lebih jelasnya penurunan kadar Besi (Fe) pada air limbah konsentrasi 50% dapat dilihat pada gambar 4.6 berikut.



Gambar 4. 6 Persentase Reduksi Kadar Besi (Fe) dengan Konsentrasi Air Limbah 50% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Persentase reduksi besi (Fe) hingga hari ke- 14 sangat tinggi mencapai 99% untuk bak C3, dan 91% untuk bak V1. Berdasarkan keseluruhan data kadar Besi (Fe) 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; Szôllôsi et al. 2011). 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)

Dari penelitian sejenis yang dilakukan oleh Sharifah et al. (2016), persentase reduksi Besi menunjukkan hasil tertinggi dibandingkan dengan logam lain sebesar 96% selama 7 hari. Selama 7 hari, serapan logam berat berbeda-beda dikarenakan kemampuan toleransi tanaman terhadap konsentrasi logam berat yang tinggi. Menurut Roongtanakiat et al. (2001) dan Darajch et al. (2014), hal ini dikarenakan pertumbuhan tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) memerlukan serapan yang lebih dari Besi (Fe) dan makronutrien lainnya seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan potassium (K) oleh akar dan juga reaksi fotosintesis.

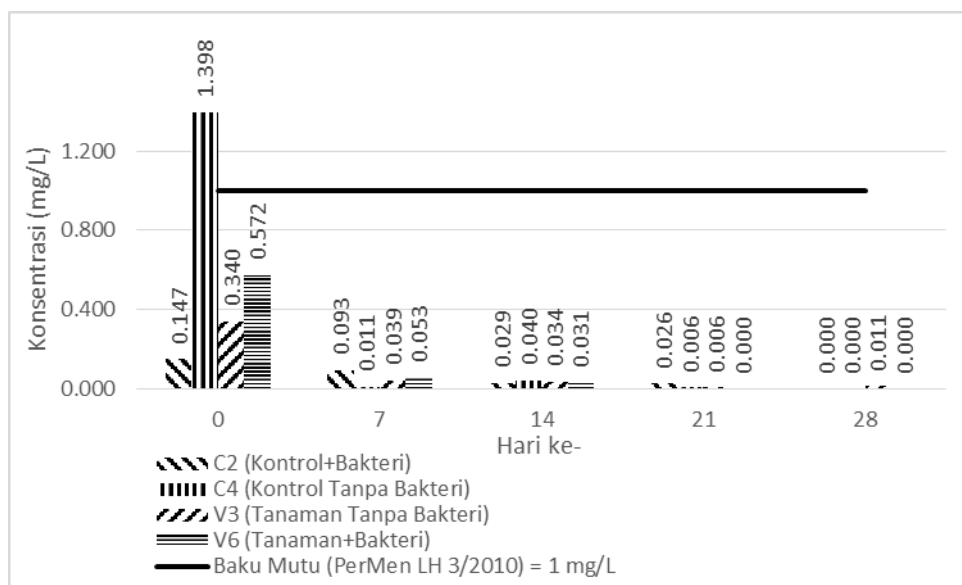
Berdasarkan data diatas, dapat kita lihat bak yang telah mengalami pengolahan menggunakan tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) mampu mengurangi kadar Besi (Fe) dengan baik begitu pula dengan bak kontrol tanpa pengolahan dengan tanaman. Grafik juga menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar Besi (Fe) pada air, akan semakin tinggi pula efisiensi reduksi kadar Besi (Fe) pada air limbah. Hal tersebut menunjukkan pengaruh tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) yang tinggi dalam mereduksi kadar Besi (Fe) pada air limbah Balai Yasa Yogyakarta.

B. Timbal (Pb)

• Air Limbah Konsentrasi 100%

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.

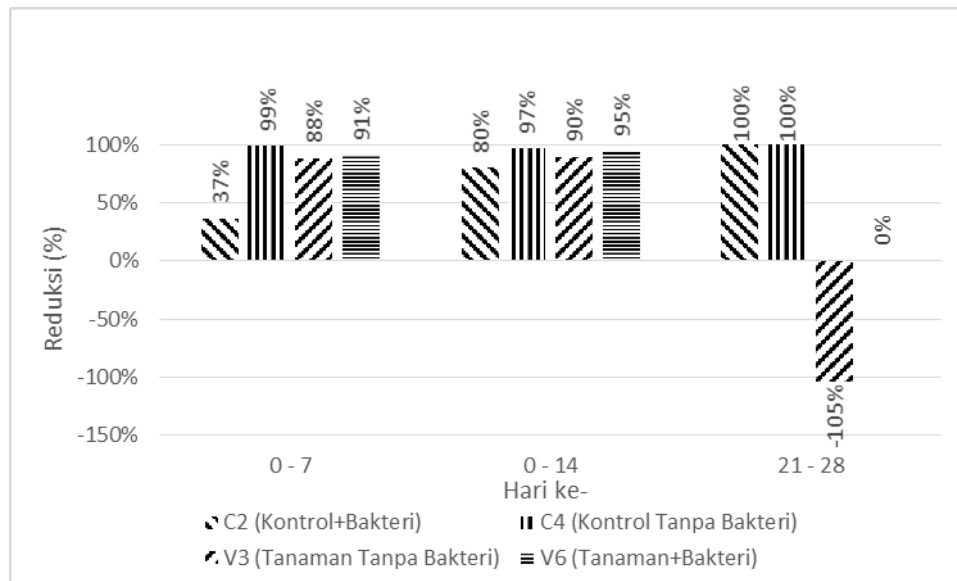
Data hasil pengujian kadar Timbal (Pb) pada air limbah konsentrasi 100% setelah pengolahan selama 28 hari dapat dilihat pada gambar 4.7 berikut.



Gambar 4. 7 Hasil Pengujian Kadar Timbal (Pb) dengan Konsentrasi Air Limbah 100% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Terdapat penurunan kadar Timbal (Pb) pada air limbah dengan konsentrasi 100% setelah menjalani proses pengolahan menggunakan *Floating Treatment Wetland* dengan tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) selama 28 hari. Pada hari ke- 0 kadar Timbal (Pb) pada bak kontrol C4 sebesar 1,398 mg/L dan bak V3 sebesar 0,340 mg/L, selanjutnya mengalami penurunan pada hari ke- 14 dengan konsentrasi masing-masing sebesar 0,040 mg/L dan 0,034 mg/L dan berlanjut hingga hari ke- 28 dimana konsentrasi Timbal (Pb) menurun hingga 0 mg/L pada bak C4 dan 0,011 mg/L pada bak V3. Kadar Timbal pada hari ke- 28 sudah 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 penurunan kadar Timbal (Pb) pada air limbah konsentrasi 100% dapat dilihat pada gambar 4.8 berikut.



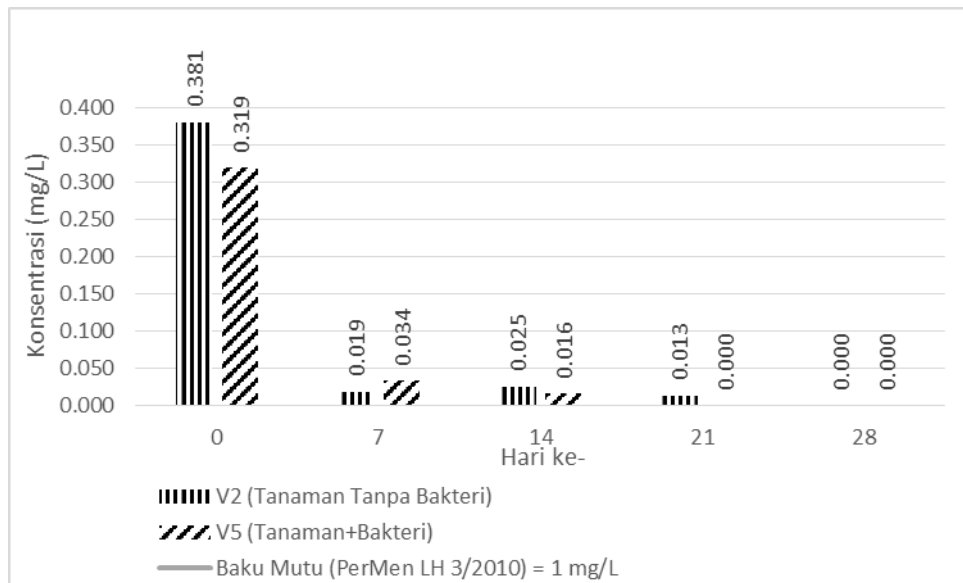
Gambar 4. 8 Persentase Reduksi Kadar Timbal (Pb) dengan Konsentrasi Air Limbah 100% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Persentase reduksi Timbal (Pb) pada bak C4 dan V3 terpantau cukup stabil dan cenderung sama hingga hari ke-14. Pada hari ke- 28, persentasenya meningkat kecuali pada bak V3.

• **Air Limbah Konsentrasi 75%**

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.

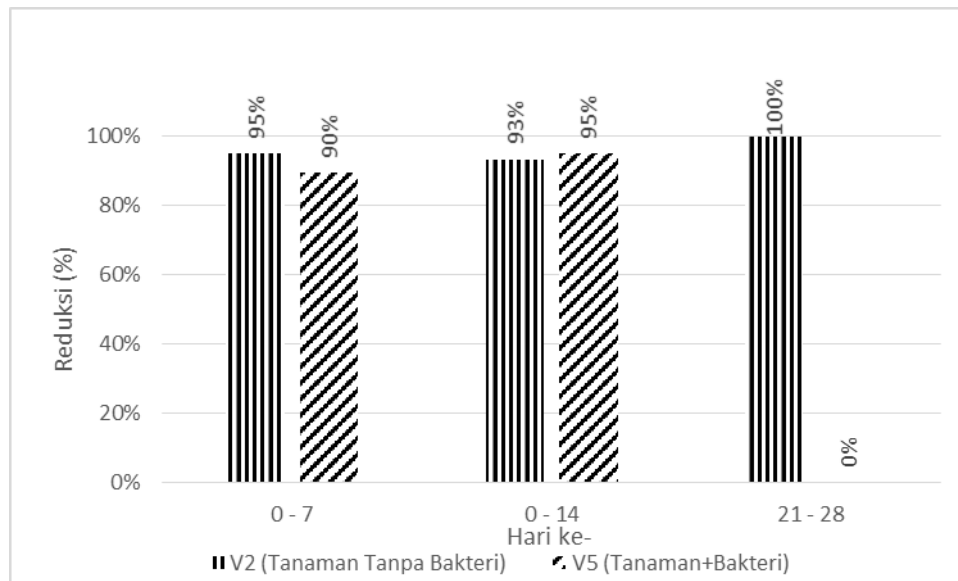
Data hasil pengujian kadar Timbal (Pb) pada air limbah konsentrasi 75% setelah pengolahan selama 28 hari dapat dilihat pada gambar **4.9** berikut.



Gambar 4. 9 Hasil Pengujian Kadar Timbal (Pb) dengan Konsentrasi Air Limbah 75% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Terdapat penurunan kadar Timbal (Pb) pada air limbah dengan konsentrasi 75% setelah menjalani proses pengolahan menggunakan *Floating Treatment Wetland* dengan tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) selama 28 hari. Kadar Timbal (Pb) hari ke- 0 pada bak V2 sebesar 0,381 mg/L 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 dan setelah melewati pengolahan menggunakan *Floating Treatment Wetland* kadar Timbal (Pb) pada bak V2 mengalami penurunan yang pada hari ke- 14 sebesar 0,025 mg/L dan hari ke- 28 menjadi 0 mg/L.

Untuk lebih jelasnya penurunan kadar Timbal (Pb) pada air limbah konsentrasi 75% dapat dilihat pada gambar **4.10** berikut.



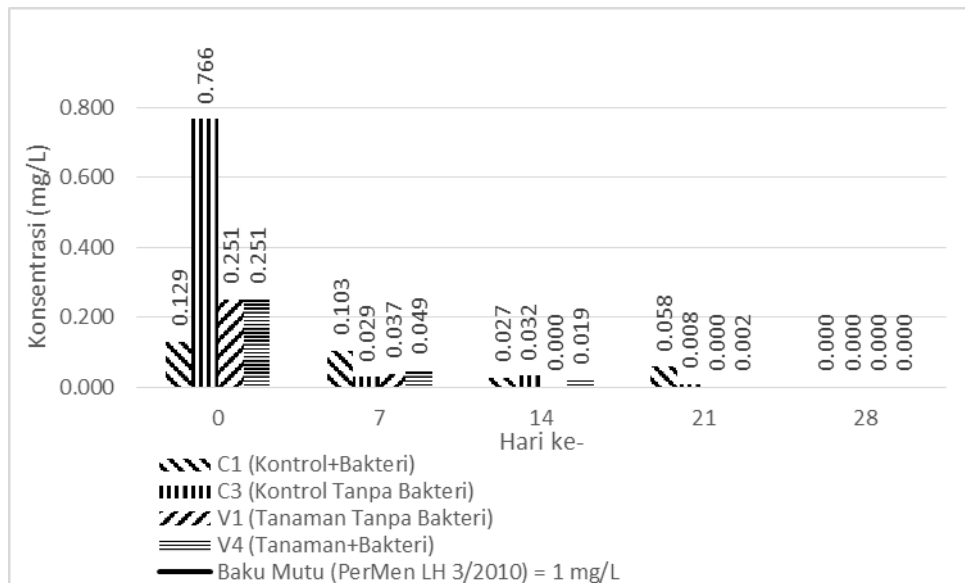
Gambar 4. 10 Persentase Reduksi Kadar Timbal (Pb) dengan Konsentrasi Air Limbah 75% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Persentase reduksi Timbal (Pb) pada bak V2 terpantau cukup stabil dan cenderung sangat tinggi hingga hari ke-28. Pada hari ke- 14 persentase reduksi mencapai 93% dan hari ke- 28 hingga 100%. Hal ini senada dengan grafik hasil pengujian kadar Timbal (Pb) yang cenderung menurun.

• **Air Limbah Konsentrasi 50%**

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.

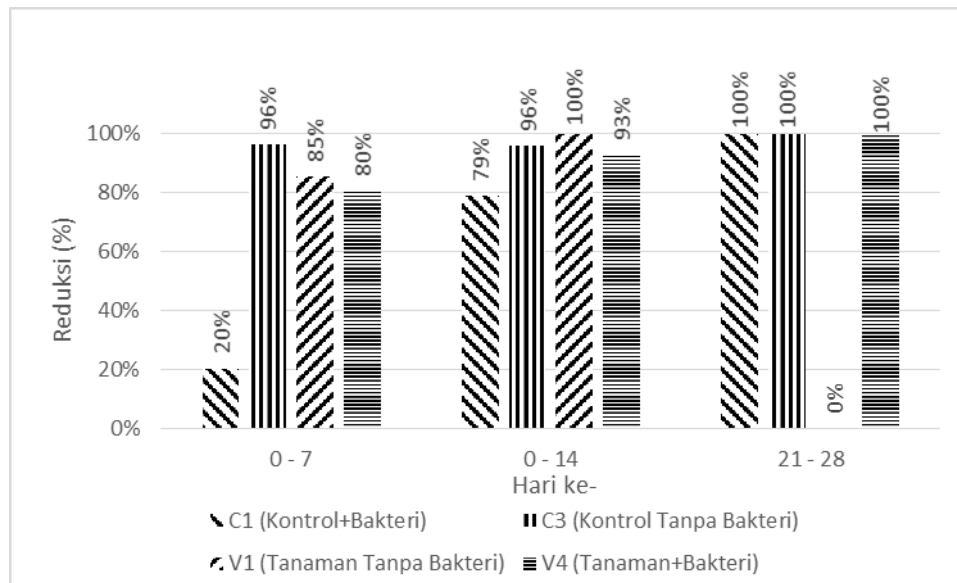
Data hasil pengujian kadar Timbal (Pb) pada air limbah konsentrasi 50% setelah pengolahan selama 28 hari dapat dilihat pada gambar **4.11** berikut.



Gambar 4. 11 Hasil Pengujian Kadar Timbal (Pb) dengan Konsentrasi Air Limbah 50% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Terdapat penurunan kadar Timbal (Pb) pada air limbah dengan konsentrasi 50% setelah menjalani proses pengolahan menggunakan *Floating Treatment Wetland* dengan tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) selama 28 hari. Kadar Timbal (Pb) hari ke- 0 pada bak kontrol C3 sebesar 0,766 mg/L serta bak V1 sebesar 0,251 mg/L sudah berada dibawah baku mutu yang telah ditetapkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 3 Tahun 2010 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Kawasan Industri dan setelah melewati pengolahan menggunakan *Floating Treatment Wetland* kadar Timbal (Pb) pada bak C3 dan V1 mengalami penurunan.

Untuk lebih jelasnya penurunan kadar Timbal (Pb) pada air limbah konsentrasi 50% dapat dilihat pada gambar **4.12** berikut.



Gambar 4. 12 Persentase Reduksi Kadar Timbal (Pb) dengan Konsentrasi Air Limbah 50% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Persentase reduksi Timbal (Pb) pada bak kontrol C3 dan bak V1 terpantau cukup stabil. Pada hari ke- 14, persentase reduksi mencapai masing-masing 96% dan 100% dan hari ke- 28, persentasenya meningkat kecuali pada bak V1 yang mengalami penurunan hingga 0%. 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; 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. 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).

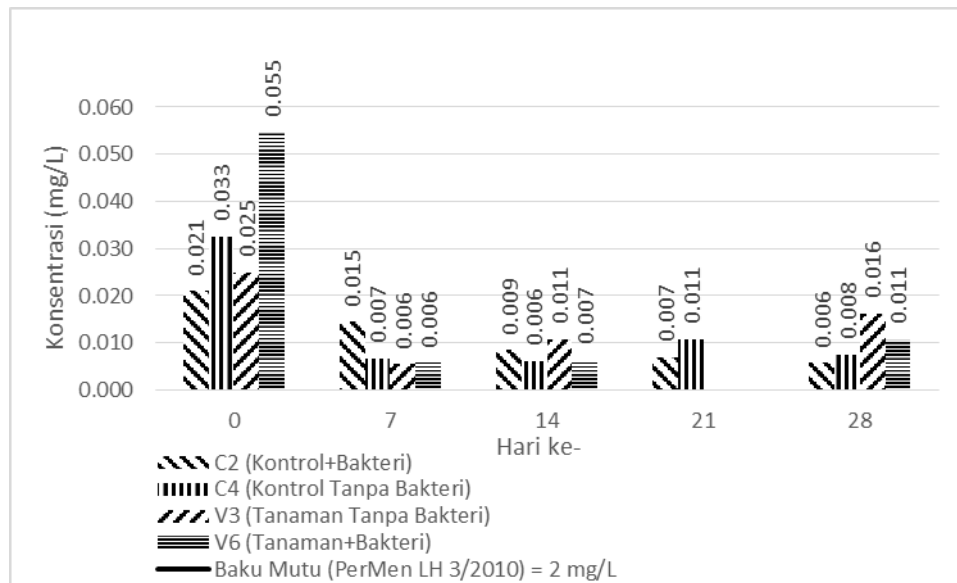
Penelitian serupa yang dilakukan oleh Roongtanakiat et al. (2007) menunjukkan hasil penurunan kadar Timbal (Pb) pada air limbah dengan label W2 yang berasal dari pabrik baterai dengan konsentrasi Timbal (Pb) tertinggi. Hasil menunjukkan tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) yang tumbuh dengan air limbah W2 dengan kadar Timbal yang paling tinggi dibanding sumber air limbah lainnya memiliki serapan Timbal (Pb) tertinggi.

Berdasarkan data diatas, dapat kita lihat bak yang telah mengalami pengolahan menggunakan tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) mampu mengurangi kadar Timbal (Pb) dengan baik begitu pula dengan bak kontrol tanpa pengolahan dengan tanaman. Grafik juga menunjukkan bahwa semakin tinggi Timbal (Pb) pada air, akan semakin tinggi pula efisiensi reduksi kadar Timbal (Pb) pada air limbah. Hal tersebut menunjukkan pengaruh tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) yang tinggi dalam mereduksi kadar Timbal (Pb) pada air limbah Balai Yasa Yogyakarta.

C. Tembaga (Cu)

• Air Limbah Konsentrasi 100%

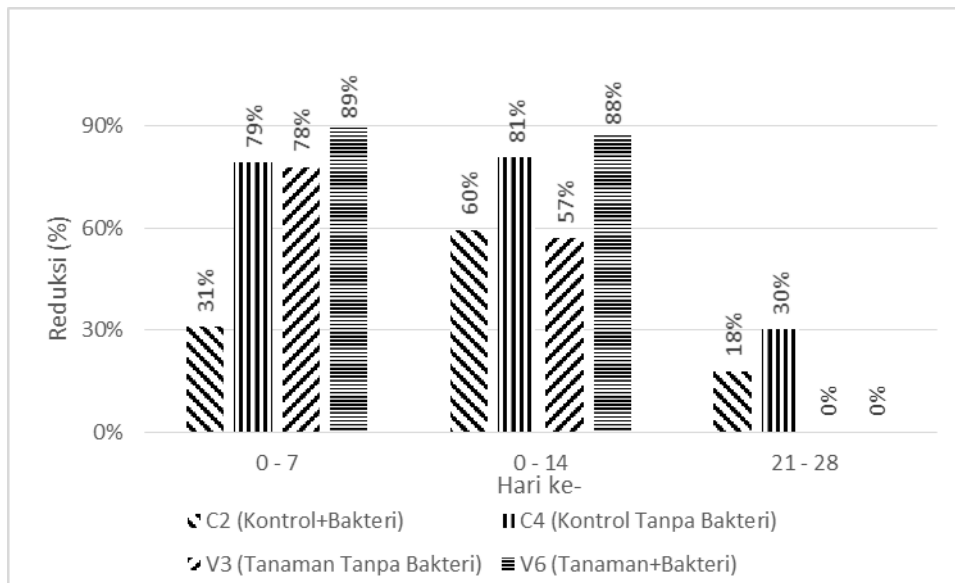
Setelah melewati masa pengolahan menggunakan *Floating Treatment Wetland* selama 28 hari terdapat penurunan kadar Tembaga (Cu) pada air limbah tersebut. Data hasil pengujian kadar Tembaga (Cu) pada air limbah konsentrasi 100% setelah pengolahan selama 28 hari dapat dilihat pada gambar **4.13** berikut.



Gambar 4. 13 Hasil Pengujian Kadar Tembaga (Cu) dengan Konsentrasi Air Limbah 100% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Terdapat penurunan kadar Tembaga (Cu) pada air limbah dengan konsentrasi 100% setelah menjalani proses pengolahan menggunakan *Floating Treatment Wetland* dengan tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) selama 28 hari. Kadar Tembaga (Cu) pada bak C4 sebesar 0,033 mg/L dan bak V3 sebesar 0,025 berada jauh dibawah baku mutu yang telah ditetapkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 3 Tahun 2010 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Kawasan Industri. Meskipun begitu, setelah melewati pengolahan menggunakan *Floating Treatment Wetland* kadar Tembaga (Cu) pada semua bak mengalami penurunan walaupun ditemukan sedikit adanya fluktuasi kadar Tembaga (Cu) pada beberapa bak.

Untuk lebih jelasnya penurunan kadar Tembaga (Cu) pada air limbah konsentrasi 100% dapat dilihat pada gambar **4.14** berikut.

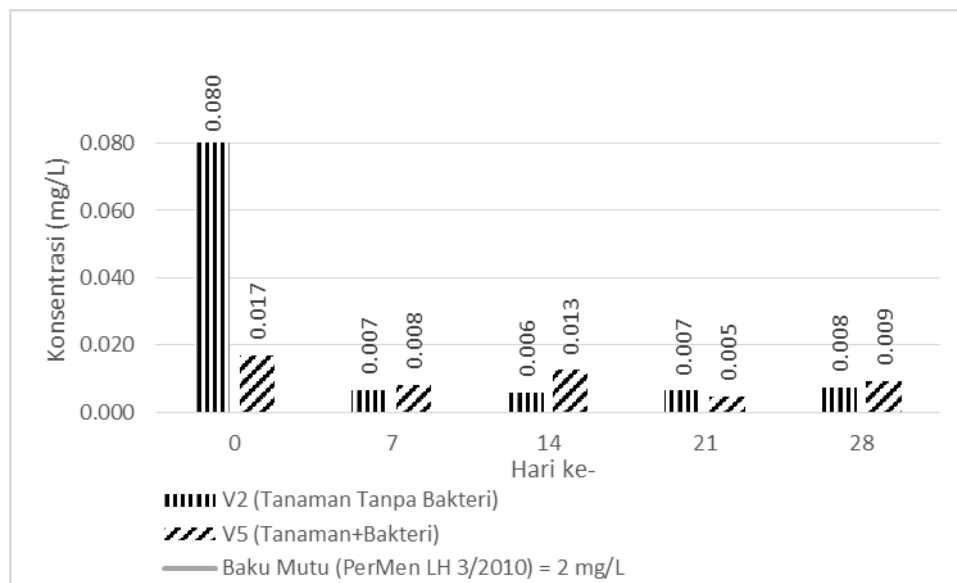


Gambar 4. 14 Persentase Reduksi Kadar Tembaga (Cu) dengan Konsentrasi Air Limbah 100% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Persentase reduksi Tembaga (Cu) pada bak kontrol C4 dan bak V3 terpantau cukup tinggi hingga hari ke-14. Pada hari ke- 28, persentasenya mengalami penurunan.

• **Air Limbah Konsentrasi 75%**

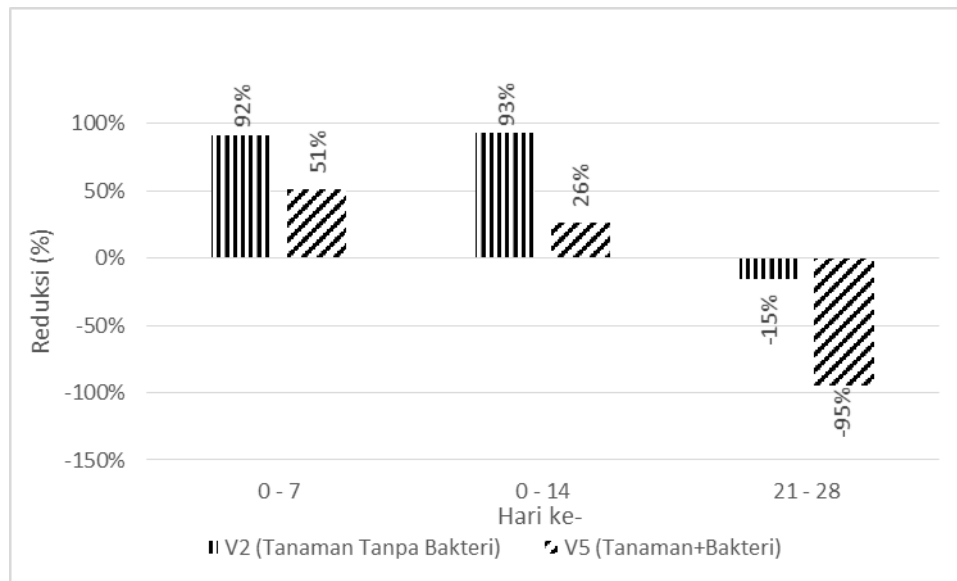
Setelah melewati masa pengolahan menggunakan Floating Treatment Wetland selama 28 hari terdapat penurunan kadar Besi pada air limbah tersebut. Data hasil pengujian kadar Tembaga (Cu) pada air limbah konsentrasi 75% setelah pengolahan selama 28 hari dapat dilihat pada gambar **4.15** berikut.



Gambar 4. 15 Hasil Pengujian Kadar Tembaga (Cu) dengan Konsentrasi Air Limbah 75% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Terdapat penurunan kadar Tembaga (Cu) pada air limbah dengan konsentrasi 75% setelah menjalani proses pengolahan menggunakan *Floating Treatment Wetland* dengan tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) selama 28 hari. Kadar Tembaga (Cu) pada bak V2 sebesar 0,080 mg/L berada jauh dibawah baku mutu yang telah ditetapkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 3 Tahun 2010 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Kawasan Industri. Meskipun begitu, setelah melewati pengolahan menggunakan *Floating Treatment Wetland* kadar Tembaga (Cu) pada semua bak mengalami penurunan walaupun ditemukan sedikit adanya fluktuasi kadar Tembaga (Cu) pada beberapa bak.

Untuk lebih jelasnya penurunan kadar Tembaga (Cu) pada air limbah konsentrasi 75% dapat dilihat pada gambar **4.16** berikut.

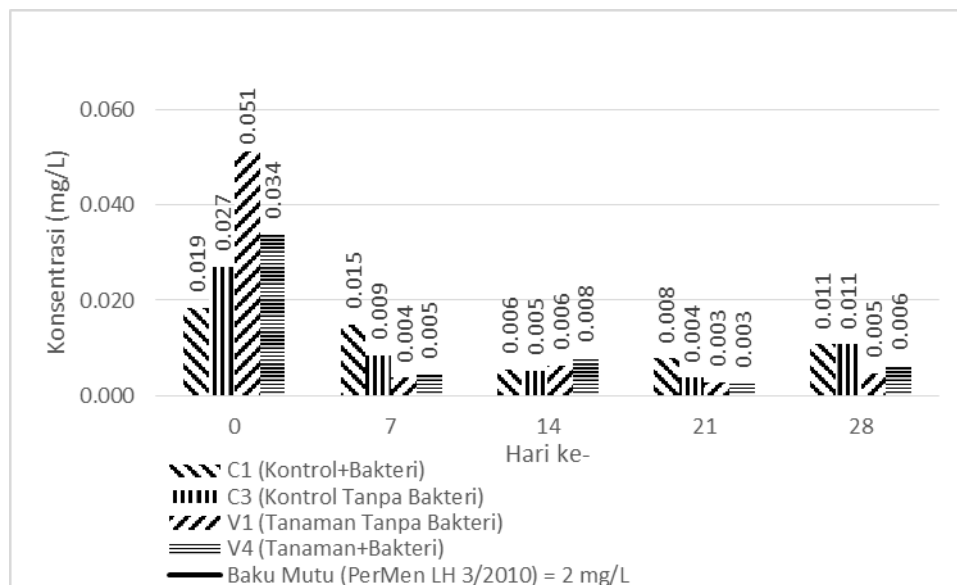


Gambar 4. 16 Persentase Reduksi Kadar Tembaga (Cu) dengan Konsentrasi Air Limbah 75% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Persentase reduksi Tembaga (Cu) pada bak V2 hingga hari ke- 14 terpantau sangat tinggi mencapai 93% pada bak V2.

• **Air Limbah Konsentrasi 50%**

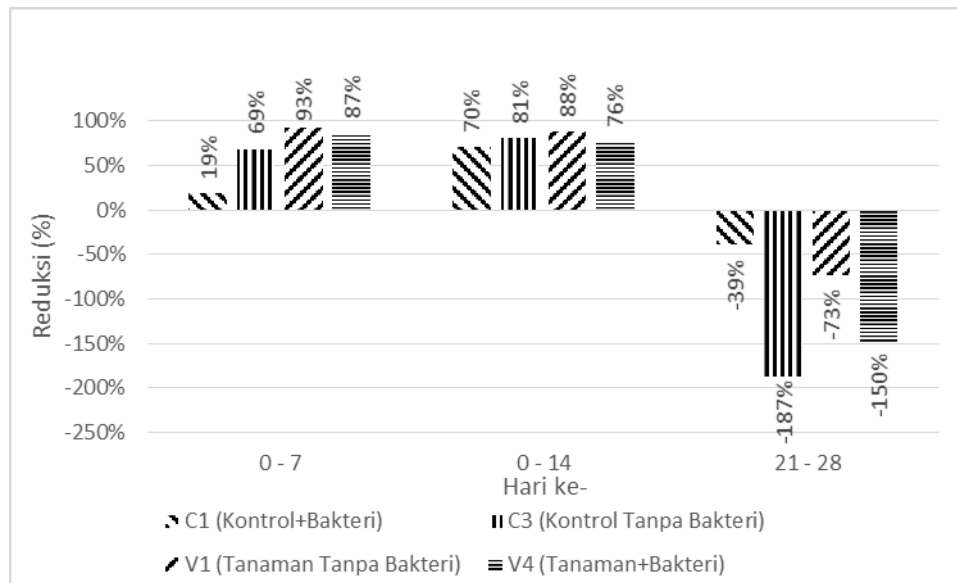
Setelah melewati masa pengolahan menggunakan Floating Treatment Wetland selama 28 hari terdapat penurunan kadar Tembaga (Cu) pada air limbah tersebut. Data hasil pengujian kadar Tembaga (Cu) pada air limbah konsentrasi 50% setelah pengolahan selama 28 hari dapat dilihat pada gambar **4.17** berikut.



Gambar 4. 17 Hasil Pengujian Kadar Tembaga (Cu) dengan Konsentrasi Air Limbah 50% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Terdapat penurunan kadar Tembaga (Cu) pada air limbah dengan konsentrasi 100% setelah menjalani proses pengolahan menggunakan *Floating Treatment Wetland* dengan tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) selama 28 hari. Kadar Tembaga (Cu) pada bak C3 sebesar 0,027 mg/L dan bak V1 sebesar 0,051 mg/L berada jauh dibawah baku mutu yang telah ditetapkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 3 Tahun 2010 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Kawasan Industri. Meskipun begitu, setelah melewati pengolahan menggunakan *Floating Treatment Wetland* kadar Tembaga (Cu) pada semua bak mengalami penurunan walaupun ditemukan sedikit adanya fluktuasi kadar Tembaga (Cu) pada beberapa bak.

Untuk lebih jelasnya penurunan kadar Tembaga (Cu) pada air limbah konsentrasi 50% dapat dilihat pada gambar **4.18** berikut.



Gambar 4. 18 Persentase Reduksi Kadar Tembaga (Cu) dengan Konsentrasi Air Limbah 50% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Pada gambar diatas, persentase reduksi Tembaga (Cu) pada bak kontrol C3 dan bak V1 terpantau cukup tinggi hingga hari ke-14 yang masing-masing sebesar 81% dan 88%. 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; Szôllôsi 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.

Penelitian sebelumnya oleh Aryani (2015), menunjukkan adanya penurunan logam Tembaga (Cu) di air seiring berjalannya waktu dan penurunan paling signifikan terjadi pada minggu ke- 0 hingga minggu ke- 1. Perlakuan Cu 2,5 memiliki perbedaan yang signifikan dengan perlakuan Cu5 ($P < 0.05$). Berdasarkan waktu, setiap waktu berbeda nyata ($P < 0.05$). Perlakuan untuk semua konsentrasi Cu masih menunjukkan penurunan yang signifikan sampai minggu ke-3 terutama pada perlakuan Cu7.5, namun pada minggu ke-4, konsentrasi Cu tidak mengalami penurunan yang drastis dari konsentrasi sebelumnya. Hasil juga menunjukkan *removal efficiency* Tembaga (Cu) oleh *C. zizanioides* (L.) adalah 32,55% (Cu2.5), 54,68% (Cu5), dan 52,59% (Cu7.5).

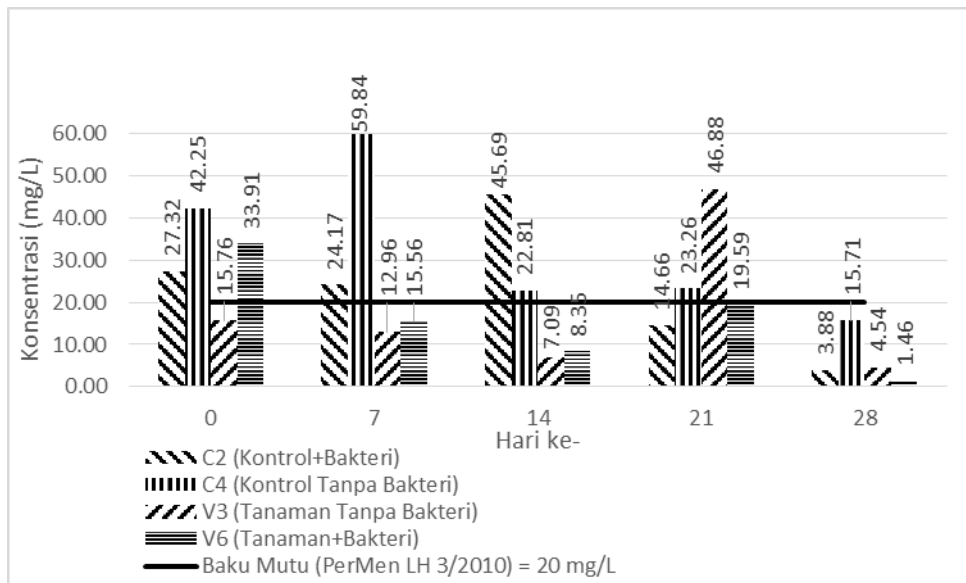
Berdasarkan data diatas, dapat kita lihat bak yang telah mengalami pengolahan menggunakan tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) mampu mengurangi kadar Tembaga (Cu) dengan baik begitu pula dengan bak kontrol tanpa pengolahan dengan tanaman. Grafik juga menunjukkan bahwa semakin tinggi Tembaga (Cu) pada air, akan semakin tinggi pula efisiensi reduksi kadar Tembaga (Cu) pada air limbah. Hal tersebut menunjukkan pengaruh tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) yang tinggi dalam mereduksi kadar Tembaga (Cu) pada air limbah Balai Yasa Yogyakarta.

4.1.2 Pengaruh Tanaman Terhadap Reduksi Amonia

• Air Limbah Konsentrasi 100%

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.

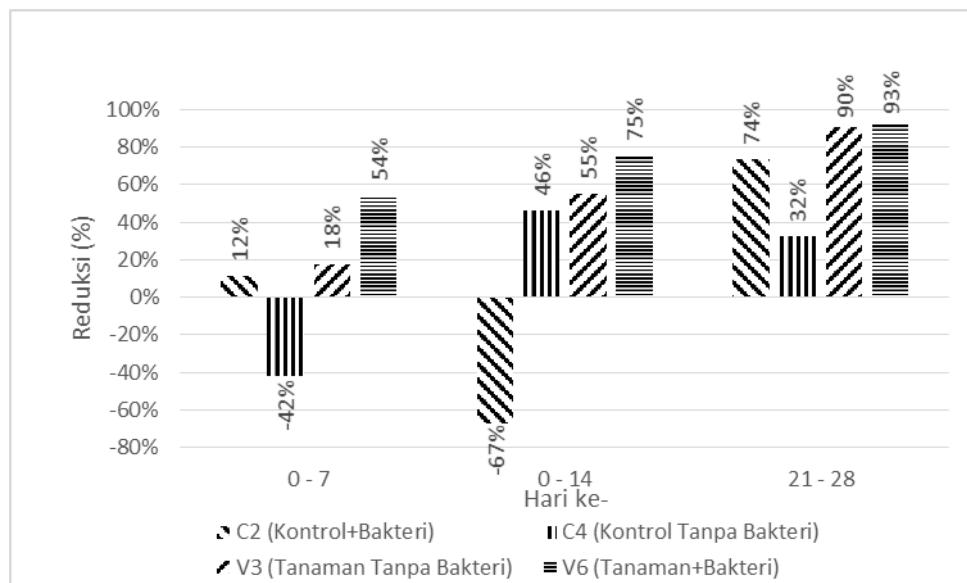
Data hasil pengujian kadar amonia pada air limbah konsentrasi 100% setelah pengolahan selama 28 hari dapat dilihat pada gambar **4.19** berikut.



Gambar 4. 19 Hasil Pengujian Kadar Amonia dengan Konsentrasi Air Limbah 100% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Terdapat penurunan kadar amonia pada air limbah dengan konsentrasi 100% setelah menjalani proses pengolahan menggunakan *Floating Treatment Wetland* dengan tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) selama 28 hari. Kadar amonia pada bak C4 hari ke-7 hingga mencapai 59,84 mg/L. Akan tetapi, setelah melewati pengolahan pada hari ke- 28 kadar amonia pada bak C4 dan V3 telah berada dibawah baku mutu Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 3 Tahun 2010 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Kawasan Industri yaitu masing-masing sebesar 15,71 mg/L dan 4,5 mg/L.

Untuk lebih jelasnya penurunan kadar amonia pada air limbah konsentrasi 100% dapat dilihat pada gambar 4.20 berikut.



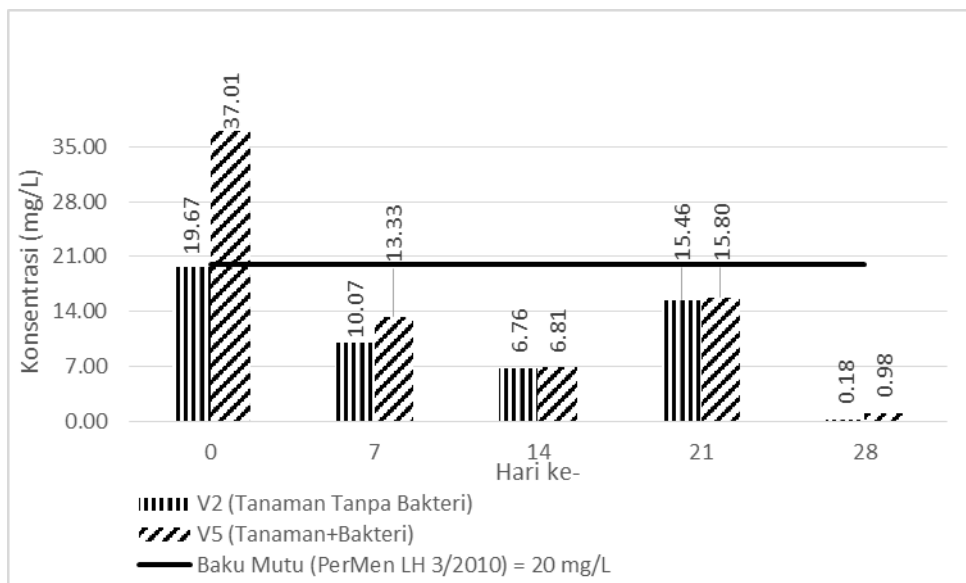
Gambar 4. 20 Persentase Reduksi Kadar Amonia dengan Konsentrasi Air Limbah 100% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Persentase reduksi amonia pada bak V3 cenderung meningkat dari waktu ke waktu dan mencapai puncaknya pada hari ke- 28 yang mencapai 90%. Hal sebaliknya terjadi pada bak C4 yang mana reduksinya berfluktuasi di setiap minggunya.

• Air Limbah Konsentrasi 75%

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.

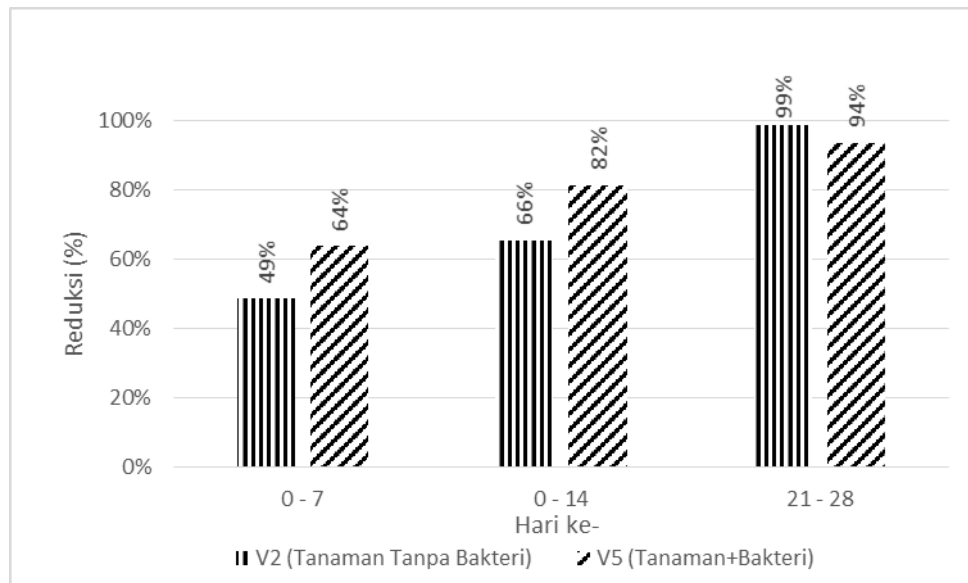
Data hasil pengujian kadar amonia pada air limbah konsentrasi 75% setelah pengolahan selama 28 hari dapat dilihat pada gambar 4.21 berikut.



Gambar 4. 21 Hasil Pengujian Kadar Amonia dengan Konsentrasi Air Limbah 75% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Terdapat penurunan kadar amonia pada air limbah dengan konsentrasi 75% setelah menjalani proses pengolahan menggunakan *Floating Treatment Wetland* dengan tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) selama 28 hari. Setelah hari ke- 28 kadar amonia pada bak V2 telah berada dibawah baku mutu Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 3 Tahun 2010 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Kawasan Industri yaitu sebesar 0,18%.

Untuk lebih jelasnya penurunan kadar amonia pada air limbah konsentrasi 75% dapat dilihat pada gambar 4.22 berikut.



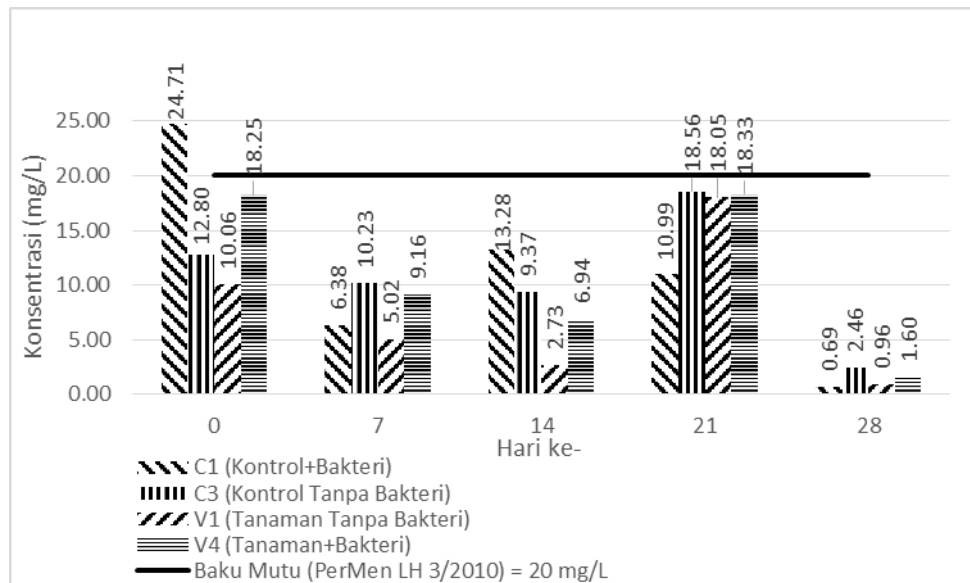
Gambar 4. 22 Persentase Reduksi Kadar Amonia dengan Konsentrasi Air Limbah 75% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Persentase reduksi amonia pada bak V2 cenderung meningkat dari waktu ke waktu dan mencapai puncaknya pada hari ke- 28 yaitu sebesar 99%.

- **Air Limbah Konsentrasi 50%**

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.

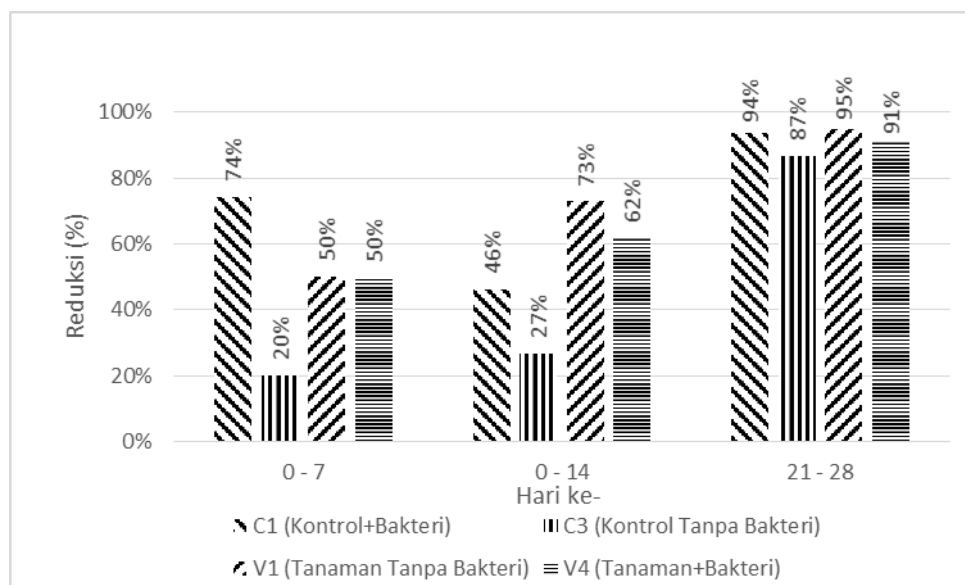
Data hasil pengujian kadar amonia pada air limbah konsentrasi 50% setelah pengolahan selama 28 hari dapat dilihat pada gambar **4.23** berikut.



Gambar 4. 23 Hasil Pengujian Kadar Amonia dengan Konsentrasi Air Limbah 50% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Terdapat penurunan kadar amonia pada air limbah dengan konsentrasi 50% setelah menjalani proses pengolahan menggunakan *Floating Treatment Wetland* dengan tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) selama 28 hari. Pada hari ke- 28 kadar amonia pada bak C3 dan V1 telah berada dibawah baku mutu Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 3 Tahun 2010 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Kawasan Industri yaitu masing-masing sebesar 2,46% dan 0,96%.

Untuk lebih jelasnya penurunan kadar amonia pada air limbah konsentrasi 50% dapat dilihat pada gambar 4.24 berikut.



Gambar 4. 24 Persentase Reduksi Kadar Amonia dengan Konsentrasi Air Limbah 50% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Persentase reduksi amonia pada bak V1 cenderung meningkat dari waktu ke waktu dan mencapai puncaknya pada hari ke- 28 yaitu sebesar 87%. Hal yang sama juga terjadi pada bak C3 yang mana reduksinya juga meningkat. Namun, persentase reduksi amonia pada bak V1 jauh lebih tinggi yaitu sebesar 95% di hari ke- 28. Berdasarkan data kadar amonia yang telah ditampilkan, 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.

Penelitian sebelumnya oleh Liao et al., (2003) menunjukkan bahwa laju penyisihan amonia nitrogen pada bak yang berisikan tanaman meningkat secara berkala dari waktu ke waktu dan lebih tinggi dibandingkan dengan bak kontrol tanpa tanaman.

Hasil Penelitian oleh Effendi dkk. (2015), penggunaan tanaman kangkung (*Ipomoea aquatica*) dan pakcoy (*Brassicarapa chinensis*) dalam mereduksi amonia yang mana konsentrasi amonia berfluktuasi. Penurunan konsentrasi tertinggi terjadi pada hari ke-7. Berdasarkan uji statistik tanaman kangkung dan pakcoy sebagai fitoremediator tidak memberikan pengaruh yang berbeda ($p > 0,05$), namun waktu pengamatan memberikan pengaruh berbeda ($p < 0,05$) terhadap penurunan amonia.

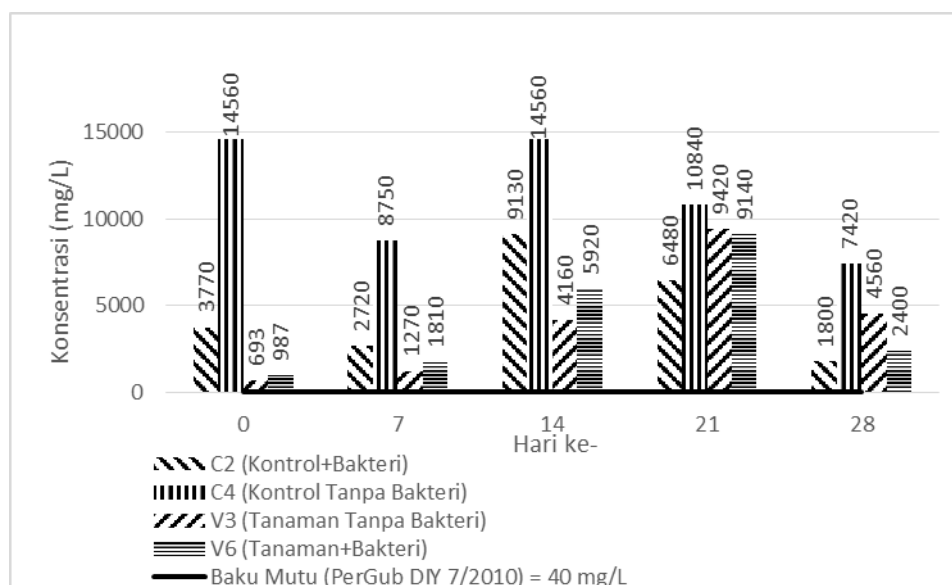
Berdasarkan data diatas, dapat kita lihat bak yang telah mengalami pengolahan menggunakan tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) mampu mengurangi kadar amonia jauh lebih baik dan stabil dibanding dengan bak kontrol yang tidak melewati pengolahan. Sejalan dengan hakikatnya sebagai sumbangan penting bagi keberadaan nutrisi di bumi, amonia merupakan sumber nutrisi yang baik bagi tanaman dikarenakan adanya ikatan Nitrogen (N) yang merupakan unsur hara utama dan memegang peran penting dalam pertumbuhan tanaman. Hal tersebut menunjukkan potensi tinggi tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) dalam mereduksi kadar amonia di air limbah Balai Yasa Yogyakarta.

4.1.3 Pengaruh Tanaman Terhadap Reduksi *Total Suspended Solid* (TSS)

• Air Limbah Konsentrasi 100%

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.

Data hasil pengujian konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) pada air limbah konsentrasi 100% setelah pengolahan selama 28 hari dapat dilihat pada gambar 4.25 berikut.

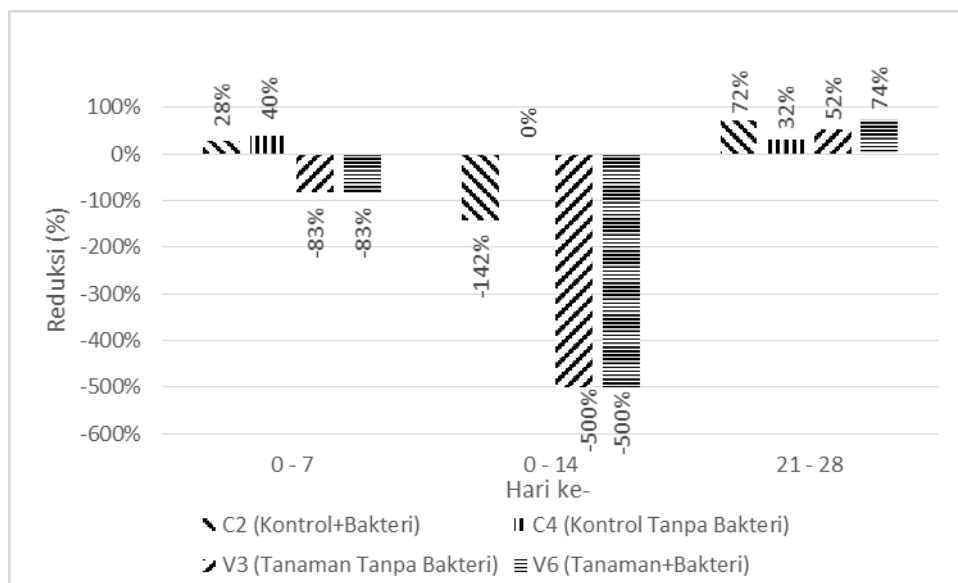


Gambar 4. 25 Hasil Pengujian Kadar Total Suspended Solid (TSS) dengan Konsentrasi Air Limbah 100% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) pada air limbah hasil pencucian kereta api di Balai Yasa Yogyakarta PT. Kereta Api Indonesia sangat tinggi dan jauh 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). Akan tetapi, setelah melewati pengolahan menggunakan *Floating Treatment Wetland* selama 28 hari konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) pada hampir semua bak justru berfluktuasi. Kenaikan terjadi pada bak C4 hari ke-14, V3 hari ke-7, V3 hari ke-14. Namun, pada hari ke-28 konsentrasi *Total Suspended Solid*

(TSS) pada semua bak mengalami penurunan meskipun konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) masih berada diatas baku mutu yang telah ditetapkan.

Untuk lebih jelasnya penurunan *Total Suspended Solid* (TSS) pada air limbah konsentrasi 100% dapat dilihat pada gambar berikut.



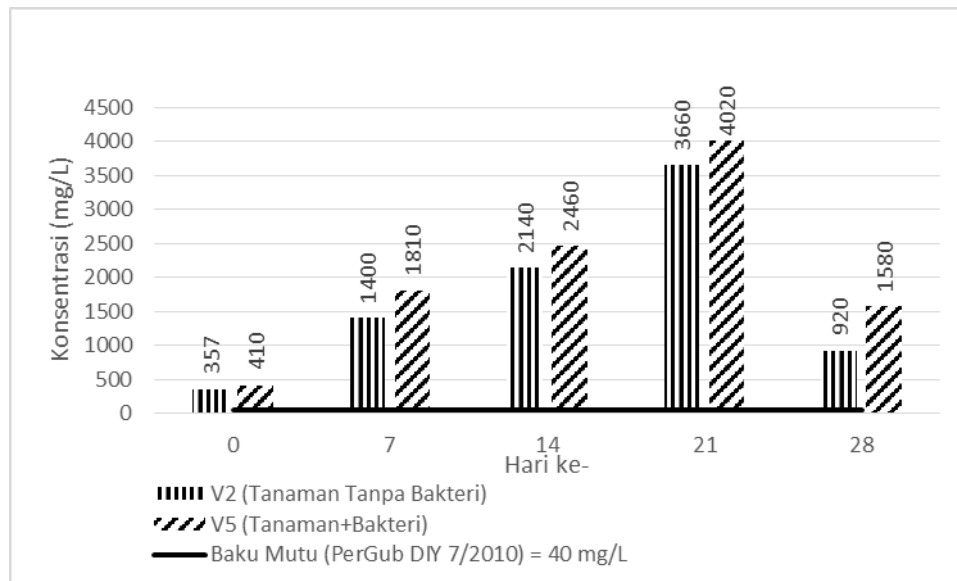
Gambar 4. 26 Persentase Reduksi Kadar Total Suspended Solid (TSS) dengan Konsentrasi Air Limbah 100% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Persentase reduksi *Total Suspended Solid* (TSS) pada bak kontrol C4 dan bak V3 menunjukkan hasil tertinggi di hari ke- 28 dengan angka 32% pada bak C4, dan 52% pada bak V3.

- **Air Limbah Konsentrasi 75%**

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.

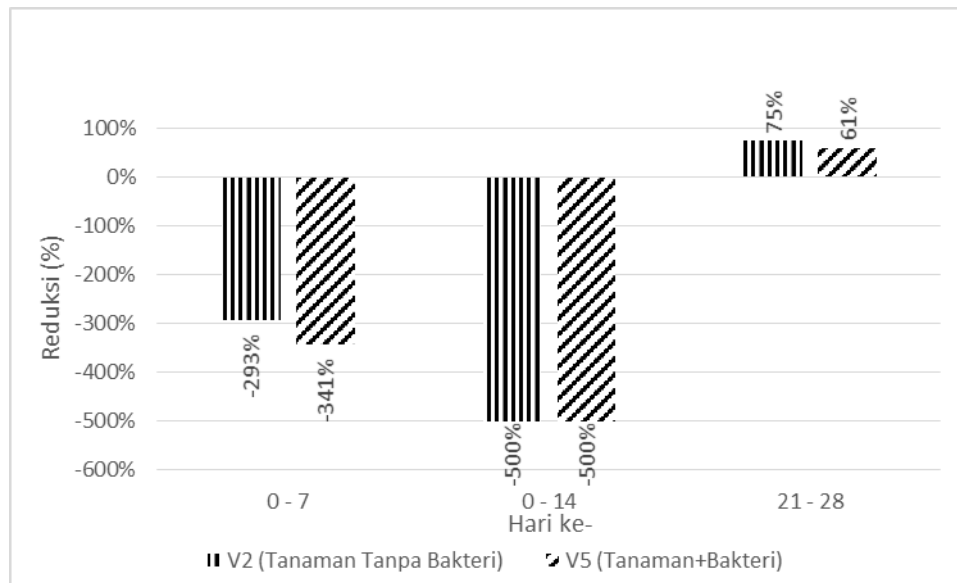
Data hasil pengujian konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) pada air limbah konsentrasi 75% setelah pengolahan selama 28 hari dapat dilihat pada gambar 4.27 berikut.



Gambar 4. 27 Hasil Pengujian Kadar Total Suspended Solid (TSS) dengan Konsentrasi Air Limbah 75% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) pada air limbah hasil pencucian kereta api di Balai Yasa Yogyakarta PT. Kereta Api Indonesia sangat tinggi dan jauh 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). Akan tetapi, setelah melewati pengolahan menggunakan *Floating Treatment Wetland* selama 28 hari konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) pada bak V2 justru mengalami kenaikan. Kenaikan terus terjadi hingga hari ke- 14. Namun, pada hari ke-28 konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) pada bak V2 mengalami penurunan meskipun masih berada diatas baku mutu yang telah ditetapkan.

Untuk lebih jelasnya penurunan *Total Suspended Solid* (TSS) pada air limbah konsentrasi 75% dapat dilihat pada gambar **4.28** berikut.



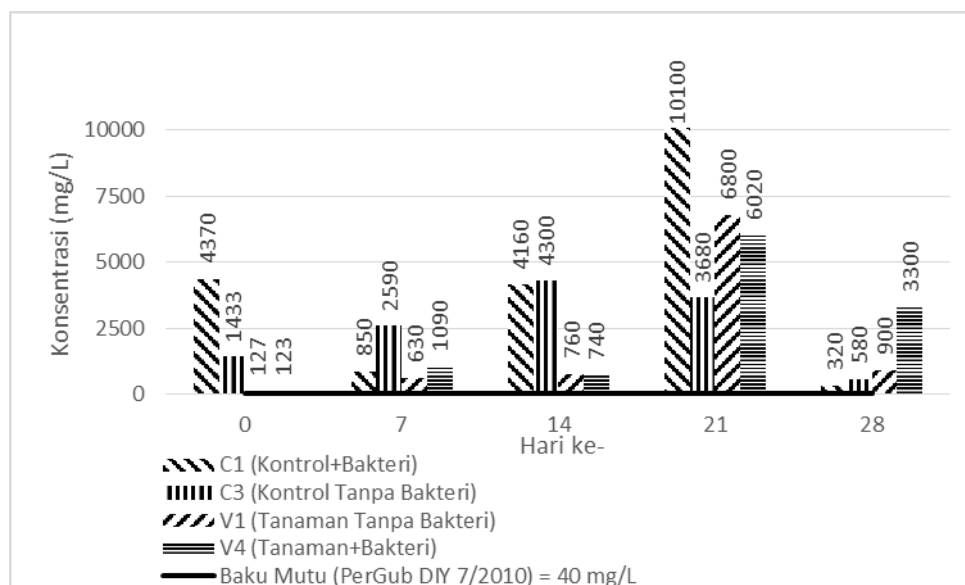
Gambar 4. 28 Persentase Reduksi Kadar Total Suspended Solid (TSS) dengan Konsentrasi Air Limbah 75% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Persentase reduksi *Total Suspended Solid* (TSS) pada bak V2 hingga hari ke- 14 nilainya negatif yang menandakan tidak ada reduksi. Namun pada hari ke- 28 terdapat kenaikan persentase reduksi pada bak V2 sebesar 75%.

- **Air Limbah Konsentrasi 50%**

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.

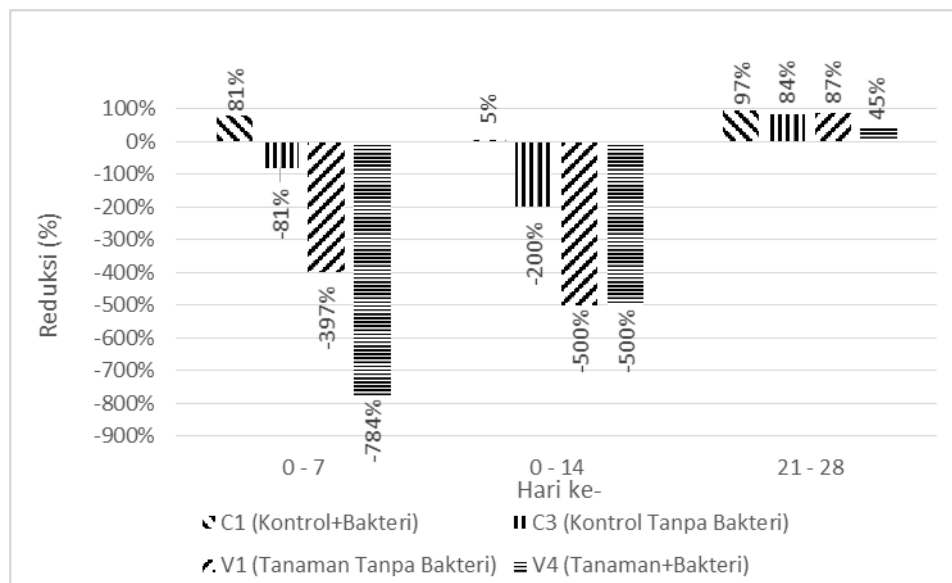
Berikut adalah data hasil pengujian konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) pada air limbah konsentrasi 75% setelah pengolahan selama 28 hari dapat dilihat pada gambar **4.29** berikut.



Gambar 4. 29 Hasil Pengujian Kadar Total Suspended Solid (TSS) dengan Konsentrasi Air Limbah 50% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) pada air limbah hasil pencucian kereta api di Balai Yasa Yogyakarta PT. Kereta Api Indonesia sangat tinggi dan jauh 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). Akan tetapi, setelah melewati pengolahan menggunakan *Floating Treatment Wetland* selama 28 hari konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) pada bak C3 dan V1 justru mengalami kenaikan. Kenaikan terus terjadi pada bak kontrol C3 dan bak V1 hingga hari ke- 14. Namun, pada hari ke-28 konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) pada bak C3 dan V1 mengalami penurunan meskipun masih berada diatas baku mutu yang telah ditetapkan.

Untuk lebih jelasnya penurunan *Total Suspended Solid* (TSS) pada air limbah konsentrasi 50% dapat dilihat pada gambar **4.30** berikut.



Gambar 4. 30 Persentase Reduksi Kadar Total Suspended Solid (TSS) dengan Konsentrasi Air Limbah 50% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Persentase reduksi *Total Suspended Solid* (TSS) pada bak kontrol C3 dan bak V1 hingga hari ke- 14 nilainya negatif yang menandakan tidak ada reduksi. Hal ini senada dengan grafik konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) yang juga menunjukkan kenaikan. Akan tetapi, pada hari ke 21-28 persentase reduksi naik secara tajam sebesar 84% untuk bak C3 dan 87% untuk bak V1. Berdasarkan data konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) yang telah ditampilkan, 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-tiap 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)

Menurut penelitian terdahulu mengenai pemurnian air limbah industri dengan tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) yang dikembangkan dengan air limbah industri secara hidroponik oleh Yeboah et al. (2015), tercatat penurunan konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) pada sampel air limbah yang berasal dari Pinora Limited dengan label W1 dari 380 mg/l menjadi 70 mg/l, sampel air limbah yang berasal dari efluen pabrik kelapa sawit skala kecil dengan label W2 dari 278,600 mg/l menjadi 80,500mg, dan sampel air limbah yang berasal dari efluen biogas dengan label W3 dari 330 mg/l menjadi 16 mg/l.

Dari data yang telah ditampilkan, terlihat bahwa penggunaan tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) kurang efisien dalam mereduksi konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) terbukti dengan hampir seluruh bak mengalami fluktuasi hingga hari ke-14, meskipun pada hari ke-28 semua bak mengalami penurunan. Hasil dari penelitian yang telah dilakukan kontradiktif dengan penelitian terdahulu. Hal ini menunjukkan potensi tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) yang rendah dalam mereduksi konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS).

4.2 Pengaruh Tanaman dan Bakteri Terhadap Reduksi Pencemar

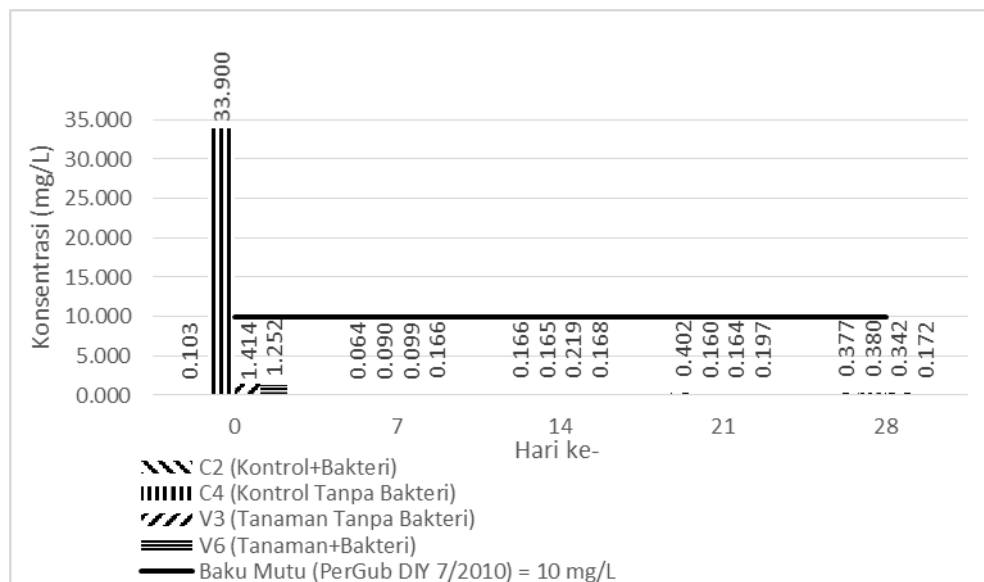
4.2.1 Pengaruh Tanaman dan Bakteri Terhadap Reduksi Logam

A. Besi (Fe)

• Air Limbah Konsentrasi 100%

Untuk mengetahui kemampuan bakteri hasil dari ekstraksi tanah di area Balai Yasa Yogyakarta yang tercemar limbah dalam menurunkan kadar Besi (Fe) air limbah pencucian kereta api Balai Yasa Yogyakarta, maka bakteri yang telah di ekstraksi dicampurkan dengan sampel air limbah pada beberapa bak kontrol dan bak dengan tanaman.

Data hasil pengujian kadar Besi (Fe) pada air limbah konsentrasi 100% setelah pengolahan selama 28 hari dapat dilihat pada gambar 4.31 berikut.

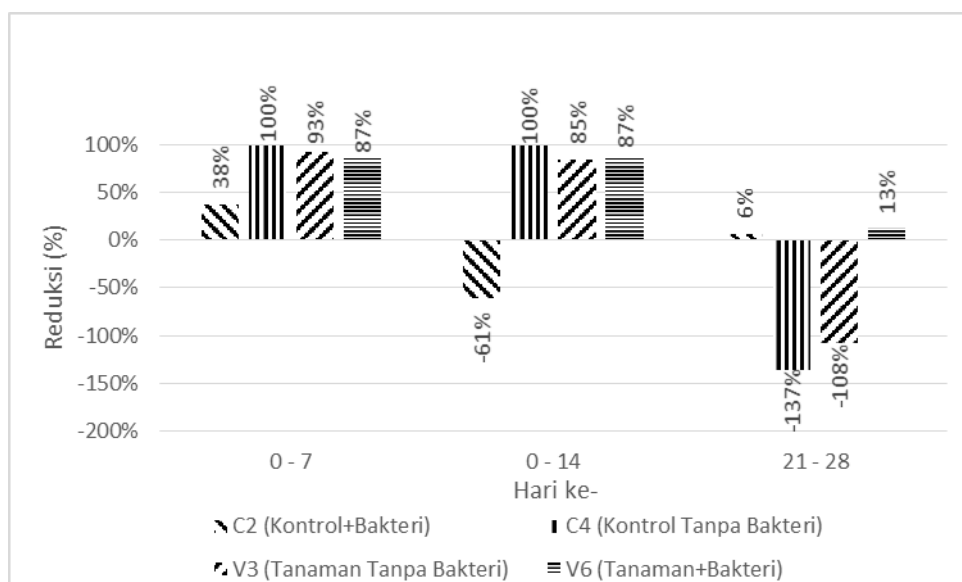


Gambar 4. 31 Hasil Pengujian Kadar Besi (Fe) dengan Konsentrasi Air Limbah 100% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Terdapat penurunan kadar Besi (Fe) pada air limbah dengan konsentrasi 100% setelah menjalani proses pengolahan menggunakan *Floating Treatment Wetland* dengan tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) dan bakteri selama 28 hari. Kadar Besi (Fe) pada bak C2 sebesar 0,103 mg/L dan V6 sebesar 1,252 mg/L sudah 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) dan setelah melewati pengolahan menggunakan *Floating Treatment*

Wetland kadar Besi (Fe) pada semua bak mengalami penurunan walaupun ditemukan sedikit kenaikan kadar Besi (Fe) pada hari ke-28.

Untuk lebih jelasnya penurunan kadar Besi (Fe) pada air limbah konsentrasi 100% dapat dilihat pada gambar 4.32 berikut.



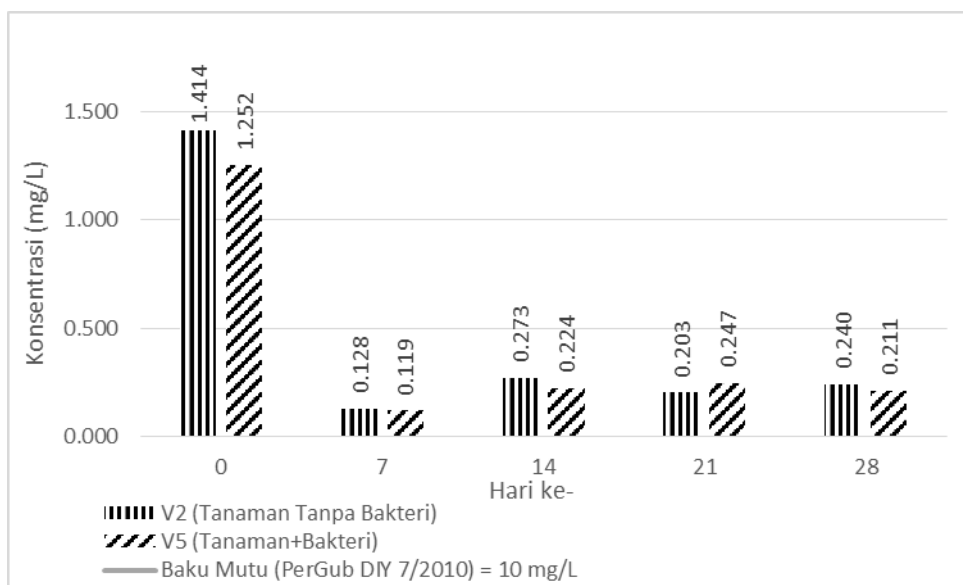
Gambar 4. 32 Persentase Reduksi Kadar Besi (Fe) dengan Konsentrasi Air Limbah 100% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Persentase reduksi besi (Fe) terbesar didapati pada bak C2 hari ke- 7 dengan persentase reduksi sebesar 38% dan untuk bak V6 di hari ke- 14 sebesar 87%.

• Air Limbah Konsentrasi 75%

Untuk mengetahui kemampuan bakteri hasil dari ekstraksi tanah di area Balai Yasa Yogyakarta yang tercemar limbah dalam menurunkan kadar Besi (Fe) air limbah pencucian kereta api Balai Yasa Yogyakarta, maka bakteri yang telah di ekstraksi dicampurkan dengan sampel air limbah pada beberapa bak kontrol dan bak dengan tanaman.

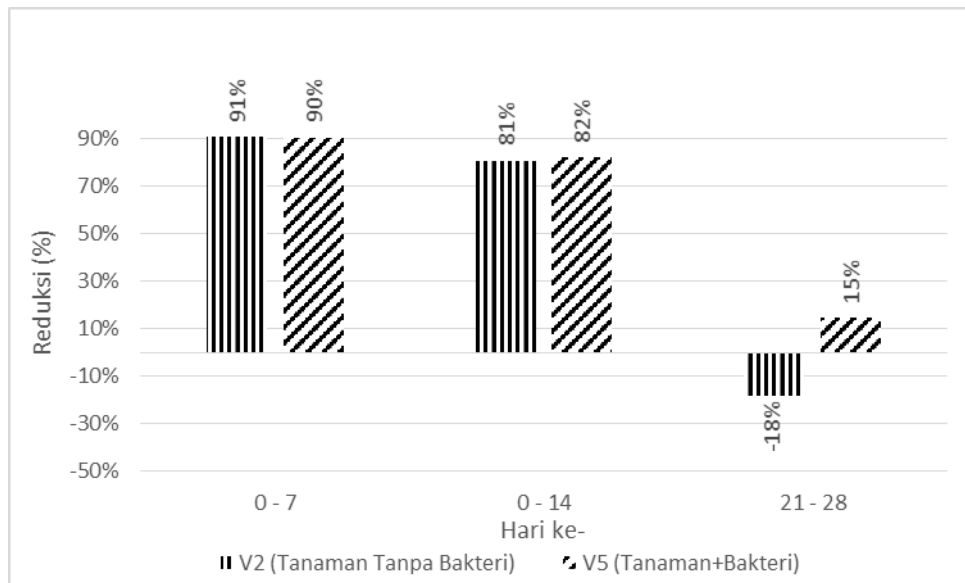
Data hasil pengujian kadar Besi (Fe) pada air limbah konsentrasi 75% setelah pengolahan selama 28 hari dapat dilihat pada gambar 4.33 berikut.



Gambar 4. 33 Hasil Pengujian Kadar Besi (Fe) dengan Konsentrasi Air Limbah 75% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Terdapat penurunan kadar Besi (Fe) pada air limbah dengan konsentrasi 75% setelah menjalani proses pengolahan menggunakan *Floating Treatment Wetland* dengan tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) dan bakteri selama 28 hari. Kadar besi (Fe) di hari ke- 0 pada bak V5 sebesar 1,252 mg/L, dan di hari ke- 14 dan 28 masing-masing sebesar 0,224 mg/L dan 0,211 mg/L. Pada 7 hari pertama penurunan kadar Besi (Fe) cukup tinggi meskipun kadar awal Besi (Fe) sudah 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), namun setelahnya cenderung sedikit berfluktuasi.

Untuk lebih jelasnya penurunan kadar Besi (Fe) pada air limbah konsentrasi 75% dapat dilihat pada gambar 4.34 berikut.



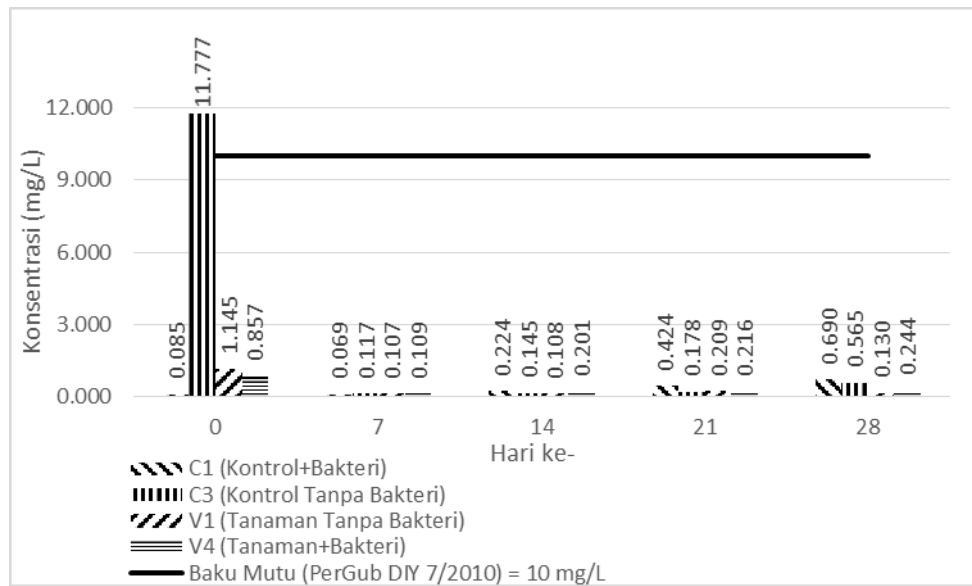
Gambar 4. 34 Persentase Reduksi Kadar Besi (Fe) dengan Konsentrasi Air Limbah 75% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Terjadi penurunan persentase reduksi besi (Fe) pada bak V5 di hari ke- 14 dan 28. Penurunan persentase terbesar yaitu pada hari ke- 28 yang mencapai 15%.

• **Air Limbah Konsentrasi 50%**

Untuk mengetahui kemampuan bakteri hasil dari ekstraksi tanah di area Balai Yasa Yogyakarta yang tercemar limbah dalam menurunkan kadar Besi (Fe) air limbah pencucian kereta api Balai Yasa Yogyakarta, maka bakteri yang telah di ekstraksi dicampurkan dengan sampel air limbah pada beberapa bak kontrol dan bak dengan tanaman.

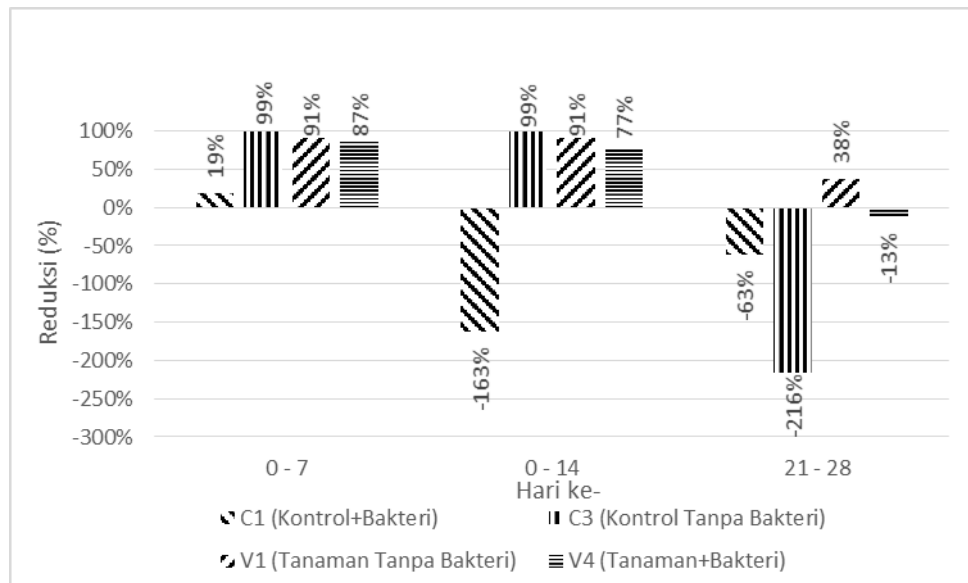
Data hasil pengujian kadar Besi (Fe) pada air limbah konsentrasi 50% setelah pengolahan selama 28 hari dapat dilihat pada gambar 4.35 berikut.



Gambar 4. 35 Hasil Pengujian Kadar Besi (Fe) dengan Konsentrasi Air Limbah 50% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Terdapat penurunan kadar Besi (Fe) pada air limbah dengan konsentrasi 50% setelah menjalani proses pengolahan menggunakan *Floating Treatment Wetland* dengan tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) dan bakteri selama 28 hari. Kadar Besi (Fe) pada bak C1 sebesar 0,085 mg/L dan V4 sebesar 0,857 mg/L sudah 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) dan dan setelah melewati pengolahan menggunakan *Floating Treatment Wetland* kadar Besi (Fe) pada semua bak mengalami fluktuasi.

Untuk lebih jelasnya penurunan kadar Besi (Fe) pada air limbah konsentrasi 50% dapat dilihat pada gambar **4.36** berikut.



Gambar 4. 36 Persentase Reduksi Kadar Besi (Fe) dengan Konsentrasi Air Limbah 50% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Persentase reduksi besi (Fe) tertinggi pada bak C1 diperoleh di hari ke- 7 yaitu sebesar 19% dan pada bak V4 sebesar 87% yang juga diperoleh di hari ke- 7.

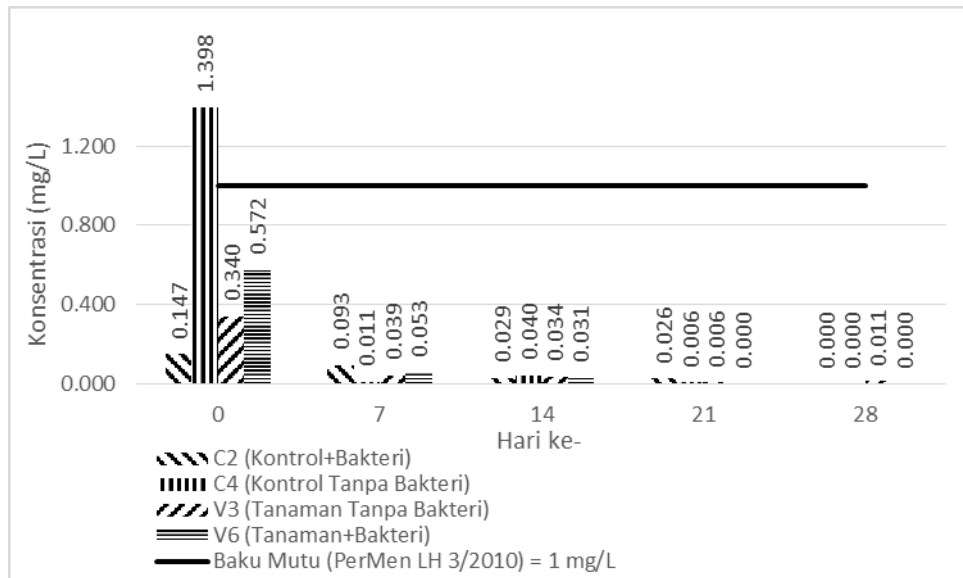
Berdasarkan data yang telah ditampilkan, dapat kita lihat bak yang telah mengalami pengolahan menggunakan tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) dan bakteri mampu mengurangi kadar Besi (Fe) dengan baik begitu pula dengan bak kontrol dengan bakteri. Grafik juga menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar Besi (Fe) pada air, akan semakin tinggi pula efisiensi reduksi kadar Besi (Fe) pada air limbah. Hal tersebut menunjukkan pengaruh tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) dan bakteri yang tinggi dalam mereduksi kadar Besi (Fe) pada air limbah Balai Yasa Yogyakarta.

B. Timbal (Pb)

• Air Limbah Konsentrasi 100%

Untuk mengetahui kemampuan bakteri hasil dari ekstraksi tanah di area Balai Yasa Yogyakarta yang tercemar limbah dalam menurunkan kadar Timbal (Pb) air limbah pencucian kereta api Balai Yasa Yogyakarta, maka bakteri yang telah di ekstraksi dicampurkan dengan sampel air limbah pada beberapa bak kontrol dan bak dengan tanaman.

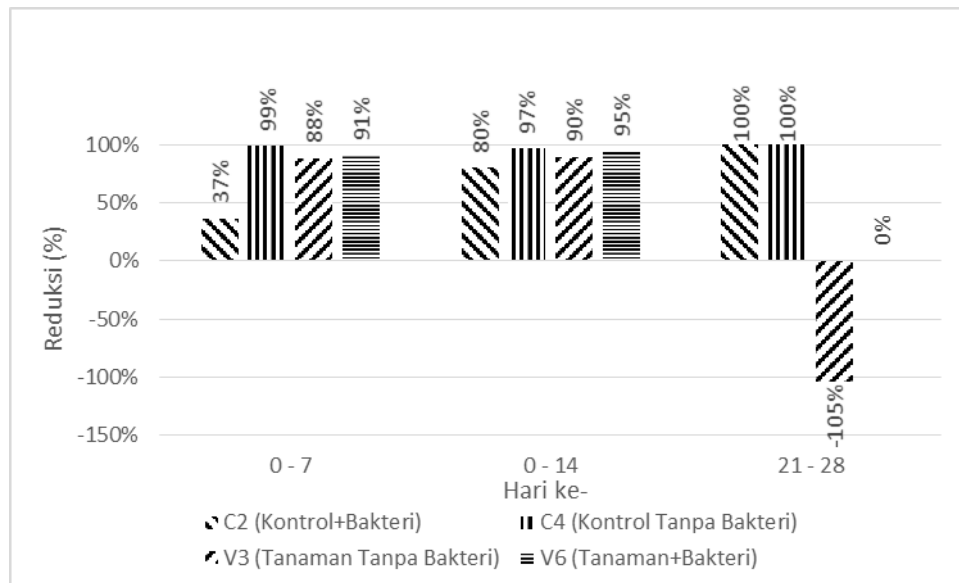
Data hasil pengujian kadar Timbal (Pb) pada air limbah konsentrasi 100% setelah pengolahan selama 28 hari dapat dilihat pada gambar 4.37 berikut.



Gambar 4. 37 Hasil Pengujian Kadar Timbal (Pb) dengan Konsentrasi Air Limbah 100% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Terdapat penurunan kadar Timbal (Pb) pada air limbah dengan konsentrasi 100% setelah menjalani proses pengolahan menggunakan *Floating Treatment Wetland* dengan tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) dan bakteri selama 28 hari. Dapat dilihat bahwa kadar Timbal (Pb) pada bak C2 sebesar 0,147 mg/L dan V6 sebesar 0,572 mg/L sudah berada dibawah baku mutu yang telah ditetapkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 3 Tahun 2010 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Kawasan Industri dan setelah melewati pengolahan menggunakan *Floating Treatment Wetland* kadar Timbal (Pb) pada bak C2 dan V6 mengalami penurunan.

Untuk lebih jelasnya penurunan kadar Timbal (Pb) pada air limbah konsentrasi 100% dapat dilihat pada gambar 4.38 berikut.



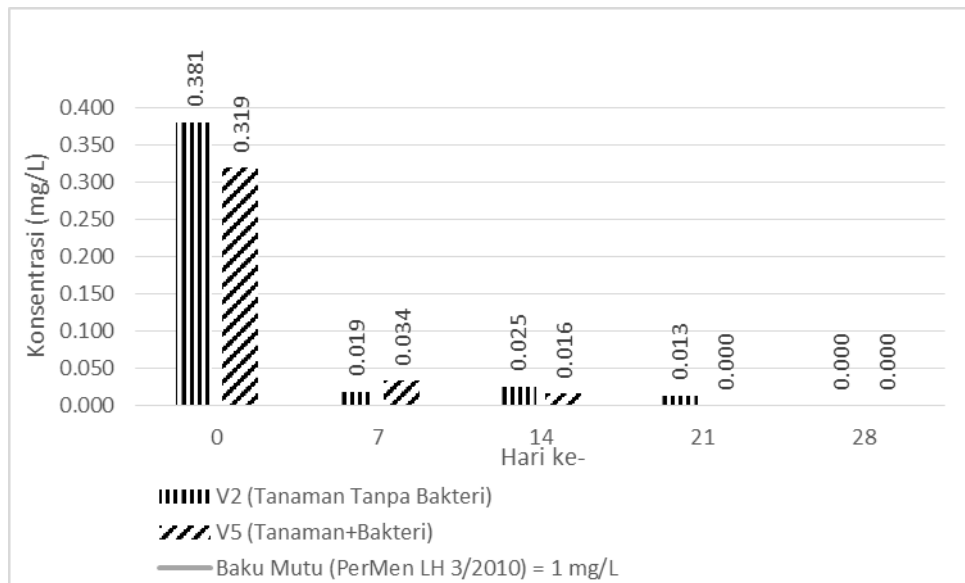
Gambar 4. 38 Persentase Reduksi Kadar Timbal (Pb) dengan Konsentrasi Air Limbah 100% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Persentase reduksi Timbal (Pb) terpantau cukup stabil dan cenderung meningkat hingga hari ke-14. Pada hari ke- 28, persentasenya meningkat kecuali pada bak V6 yang mengalami penurunan hingga 0%.

• **Air Limbah Konsentrasi 75%**

Untuk mengetahui kemampuan bakteri hasil dari ekstraksi tanah di area Balai Yasa Yogyakarta yang tercemar limbah dalam menurunkan kadar Timbal (Pb) air limbah pencucian kereta api Balai Yasa Yogyakarta, maka bakteri yang telah di ekstraksi dicampurkan dengan sampel air limbah pada beberapa bak kontrol dan bak dengan tanaman.

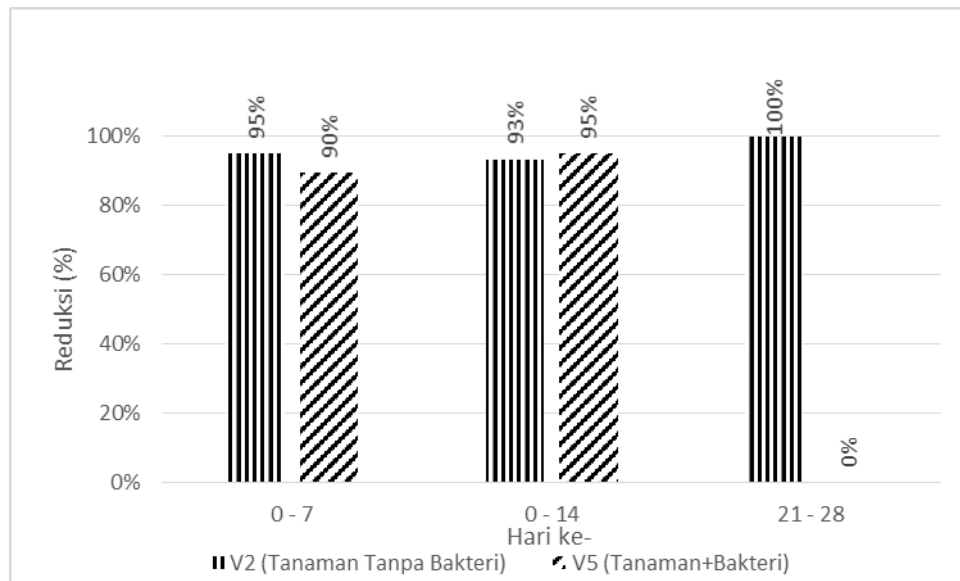
Data hasil pengujian kadar Timbal (Pb) pada air limbah konsentrasi 75% setelah pengolahan selama 28 hari dapat dilihat pada gambar **4.39** berikut.



Gambar 4. 39 Hasil Pengujian Kadar Timbal (Pb) dengan Konsentrasi Air Limbah 75% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Terdapat penurunan kadar Timbal (Pb) pada air limbah dengan konsentrasi 75% setelah menjalani proses pengolahan menggunakan *Floating Treatment Wetland* dengan tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) dan bakteri selama 28 hari. Kadar Timbal (Pb) pada bak V5 sebesar 0,319 mg/L sudah berada dibawah baku mutu yang telah ditetapkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 3 Tahun 2010 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Kawasan Industri dan setelah melewati pengolahan menggunakan *Floating Treatment Wetland* kadar Timbal (Pb) pada bak V5 mengalami penurunan.

Untuk lebih jelasnya penurunan kadar Timbal (Pb) pada air limbah konsentrasi 75% dapat dilihat pada gambar **4.40** berikut.



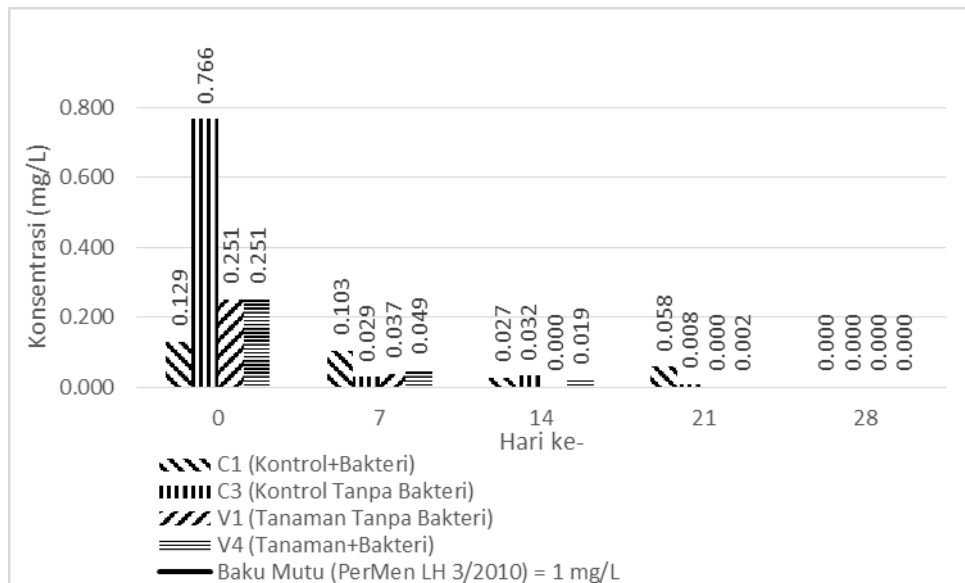
Gambar 4. 40 Persentase Reduksi Kadar Timbal (Pb) dengan Konsentrasi Air Limbah 75% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Persentase reduksi Timbal (Pb) pada bak V5 terpantau cukup stabil dan cenderung sama hingga hari ke-14. Namun, pada hari ke-28 terjadi penurunan persentase reduksi Timbal (Pb) pada bak V5 hingga 0%. Hal ini senada dengan grafik hasil pengujian kadar Timbal (Pb) yang cenderung menurun.

• Air Limbah Konsentrasi 50%

Untuk mengetahui kemampuan bakteri hasil dari ekstraksi tanah di area Balai Yasa Yogyakarta yang tercemar limbah dalam menurunkan kadar Timbal (Pb) air limbah pencucian kereta api Balai Yasa Yogyakarta, maka bakteri yang telah di ekstraksi dicampurkan dengan sampel air limbah pada beberapa bak kontrol dan bak dengan tanaman.

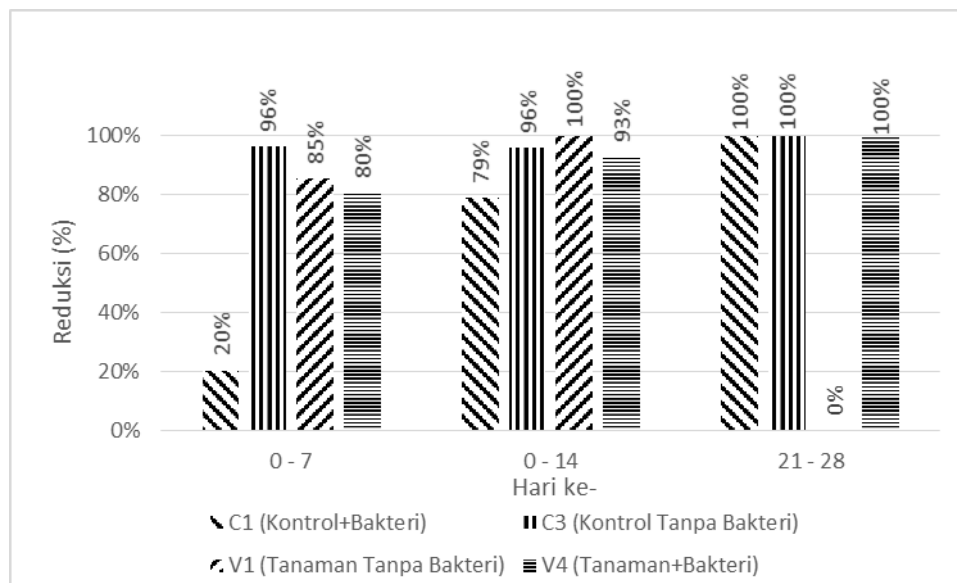
Berikut adalah data hasil pengujian kadar Timbal (Pb) pada air limbah konsentrasi 50% setelah pengolahan selama 28 hari dapat dilihat pada gambar 4.41 berikut.



Gambar 4. 41 Hasil Pengujian Kadar Timbal (Pb) dengan Konsentrasi Air Limbah 50% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Terdapat penurunan kadar Timbal (Pb) pada air limbah dengan konsentrasi 50% setelah menjalani proses pengolahan menggunakan *Floating Treatment Wetland* dengan tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) dan bakteri selama 28 hari. Kadar Timbal (Pb) pada bak C1 sebesar 0,129 mg/L dan V4 sebesar 0,251 mg/L berada dibawah baku mutu yang telah ditetapkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 3 Tahun 2010 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Kawasan Industri dan setelah melewati pengolahan menggunakan *Floating Treatment Wetland* kadar Timbal (Pb) pada bak C1 dan V4 mengalami penurunan.

Untuk lebih jelasnya penurunan kadar Timbal (Pb) pada air limbah konsentrasi 50% dapat dilihat pada gambar **4.42** berikut.



Gambar 4. 42 Persentase Reduksi Kadar Timbal (Pb) dengan Konsentrasi Air Limbah 50% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Persentase reduksi Timbal (Pb) pada bak kontrol C1 dan bak V4 terpantau stabil dan cenderung mengalami peningkatan bahkan mencapai 100% pada hari ke-28.

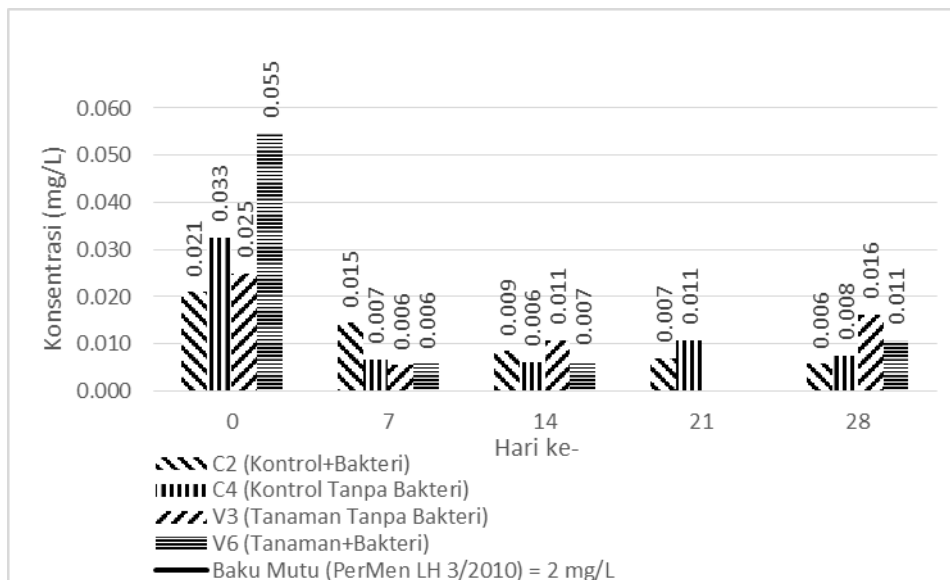
Berdasarkan data diatas, dapat kita lihat bak yang telah mengalami pengolahan menggunakan tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) dan bakteri mampu mengurangi kadar Timbal (Pb) dengan baik begitu pula dengan bak kontrol dengan bakteri. Grafik juga menunjukkan bahwa semakin tinggi Timbal (Pb) pada air, akan semakin tinggi pula efisiensi reduksi kadar Timbal (Pb) pada air limbah. Hal tersebut menunjukkan pengaruh tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) dan bakteri yang tinggi dalam mereduksi kadar Timbal (Pb) pada air limbah Balai Yasa Yogyakarta.

C. Tembaga (Cu)

• Air Limbah Konsentrasi 100%

Untuk mengetahui kemampuan bakteri hasil dari ekstraksi tanah di area Balai Yasa Yogyakarta yang tercemar limbah dalam menurunkan kadar Tembaga (Cu) air limbah pencucian kereta api Balai Yasa Yogyakarta, maka bakteri yang telah di ekstraksi dicampurkan dengan sampel air limbah pada beberapa bak kontrol dan bak dengan tanaman.

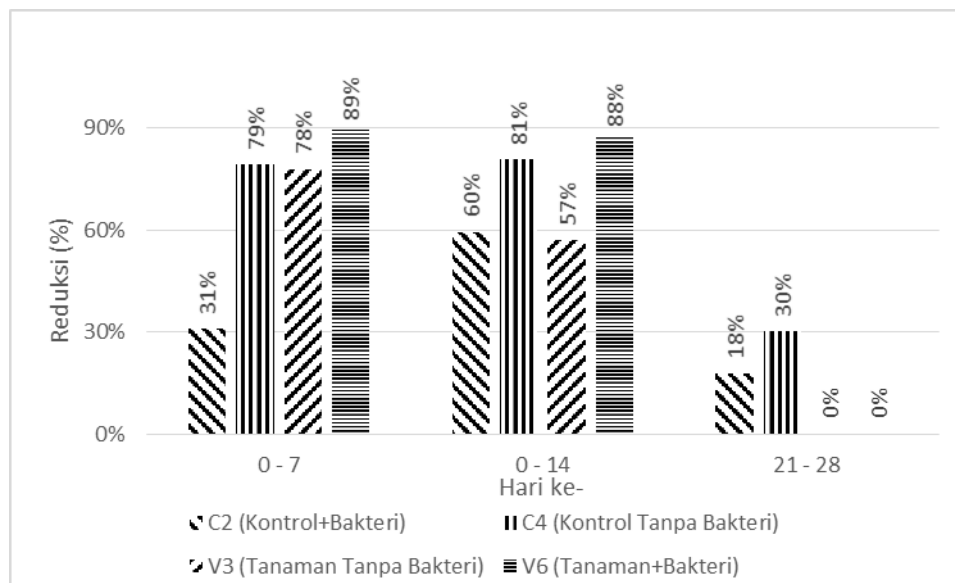
Data hasil pengujian kadar Tembaga (Cu) pada air limbah konsentrasi 100% setelah pengolahan selama 28 hari dapat dilihat pada gambar 4.43 berikut.



Gambar 4. 43 Hasil Pengujian Kadar Tembaga (Cu) dengan Konsentrasi Air Limbah 100% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Terdapat penurunan kadar Tembaga (Cu) pada air limbah dengan konsentrasi 100% setelah menjalani proses pengolahan menggunakan *Floating Treatment Wetland* dengan tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) dan bakteri selama 28 hari. Kadar Tembaga (Cu) pada bak C2 sebesar 0,021 mg/L dan bak V6 sebesar 0,055 mg/L berada cukup jauh dibawah baku mutu yang telah ditetapkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 3 Tahun 2010 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Kawasan Industri. Meskipun begitu, setelah melewati pengolahan menggunakan *Floating Treatment Wetland* kadar Tembaga (Cu) pada semua bak mengalami penurunan walaupun ditemukan sedikit adanya fluktuasi kadar Tembaga (Cu) pada beberapa bak.

Untuk lebih jelasnya penurunan kadar Tembaga (Cu) pada air limbah konsentrasi 100% dapat dilihat pada gambar 4.44 berikut.



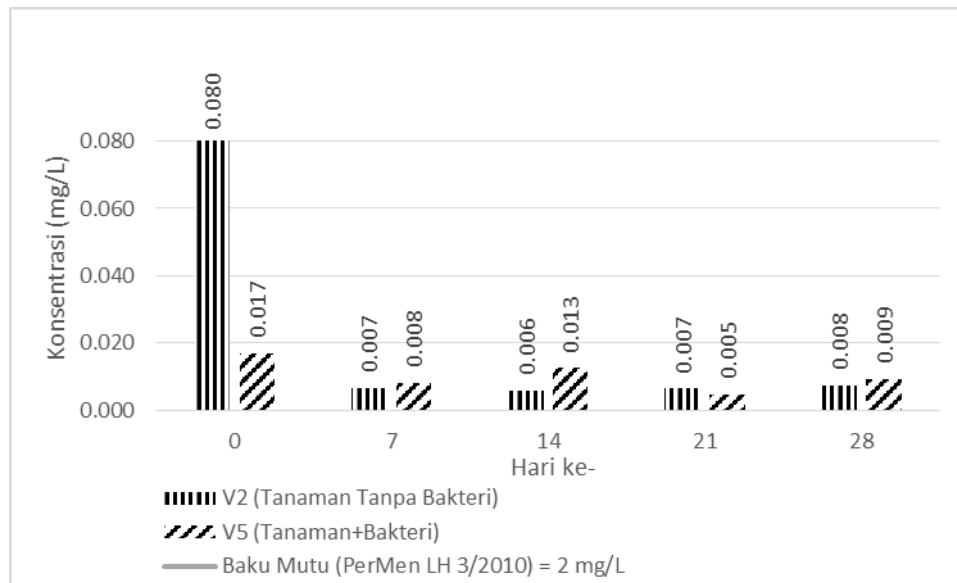
Gambar 4. 44 Persentase Reduksi Kadar Tembaga (Cu) dengan Konsentrasi Air Limbah 100% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Pada gambar diatas, persentase reduksi Tembaga (Cu) pada bak kontrol C2 dan bak V6 terpantau cukup tinggi hingga hari ke-14 yang mencapai msing-masing 60% dan 88%. Pada hari ke- 28, persentasenya mengalami penurunan hingga mencapai angka 18% untuk bak C2 dan 0% untuk bak V6.

• Air Limbah Konsentrasi 75%

Untuk mengetahui kemampuan bakteri hasil dari ekstraksi tanah di area Balai Yasa Yogyakarta yang tercemar limbah dalam menurunkan kadar Tembaga (Cu) air limbah pencucian kereta api Balai Yasa Yogyakarta, maka bakteri yang telah di ekstraksi dicampurkan dengan sampel air limbah pada beberapa bak kontrol dan bak dengan tanaman.

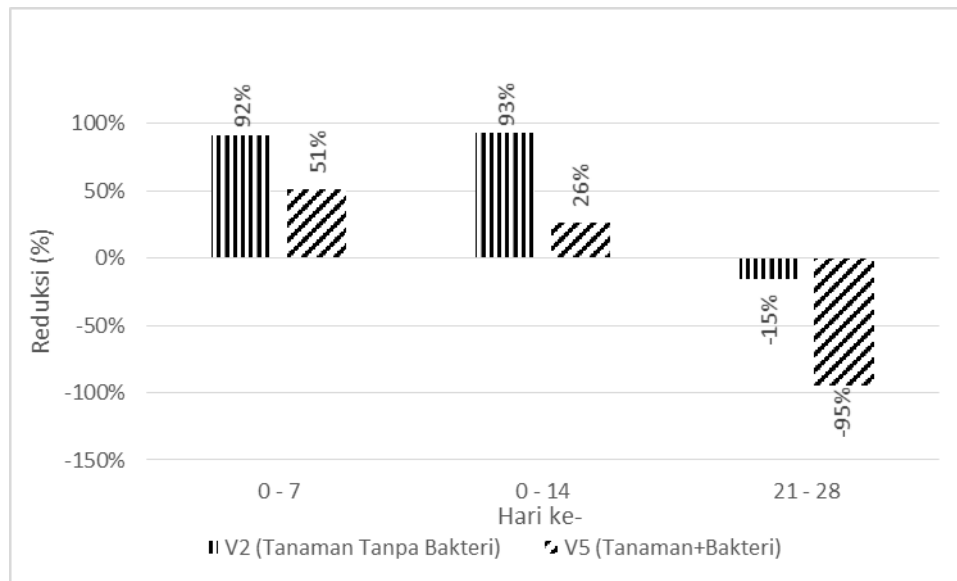
Data hasil pengujian kadar Tembaga (Cu) pada air limbah konsentrasi 75% setelah pengolahan selama 28 hari dapat dilihat pada gambar **4.45** berikut.



Gambar 4. 45 Hasil Pengujian Kadar Tembaga (Cu) dengan Konsentrasi Air Limbah 75% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Terdapat penurunan kadar Tembaga (Cu) pada air limbah dengan konsentrasi 75% setelah menjalani proses pengolahan menggunakan *Floating Treatment Wetland* dengan tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) dan bakteri selama 28 hari. Kadar Tembaga (Cu) pada bak V5 sebesar 0,017 mg/L berada jauh dibawah baku mutu yang telah ditetapkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 3 Tahun 2010 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Kawasan Industri. Meskipun begitu, setelah melewati pengolahan menggunakan *Floating Treatment Wetland* kadar Tembaga (Cu) pada semua bak mengalami penurunan walaupun ditemukan sedikit adanya fluktuasi kadar Tembaga (Cu).

Untuk lebih jelasnya penurunan kadar Tembaga (Cu) pada air limbah konsentrasi 75% dapat dilihat pada gambar **4.46** berikut.



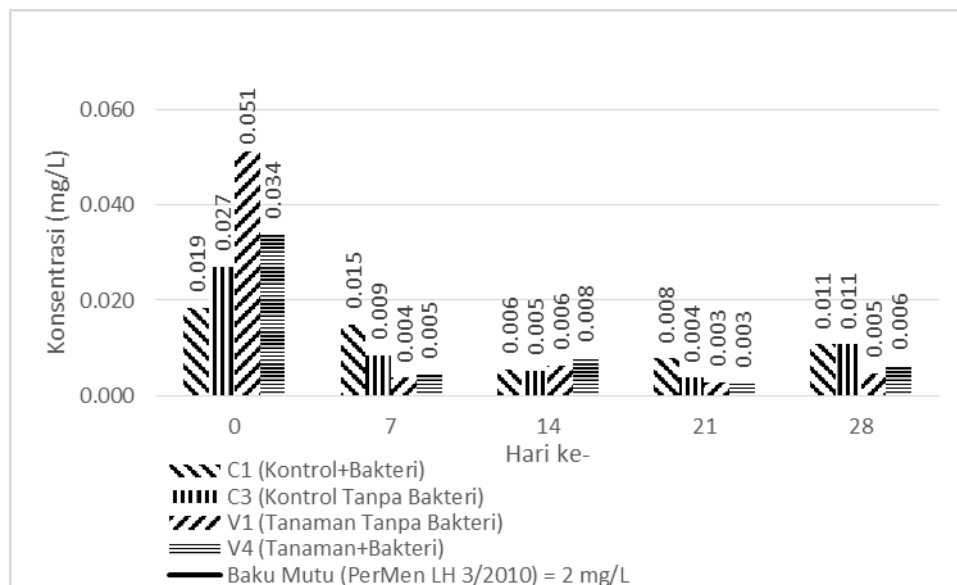
Gambar 4. 46 Persentase Reduksi Kadar Tembaga (Cu) dengan Konsentrasi Air Limbah 75% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Persentase reduksi Tembaga (Cu) pada bak V5 hari ke- 7 sebesar 51%, selanjutnya di hari ke- 14 dan 28 mengalami penurunan.

• **Air Limbah Konsentrasi 50%**

Untuk mengetahui kemampuan bakteri hasil dari ekstraksi tanah di area Balai Yasa Yogyakarta yang tercemar limbah dalam menurunkan kadar Tembaga (Cu) air limbah pencucian kereta api Balai Yasa Yogyakarta, maka bakteri yang telah di ekstraksi dicampurkan dengan sampel air limbah pada beberapa bak kontrol dan bak dengan tanaman.

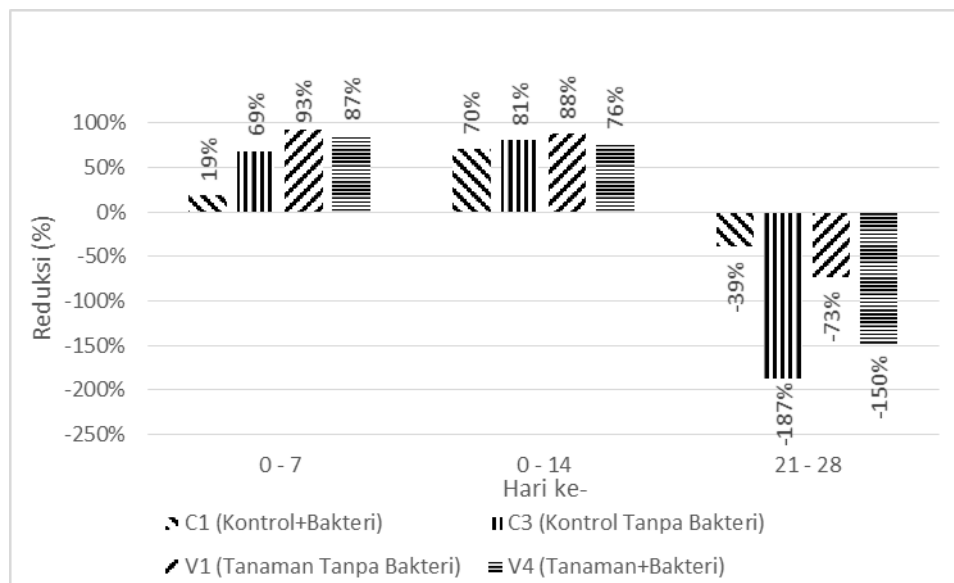
Data hasil pengujian kadar Tembaga (Cu) pada air limbah konsentrasi 50% setelah pengolahan selama 28 hari dapat dilihat pada gambar **4.47** berikut.



Gambar 4. 47 Hasil Pengujian Kadar Tembaga (Cu) dengan Konsentrasi Air Limbah 50% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Terdapat penurunan kadar Tembaga (Cu) pada air limbah dengan konsentrasi 100% setelah menjalani proses pengolahan menggunakan *Floating Treatment Wetland* dengan tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) selama 28 hari. Kadar Tembaga (Cu) pada bak C1 sebesar 0,019 mg/L dan dan bak V4 sebesar 0,034 mg/L sudah berada jauh dibawah baku mutu yang telah ditetapkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 3 Tahun 2010 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Kawasan Industri. Meskipun begitu, setelah melewati pengolahan menggunakan *Floating Treatment Wetland* kadar Tembaga (Cu) pada semua bak mengalami penurunan walaupun ditemukan sedikit adanya fluktuasi kadar Tembaga (Cu).

Untuk lebih jelasnya penurunan kadar Tembaga (Cu) pada air limbah konsentrasi 50% dapat dilihat pada gambar **4.48** berikut.



Gambar 4. 48 Persentase Reduksi Kadar Tembaga (Cu) dengan Konsentrasi Air Limbah 50% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Persentase reduksi Tembaga (Cu) pada bak kontrol C1 dan bak V4 terpantau cukup tinggi hingga hari ke-14 yang masing-masing angkanya sebesar 70% dan 76%.

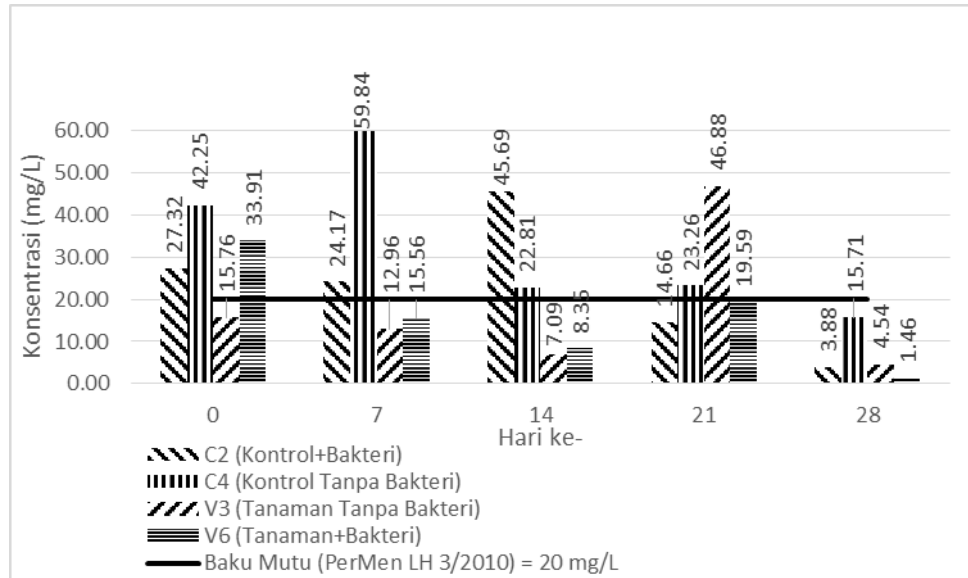
Berdasarkan data diatas, dapat kita lihat bak yang telah mengalami pengolahan menggunakan tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) dan bakteri mampu mengurangi kadar Tembaga (Cu) dengan baik begitu pula dengan bak kontrol dengan bakteri. Grafik juga menunjukkan bahwa semakin tinggi Tembaga (Cu) pada air, akan semakin tinggi pula efisiensi reduksi kadar Tembaga (Cu) pada air limbah. Hal tersebut menunjukkan pengaruh tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) dan bakteri yang tinggi dalam mereduksi kadar Tembaga (Cu) pada air limbah Balai Yasa Yogyakarta.

4.2.2 Pengaruh Tanaman dan Bakteri Terhadap Reduksi Amonia

• Air Limbah Konsentrasi 100%

Untuk mengetahui kemampuan bakteri hasil dari ekstraksi tanah di area Balai Yasa Yogyakarta yang tercemar limbah dalam menurunkan kadar amonia air limbah pencucian kereta api Balai Yasa Yogyakarta, maka bakteri yang telah di ekstraksi dicampurkan dengan sampel air limbah pada beberapa bak kontrol dan bak dengan tanaman.

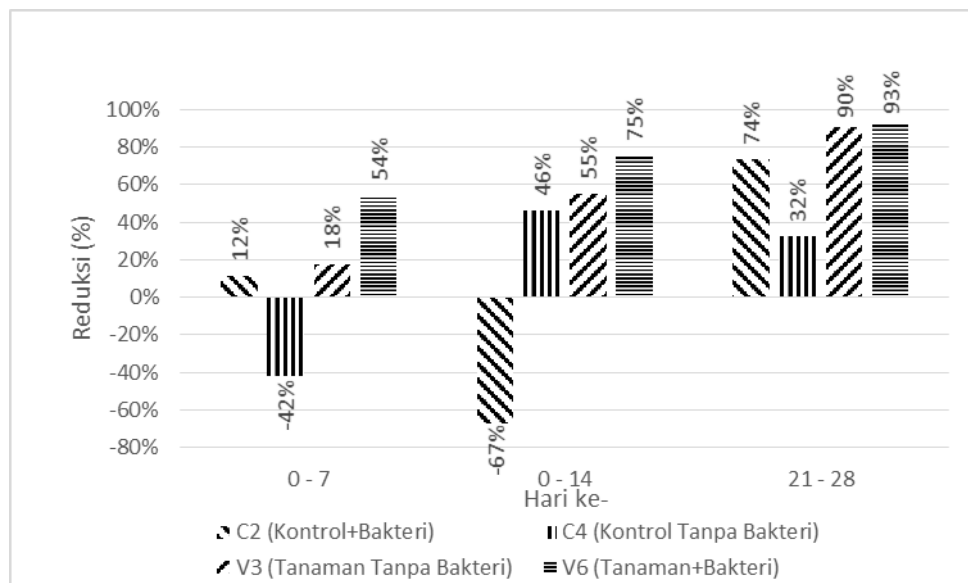
Data hasil pengujian konsentrasi amonia pada air limbah konsentrasi 100% setelah pengolahan selama 28 hari dapat dilihat pada gambar 4.49 berikut.



Gambar 4. 49 Hasil Pengujian Kadar Amonia dengan Konsentrasi Air Limbah 100% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Terdapat penurunan kadar amonia pada air limbah dengan konsentrasi 100% setelah menjalani proses pengolahan menggunakan *Floating Treatment Wetland* dengan tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) dan bakteri selama 28 hari. Terdapat kenaikan kadar amonia pada C2 hari ke-14. Setelah mendapatkan pengolahan, pada hari ke- 28, kadar amonia pada bak C2 sebesar 3,88% dan V6 sebesar 1,46% masing-masing telah berada dibawah baku mutu Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 3 Tahun 2010 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Kawasan Industri.

Untuk lebih jelasnya penurunan kadar amonia pada air limbah konsentrasi 100% dapat dilihat pada gambar berikut.



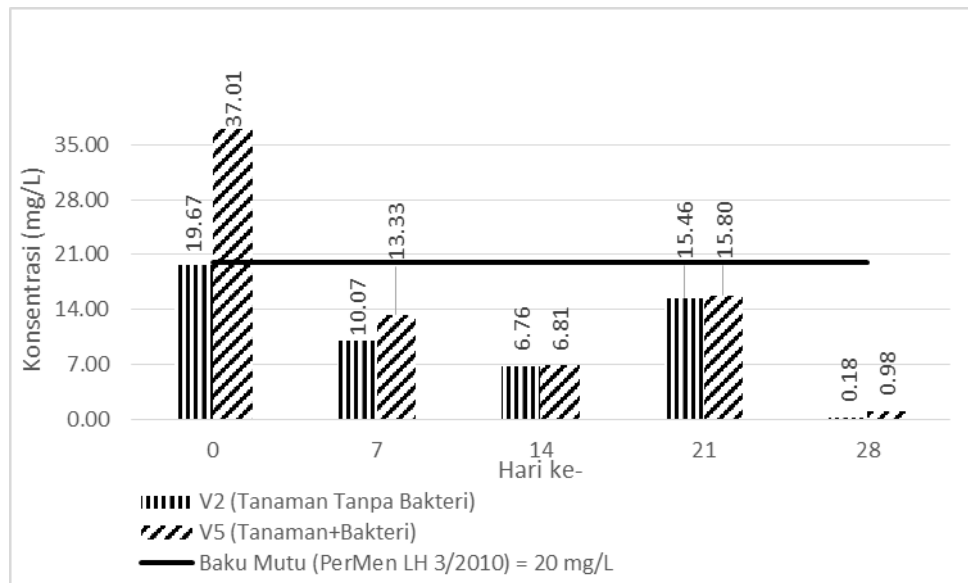
Gambar 4. 50 Persentase Reduksi Kadar Amonia dengan Konsentrasi Air Limbah 100% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Persentase reduksi amonia pada bak V6 cenderung meningkat dari waktu ke waktu. Hal sebaliknya terjadi pada bak C2 yang mana reduksinya berfluktuasi. Persentase reduksi tertinggi untuk bak C2 yaitu pada hari ke- 14 sebanyak 46% sementara untuk bak V6 yaitu pada hari ke- 28 sebesar 93%.

- **Air Limbah Konsentrasi 75%**

Untuk mengetahui kemampuan bakteri hasil dari ekstraksi tanah di area Balai Yasa Yogyakarta yang tercemar limbah dalam menurunkan kadar amonia air limbah pencucian kereta api Balai Yasa Yogyakarta, maka bakteri yang telah di ekstraksi dicampurkan dengan sampel air limbah pada beberapa bak kontrol dan bak dengan tanaman.

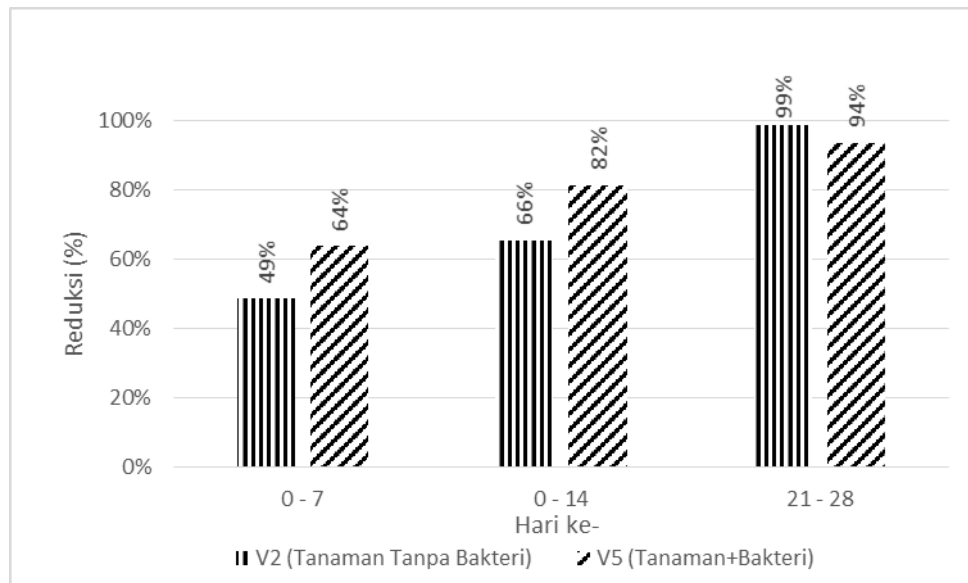
Data hasil pengujian konsentrasi amonia pada air limbah konsentrasi 75% setelah pengolahan selama 28 hari dapat dilihat pada gambar **4.51** berikut.



Gambar 4. 51 Hasil Pengujian Kadar Amonia dengan Konsentrasi Air Limbah 75% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Terdapat penurunan kadar amonia pada air limbah dengan konsentrasi 75% setelah menjalani proses pengolahan menggunakan *Floating Treatment Wetland* dengan tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) dan bakteri selama 28 hari. Setelah melewati pengolahan selama 28 hari, kadar amonia pada bak V5 sebesar 0,98% telah berada dibawah baku mutu Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 3 Tahun 2010 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Kawasan Industri.

Untuk lebih jelasnya penurunan kadar amonia pada air limbah konsentrasi 75% dapat dilihat pada gambar 4.52 berikut.



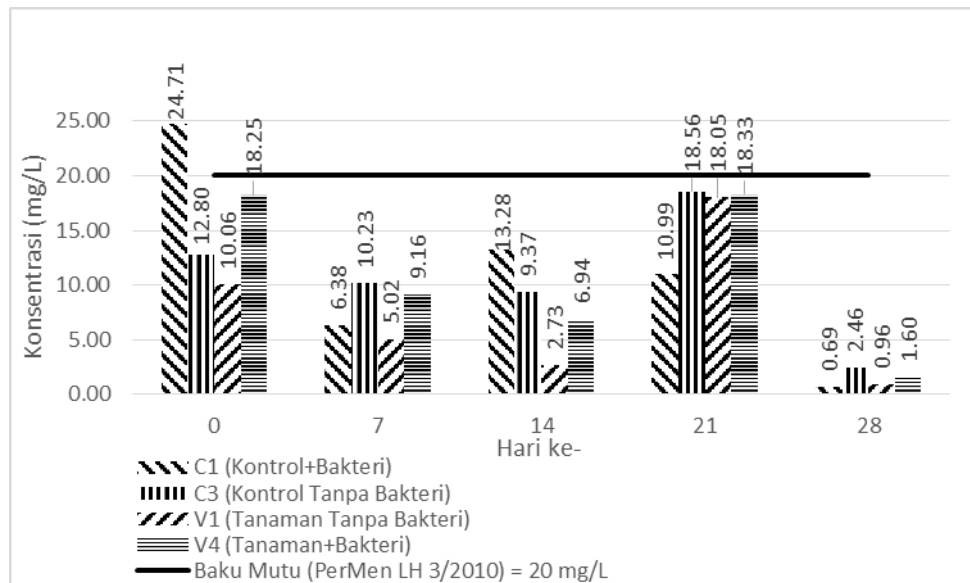
Gambar 4. 52 Persentase Reduksi Kadar Amonia dengan Konsentrasi Air Limbah 75% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Persentase reduksi amonia pada bak V5 cenderung meningkat dari waktu ke waktu dan mencapai puncaknya pada hari ke- 28 sebesar 94%.

- **Air Limbah Konsentrasi 50%**

Untuk mengetahui kemampuan bakteri hasil dari ekstraksi tanah di area Balai Yasa Yogyakarta yang tercemar limbah dalam menurunkan kadar amonia air limbah pencucian kereta api Balai Yasa Yogyakarta, maka bakteri yang telah di ekstraksi dicampurkan dengan sampel air limbah pada beberapa bak kontrol dan bak dengan tanaman.

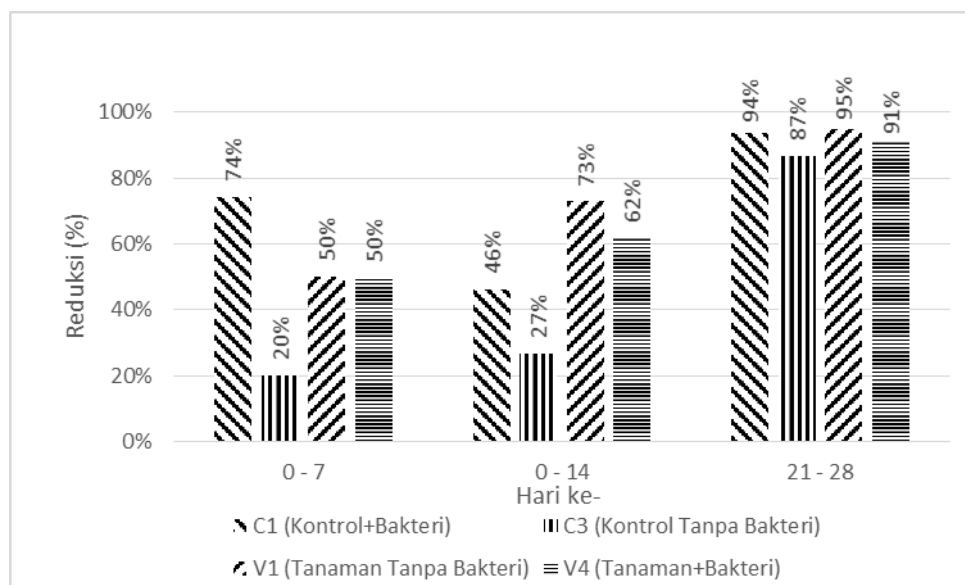
Data hasil pengujian konsentrasi amonia pada air limbah konsentrasi 50% setelah pengolahan selama 28 hari dapat dilihat pada gambar **4.54** berikut.



Gambar 4. 53 Hasil Pengujian Kadar Amonia dengan Konsentrasi Air Limbah 50% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Terdapat penurunan kadar amonia pada air limbah dengan konsentrasi 50% setelah menjalani proses pengolahan menggunakan *Floating Treatment Wetland* dengan tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) dan bakteri selama 28 hari. Kenaikan kadar amonia pada bak C1 hari ke- 14 sebesar 13,28 mg/L. Setelah melewati pengolahan selama 28 hari, kadar amonia pada bak C1 sebesar 0,69% dan bak V4 sebesar 1,60mg/L telah berada dibawah baku mutu telah berada dibawah baku mutu Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 3 Tahun 2010 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Kawasan Industri.

Untuk lebih jelasnya penurunan kadar amonia pada air limbah konsentrasi 50% dapat dilihat pada gambar 4.54 berikut.



Gambar 4. 54 Persentase Reduksi Kadar Amonia dengan Konsentrasi Air Limbah 50% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Persentase reduksi amonia pada bak V4 cenderung meningkat dari waktu ke waktu dan mencapai puncaknya pada hari ke- 28 sebesar 91%. Hal sebaliknya terjadi pada bak C1 yang mengalami penurunan pada hari ke-14 sebesar 46%.

Seperti semua organisme hidup, bakteri membutuhkan bahan organik untuk makanan, akses ke air dan suhu yang sesuai. Kebanyakan bakteri bisa mengurai bahan organik dan menerima makanan dalam prosesnya. Bakteri tersebut "memakan" zat yang membusuk di tanah dan sistem air dan sangat penting dalam perputaran bahan organik di ekosistem. Air limbah itu sendiri penuh dengan bahan organik dan nutrisi. Bakteri bisa memecah bahan organik ini dan memperoleh energi dan nutrisi untuk pertumbuhan sel dengan cara yang sama seperti manusia memperoleh energi dan nutrisi untuk pertumbuhan dari makanan mereka.

Berdasarkan data yang telah ditampilkan, dapat diketahui bahwa efisiensi penggunaan tanaman vetiver (*Vetivera zizanioides*) dan bakteri pada bak *Floating Treatment Wetland* menunjukkan hasil yang cukup baik yang dapat dilihat dari kadar amonia yang berangsur-angsur mengalami penurunan pada bak kontrol dengan bakteri maupun bak dengan tanaman dan bakteri. Grafik diatas juga menunjukkan bahwa dengan menambahkan bakteri hasil dari ekstraksi tanah di area Balai Yasa Yogyakarta yang tercemar limbah mampu meningkatkan persentase

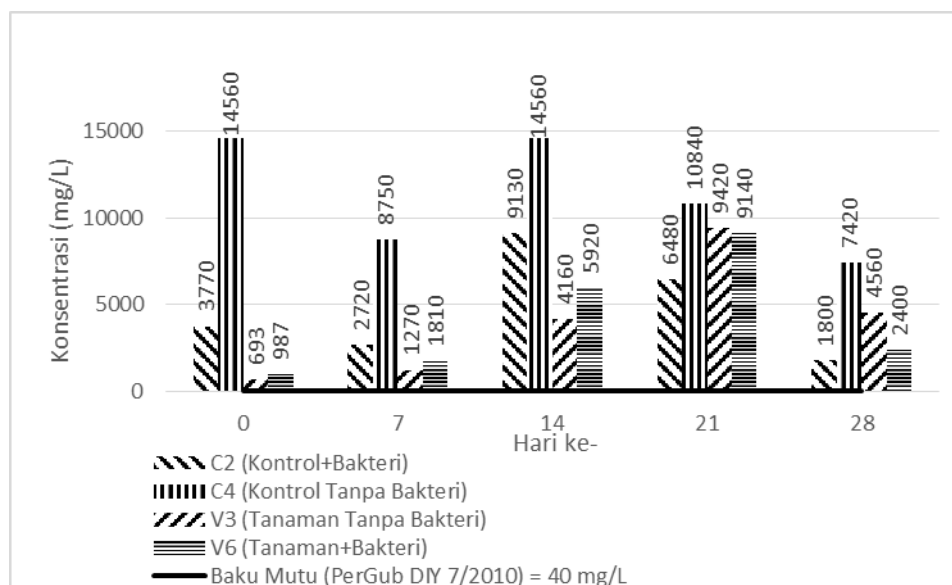
reduksi amonia pada air limbah. Hal ini menunjukkan tingginya potensi tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) dengan penambahan bakteri dalam mengolah air limbah yang tercemar amonia dengan sistem *Floating Treatment Wetland*.

4.2.3 Pengaruh Tanaman dan Bakteri Terhadap Reduksi *Total Suspended Solid* (TSS)

• Air Limbah Konsentrasi 100%

Untuk mengetahui kemampuan bakteri hasil dari ekstraksi tanah di area Balai Yasa Yogyakarta yang tercemar limbah dalam menurunkan konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) air limbah pencucian kereta api Balai Yasa Yogyakarta, maka bakteri yang telah di ekstraksi dicampurkan dengan sampel air limbah pada beberapa bak kontrol dan bak dengan tanaman.

Data hasil pengujian konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) pada air limbah konsentrasi 100% setelah pengolahan selama 28 hari dapat dilihat pada gambar 4.55 berikut.

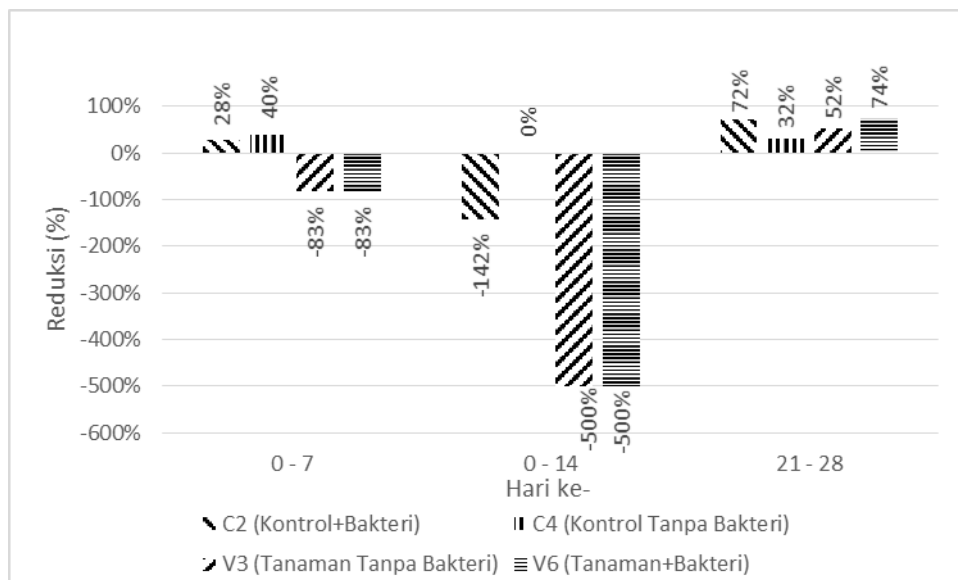


Gambar 4. 55 Hasil Pengujian Kadar Total Suspended Solid (TSS) dengan Konsentrasi Air Limbah 100% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) pada air limbah hasil pencucian kereta api di Balai Yasa Yogyakarta PT. Kereta Api Indonesia sangat tinggi dan jauh 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). Akan tetapi, setelah melewati pengolahan menggunakan *Floating Treatment Wetland* dengan tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) dan bakteri selama 28 hari konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) pada bak C2 dan bak V6 justru berfluktuasi. Kenaikan terjadi pada bak C2 hari ke-14, V6 hari ke-7, V6 hari ke-14. Namun, pada hari ke-28 konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) mengalami penurunan hingga 1800 mg/L untuk bak C2 dan 2400 mg/L untuk bak V6 meskipun konsentrasinya masih melebihi baku mutu yang telah ditetapkan.

Untuk lebih jelasnya penurunan *Total Suspended Solid* (TSS) pada air limbah konsentrasi 100% dapat dilihat pada gambar 4.56 berikut.



Gambar 4. 56 Persentase Reduksi Kadar Total Suspended Solid (TSS) dengan Konsentrasi Air Limbah 100% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

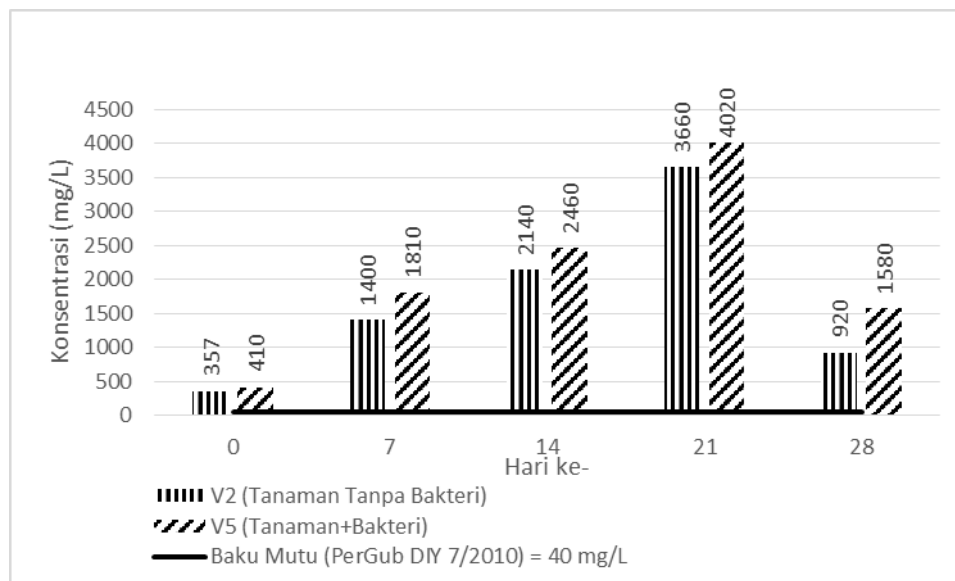
Persentase reduksi *Total Suspended Solid* (TSS) pada bak kontrol C2 dan bak V6 hari ke- 0 hingga ke- 14 cenderung rendah apabila dibandingkan dengan reduksi di hari ke- 21 hingga ke-28 yang mencapai 72% pada bak C2 dan 74% untuk bak V6.

- **Air Limbah Konsentrasi 75%**

Untuk mengetahui kemampuan bakteri hasil dari ekstraksi tanah di area Balai Yasa Yogyakarta yang tercemar limbah dalam menurunkan konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) air limbah pencucian kereta api Balai Yasa Yogyakarta,

maka bakteri yang telah di ekstraksi dicampurkan dengan sampel air limbah pada beberapa bak kontrol dan bak dengan tanaman.

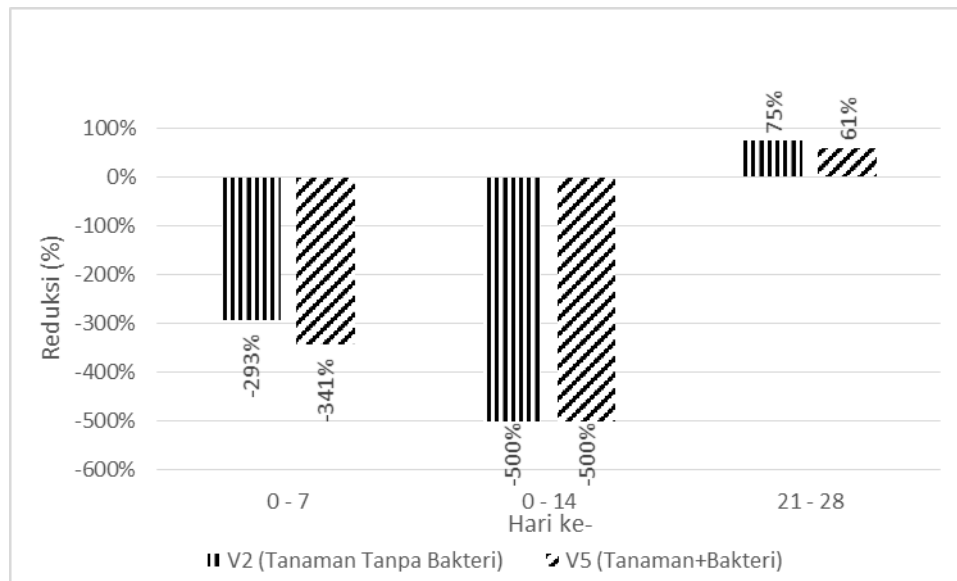
Data hasil pengujian konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) pada air limbah konsentrasi 75% setelah pengolahan selama 28 hari dapat dilihat pada gambar 4.57 berikut.



Gambar 4. 57 Hasil Pengujian Kadar Total Suspended Solid (TSS) dengan Konsentrasi Air Limbah 75% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) pada air limbah hasil pencucian kereta api di Balai Yasa Yogyakarta PT. Kereta Api Indonesia sangat tinggi dan jauh 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). Akan tetapi, setelah melewati pengolahan menggunakan *Floating Treatment Wetland* dengan tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) dan bakteri selama 28 hari konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) pada bak V5 justru mengalami kenaikan. Kenaikan terus terjadi hingga hari ke- 14. Namun, pada hari ke-28 konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) pada bak V5 mengalami penurunan hingga 1580 mg/L.

Untuk lebih jelasnya penurunan *Total Suspended Solid* (TSS) pada air limbah konsentrasi 75% dapat dilihat pada gambar 4.58 berikut.



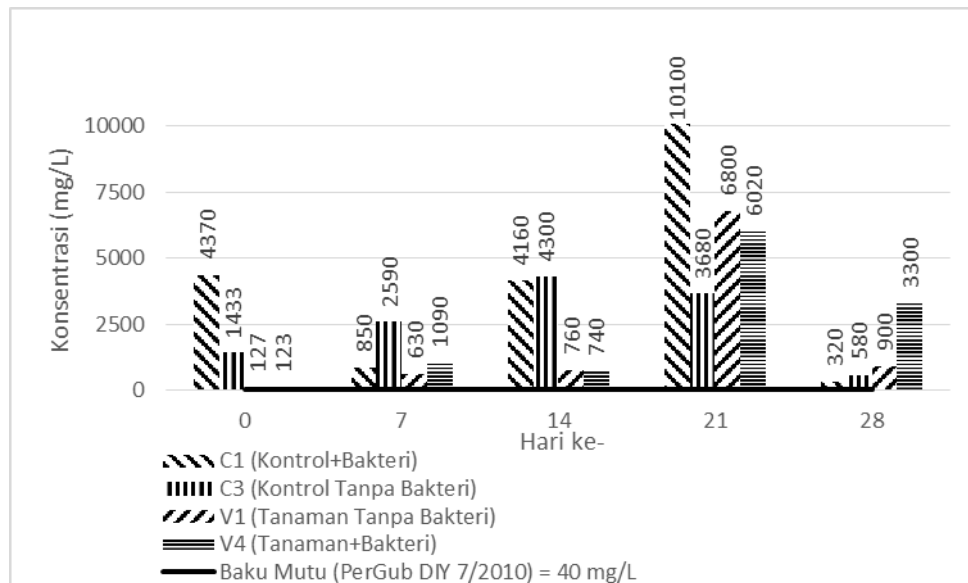
Gambar 4. 58 Persentase Reduksi Kadar Total Suspended Solid (TSS) dengan Konsentrasi Air Limbah 75% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Persentase reduksi *Total Suspended Solid* (TSS) pada bak V5 hingga hari ke- 14 nilainya negatif yang menandakan tidak ada reduksi. Hal ini senada dengan grafik konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) yang juga menunjukkan kenaikan. Akan tetapi, pada hari ke 21-28 persentase reduksi naik secara tajam mencapai 61%.

- **Air Limbah Konsentrasi 50%**

Untuk mengetahui kemampuan bakteri hasil dari ekstraksi tanah di area Balai Yasa Yogyakarta yang tercemar limbah dalam menurunkan konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) air limbah pencucian kereta api Balai Yasa Yogyakarta, maka bakteri yang telah di ekstraksi dicampurkan dengan sampel air limbah pada beberapa bak kontrol dan bak dengan tanaman.

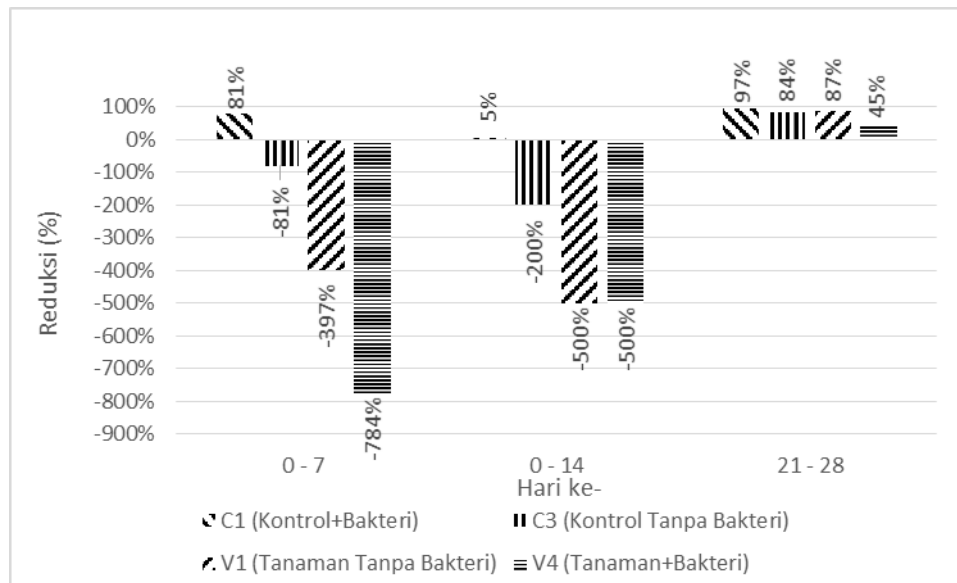
Data hasil pengujian konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) pada air limbah konsentrasi 50% setelah pengolahan selama 28 hari dapat dilihat pada gambar 4.59 berikut:



Gambar 4.59 Hasil Pengujian Kadar Total Suspended Solid (TSS) dengan Konsentrasi Air Limbah 50% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) pada air limbah hasil pencucian kereta api di Balai Yasa Yogyakarta PT. Kereta Api Indonesia sangat tinggi dan jauh 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). Akan tetapi, setelah melewati pengolahan menggunakan *Floating Treatment Wetland* selama 28 hari konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) pada bak C1 dan justru mengalami fluktuasi.

Untuk lebih jelasnya penurunan *Total Suspended Solid* (TSS) pada air limbah konsentrasi 50% dapat dilihat pada gambar **4.60** berikut.



Gambar 4. 60 Persentase Reduksi Kadar Total Suspended Solid (TSS) dengan Konsentrasi Air Limbah 50% Pada Hari ke- 0, 7, 14, 21, 28

Persentase reduksi *Total Suspended Solid* (TSS) pada bak V4 hingga hari ke- 14 nilainya negatif yang menandakan tidak ada reduksi. Akan tetapi persentase reduksi naik menjadi 97% untuk bak C1 dan 45% untuk bak V6.

Dari data yang telah ditampilkan, terlihat bahwa penggunaan tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) dan bakteri kurang efisien dalam mereduksi konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) terbukti dengan hampir seluruh bak mengalami fluktuasi hingga hari ke-14, meskipun pada hari ke-28 semua bak mengalami sedikit penurunan. Hasil dari penelitian yang telah dilakukan kontradiktif dengan penelitian terdahulu. Hal ini menunjukkan potensi tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) dan bakteri yang rendah dalam mereduksi konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS).

Tabel 4. 1 Persentase Reduksi Pencemar Seluruh Parameter

Sampel	% removal									
	Fe		Pb		Cu		Amonia		TSS	
	Hari ke- 14	Hari ke- 28	Hari ke- 14	Hari ke- 28	Hari ke- 14	Hari ke- 28	Hari ke- 14	Hari ke- 28	Hari ke- 14	Hari ke- 28
V1 (Tanaman+Air Limbah Konsentrasi 50%)	91%	38%	100%	0%	88%	-73%	73%	95%	-500%	87%
V2 (Tanaman+Air Limbah Konsentrasi 75%)	81%	-18%	93%	100%	93%	-15%	-67%	74%	-500%	75%
V3 (Tanaman+Air Limbah Konsentrasi 100%)	86%	-108%	90%	-105%	57%	0%	27%	87%	-500%	52%
V4 (Tanaman+Bakteri+Air Limbah Konsentrasi 50%)	77%	-13%	93%	100%	76%	-150%	62%	91%	-500%	45%
V5 (Tanaman+Bakteri+Air Limbah Konsentrasi 75%)	82%	15%	95%	0%	26%	-95%	82%	94%	-500%	61%
V6 (Tanaman+Bakteri+Air Limbah Konsentrasi 100%)	94%	13%	95%	0%	88%	0%	75%	93%	-500%	74%
C1 (Bakteri+Air Limbah Konsentrasi 50%)	-163%	-63%	79%	100%	70%	-39%	46%	94%	5%	97%
C2 (Bakteri+Air Limbah Konsentrasi 100%)	-61%	6%	80%	100%	60%	18%	-67%	74%	-142%	72%
C3 (Air Limbah Konsentrasi 50%)	99%	-216%	96%	100%	81%	-187%	27%	87%	-200%	84%
C4 (Air Limbah Konsentrasi 100%)	100%	-137%	97%	100%	81%	30%	46%	32%	0%	32%

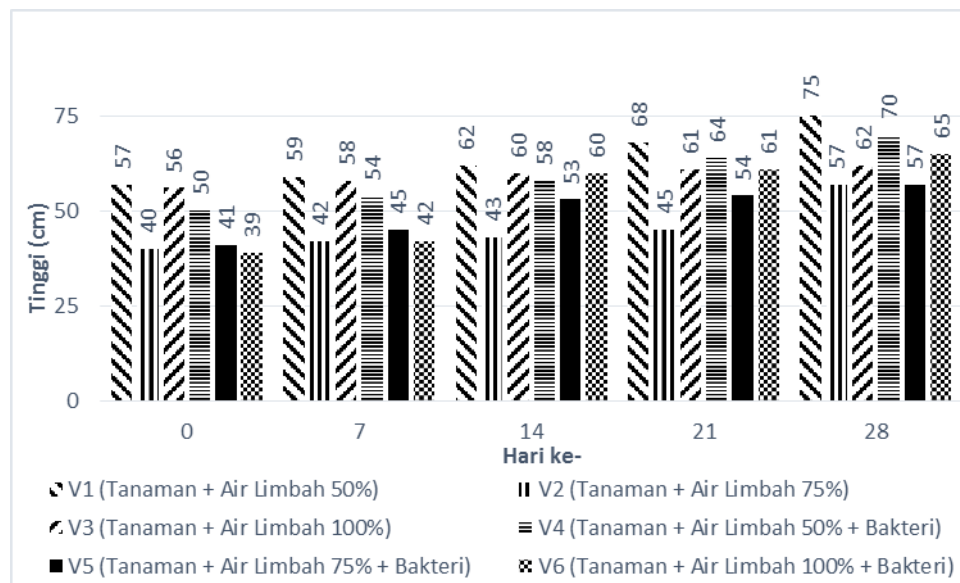
Berdasarkan tabel diatas, dapat diamati persentase reduksi tertinggi mencapai 100% yang menandakan pencemar tersebut telah benar-benar hilang dari air limbah. Didapati kemampuan beberapa bak kontrol tanpa pengolahan dan atau hanya dengan menambahkan bakteri mampu mereduksi kadar logam seperti Besi (Fe), dan Timbal (Pb) yang mencapai 100%. Hal ini dapat disebabkan karena logam berat pada perairan akan mengalami pengendapan dan kemudian diserap oleh organisme yang ada pada perairan (Sarjono, 2009).

Selain itu ditemui pengolahan dengan tanaman Vetiver (*Vetivera zizanioides*) saja mampu mereduksi pencemar dengan baik. Melalui penambahan bakteri diperoleh peningkatan persentase reduksi hampir seluruh parameter. Hal ini menunjukkan kombinasi *Floating Treatment Wetland* dengan menggunakan tanaman Vetiver (*Vetivera zizanioides*) saja sudah sangat baik dalam mengolah air limbah Balai Yasa Yogyakarta dan dengan penambahan bakteri mampu meningkatkan persentasenya.

4.3 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.

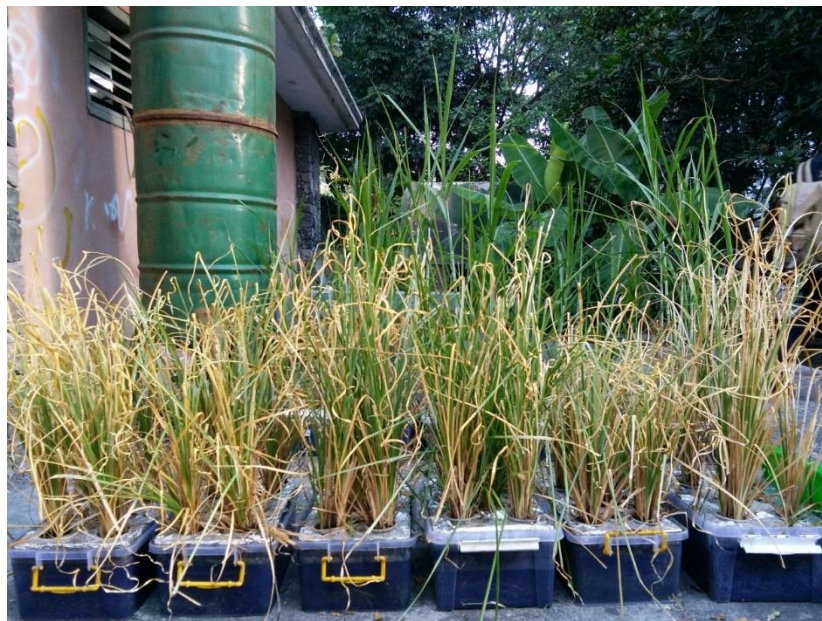


Gambar 4. 61 Tinggi tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) dari hari ke 0-28

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 4. 62 kondisi daun tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) pada hari ke- 0



Gambar 4. 63 kondisi daun tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) pada hari ke- 28

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.



Gambar 4. 64 Kondisi akar tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) pada hari ke- 7 penelitian



Gambar 4. 65 Kondisi akar tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) pada hari ke- 14 penelitian



Gambar 4. 66 Kondisi akar tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) pada hari ke- 21 penelitian



Gambar 4. 67 Kondisi akar tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) pada hari ke- 28 penelitian

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.).

Berdasarkan data konsentrasi Pencemar pada air selama pengamatan serta pengamatan fisiologis tanaman, penggunaan tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) serta penambahan bakteri hasil dari ekstraksi tanah di area Balai Yasa Yogyakarta yang tercemar limbah dengan metode *Floating Treatment Wetland* dapat dijadikan sebagai sarana alternatif pengolahan air limbah pencucian kereta api Balai Yasa Yogyakarta.