

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA

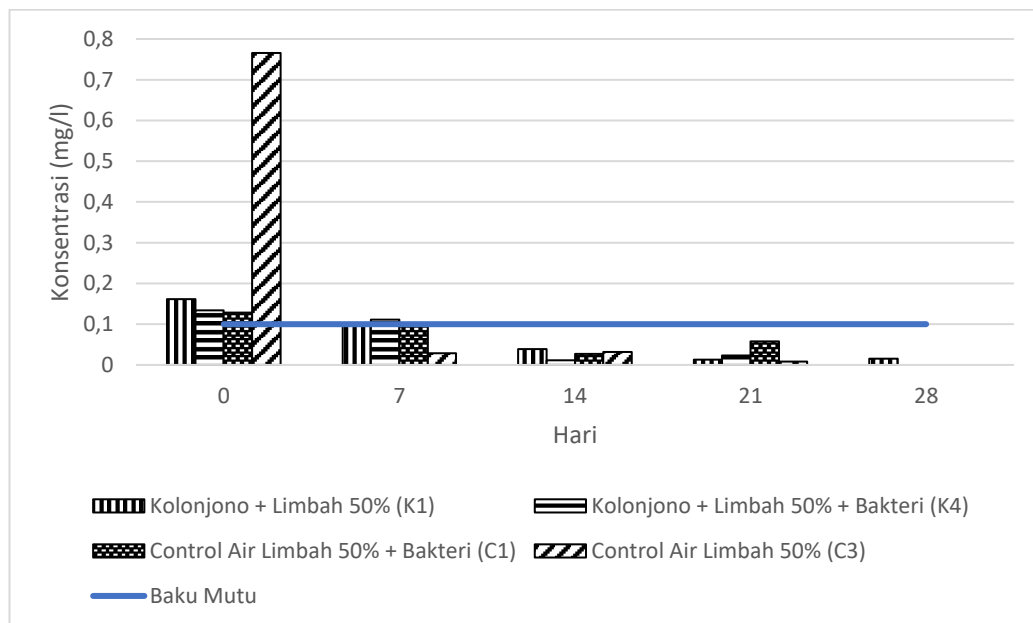
4.1 Pengaruh Tanaman Kolonjono (*Brachiaria mutica*) terhadap Removal Logam pada Air Limbah Balai Yasa PT.KAI

4.1.1 Timbal (Pb)

A. Timbal (Pb) dalam Konsentrasi Limbah 50%

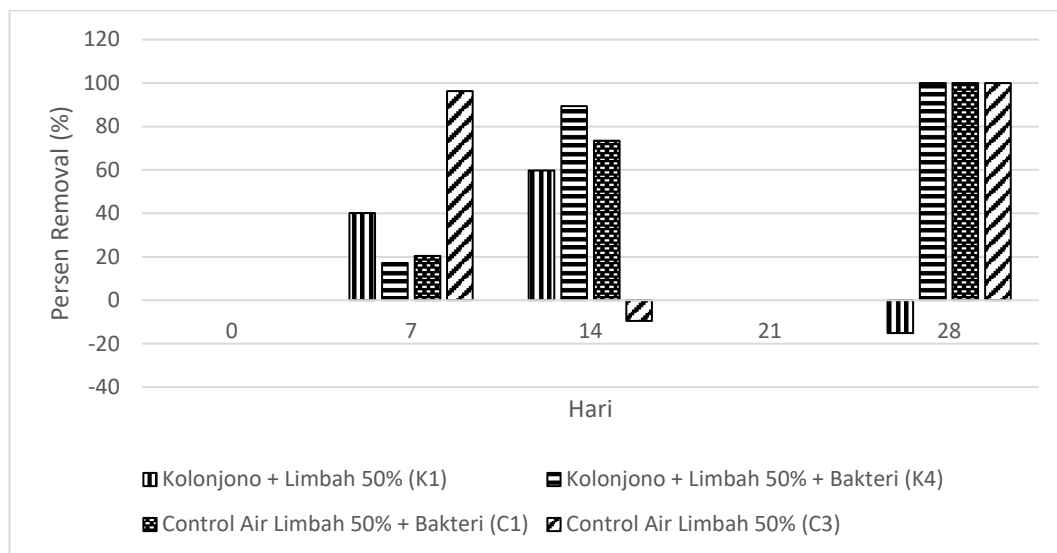
Dari hasil penelitian semua reaktor mampu mengurangi konsentrasi Pb dalam limbah yang telah dicairkan sebanyak 50% dengan kombinasi antara Kolonjono (*Brachiaria mutica*) dan bakteri atau tanpa bakteri. Kandungan Pb pada hari 0 pada seluruh reaktor melewati batas baku mutu menurut Peraturan Daerah DIY Nomor 7 Tahun 2016. Pada hari ke – 7 container K1 menunjukkan penurunan dari 0,162 mg/l menjadi 0,097 mg/l dan pada hari ke – 14 turun hingga 0,039 mg/l.

Pada reaktor C3 juga terjadi penurunan Pb dari 0,76 menjadi 0,028 mg/l. Kadar Pb menurun pada seluruh reaktor hingga dibawah baku mutu, termasuk *control*. Akan tetapi pada hari ke – 16 terdapat penambahan air limbah karena air limbah telah habis terserap oleh tanaman. Hal ini mengakibatkan kandungan Pb di beberapa reaktor bertambah pada hari ke – 21 dan kemudian kembali menurun di hari ke – 28.



Gambar 4.1 Kandungan Pb Menggunakan Tanaman Kolonjono + Limbah 50%

Persentase *removal* kadar Pb menggunakan tanaman Kolonjono dengan kondisi limbah yang telah diencerkan 50% dapat dilihat pada gambar 4.2:



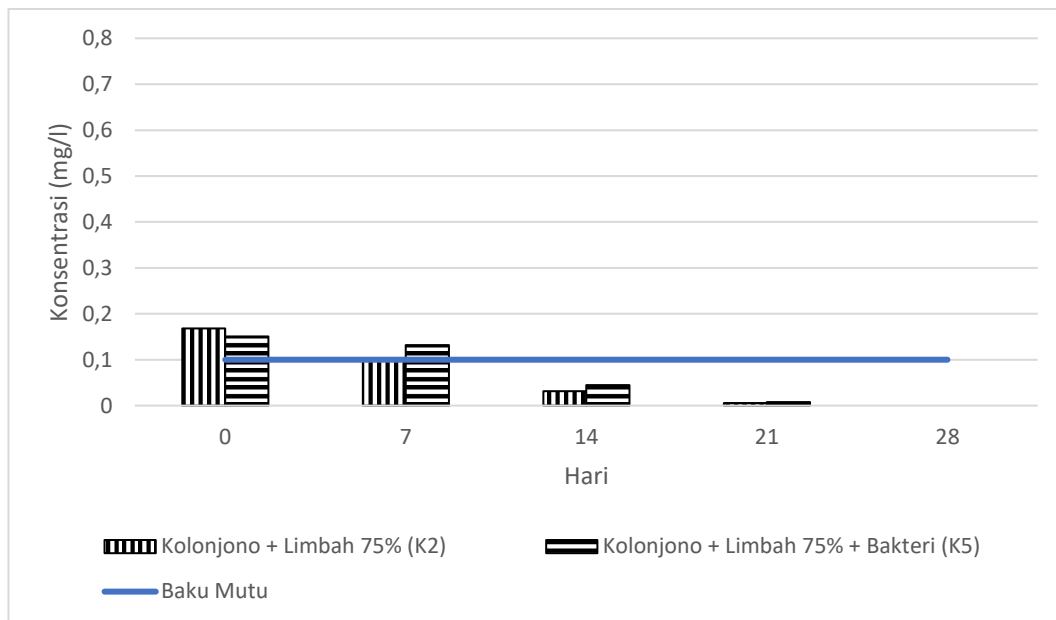
Gambar 4.2 Persentase Removal Pb Menggunakan Tanaman Kolonjono + Limbah 50%

Berkisar *removal* antara 17% hingga 100%, dari gambar 4.2 mayoritas menunjukkan bahwa semakin lama waktu kontak dengan limbah akan menaikkan kemampuan tanaman atau campuran tanaman dengan bakteri untuk mendegradasi kandungan Pb. Salah satunya pada reaktor K4, di hari 14 dapat menurunkan konsentrasi Pb hingga 89%, dimana pada hari ke – 7 hanya mereduksi 17% kandungan Pb. Kenaikan konsentrasi Pb terjadi reaktor K1 dan C3 terjadi pada hari 14 dan 28.

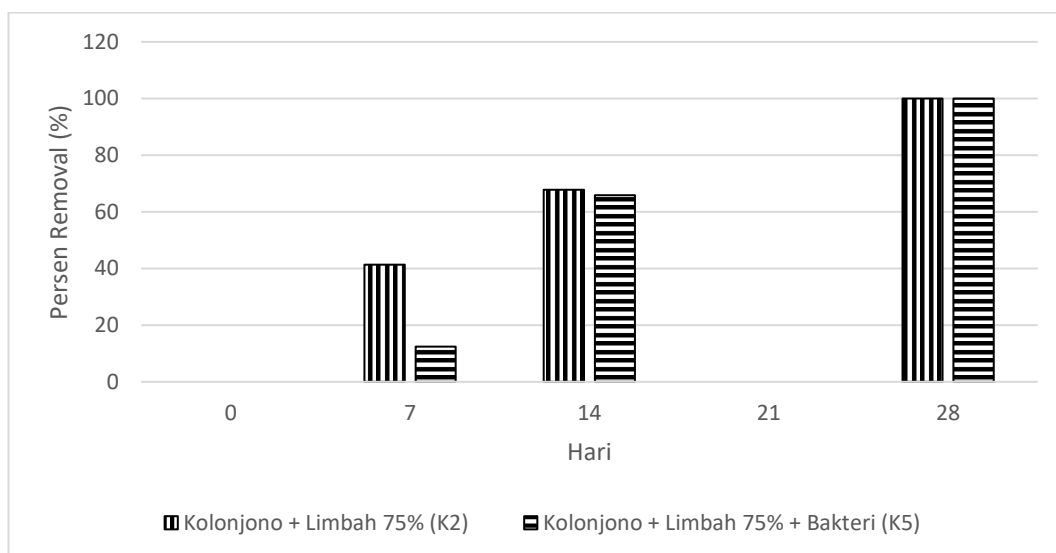
B. Timbal (Pb) dalam Konsentrasi Limbah 75%

Kandungan Pb reaktor K2 dan K5 dengan kondisi air limbah yang diencerkan 25% turun dari hari 0 hingga hari ke – 28 , meskipun terdapat penambahan air limbah pada hari ke – 16. Seperti pada reaktor K2 pada hari 0 kandungan Pb mencapai 0,16825 mg/l dan kemudian di hari 14 turun hingga 0,03175 mg/l yang menyebabkan kandungan Pb yang sebelumnya melewati batas baku mutu pada hari 0 menurut Peraturan Daerah DIY Nomor 7 Tahun 2016 menjadi dibawah baku

mutu. Total Persentase *removal* kadar Pb dalam Kolonjono dengan kondisi limbah yang telah diencerkan 25% dapat dilihat pada gambar 4.3 :



Gambar 4.3 Kandungan Pb Menggunakan Tanaman Kolonjono + Limbah 75%



Gambar 4.4 Persentase *Removal* Pb Menggunakan Tanaman Kolonjono + Limbah 75%

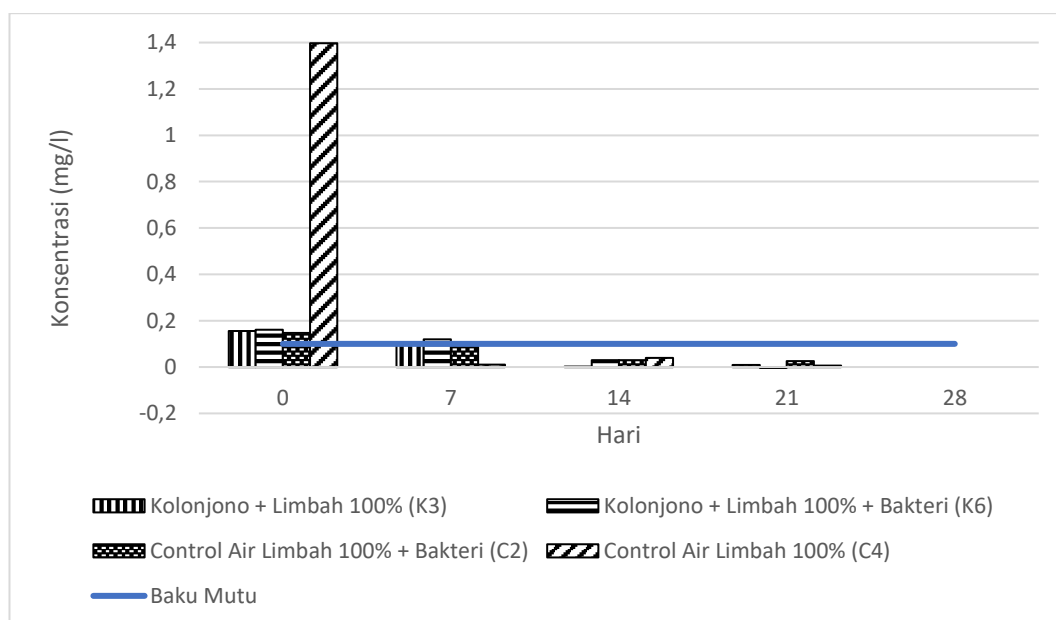
Dengan *removal* terkecil 12,46% pada hari 7 dan meningkat hingga 100% pada hari ke – 28 menunjukkan bahwa semakin lama waktu kontak akan

mempengaruhi tingkat penurunan konsentrasi Pb. Pada reaktor K5 pada hari ke – 7 hanya mereduksi logam Pb sebesar 12,46% dan kemudian pada hari ke – 14 reduksi naik hingga 65,84%.

C. Timbal (Pb) dalam Konsentrasi Limbah 100%

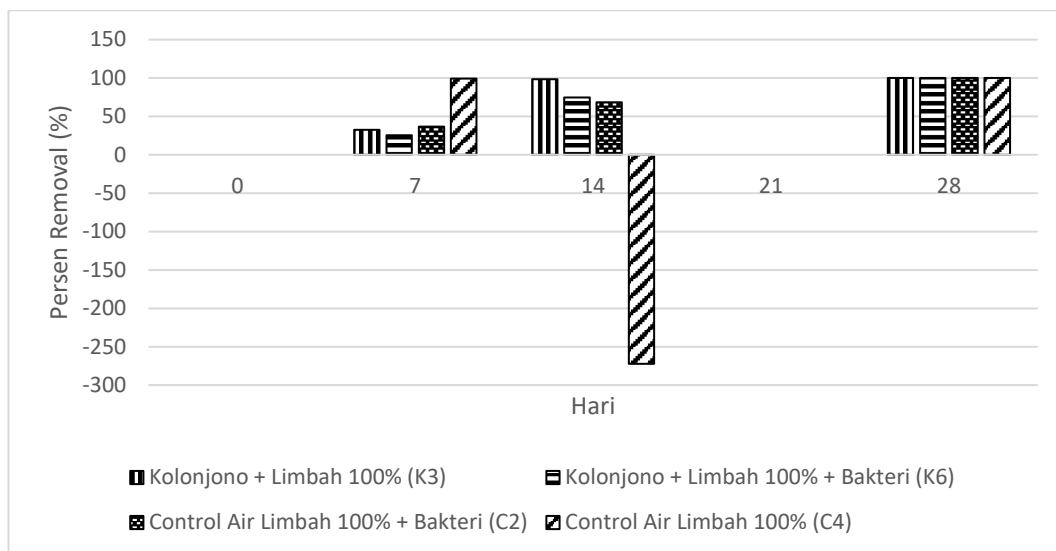
Hasil penelitian dari kondisi tanaman Kolonjono yang diberi bakteri dan/ tanpa bakteri dengan konsentrasi limbah 100% bisa dilihat di gambar 4.5. Semua reaktor mampu mengurangi konsentrasi Pb dalam limbah yang tidak dicairkan. Terlebih pada reaktor K6 dimana konsentrasi Pb yang melebihi baku mutu menurut Peraturan Daerah DIY Nomor 7 Tahun 2016, turun dari konsentrasi sebesar 0,161 mg/l menjadi 0,120 mg/l pada hari ke 7 dan semakin turun di hari ke – 14 sebesar 0,03025 mg/l.

Kenaikan konsentrasi Pb pada reaktor C4 terjadi pada hari ke - 14 meskipun pada hari ke- 7 menurun secara signifikan (1,3975 mg/l menjadi 0,010 mg/l). Hal serupa juga terjadi pada reaktor K3 dan C2 di hari 21, akan tetapi kenaikan kandungan Pb ini disebabkan oleh penambahan air limbah di hari ke – 16. Dapat dilihat keseluruhan Pb dibawah baku mutu pada hari ke – 14 pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Kandungan Pb Menggunakan Tanaman Kolonjono + Limbah 100%

Persentase *removal* kadar Pb dalam Kolonjono dengan kondisi limbah murni 100% dapat dilihat pada gambar 4.6 :



Gambar 4.6 Persentase *Removal* Pb Menggunakan Tanaman Kolonjono + Limbah 100%

Dengan *range removal* antara 25% hingga 100%, hal ini berkaitan dengan durasi waktu kontak yang mempengaruhi hal tersebut. Meskipun terdapat konsentrasi Pb yang naik seperti pada reaktor C4, di hari 14 mengalami kenaikan sebesar 272%.

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.

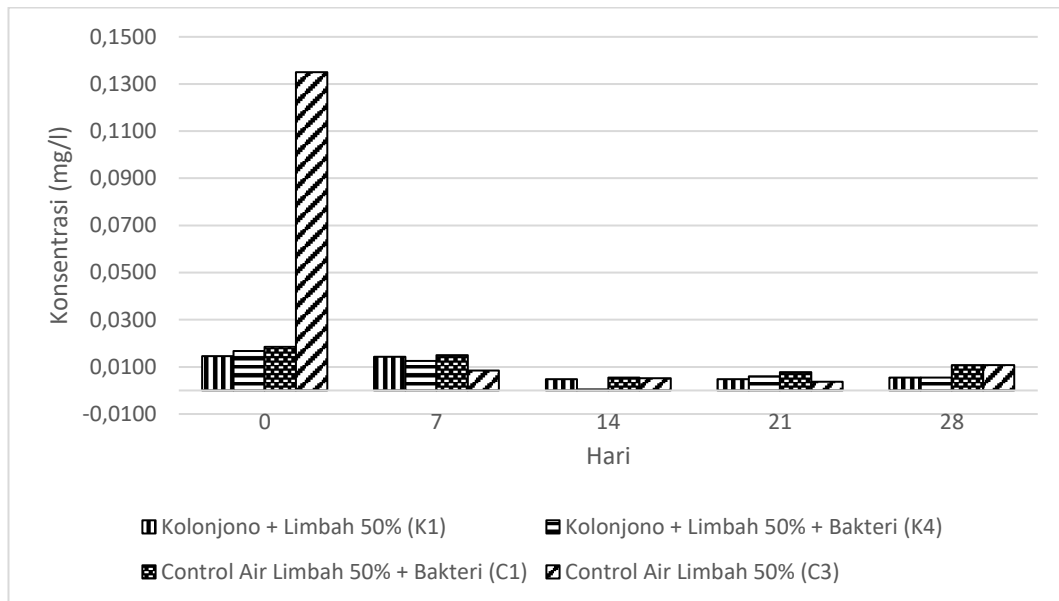
Penelitian serupa dilakukan oleh Muhammad (2018) menyebutkan bahwa *Brachiaria mutica* mampu menyerap logam Pb sebesar 8,88 g/kg pada daerah akar dan 1,29 g/kg pada daerah batang. Berdasarkan penelitian ini menunjukkan bahwa tanaman *Brachiaria mutica* memberikan pengaruh terhadap pengolahan limbah khususnya logam Pb. Bahkan pada beberapa reaktor contohnya K3, dengan metode FTW + bakteri pada tingkat konsentrasi limbah 100% tingkat removal pada hari ke – 28 menyentuh angka 98%.

4.1.2 Tembaga (Cu)

A. Tembaga (Cu) dalam Konsentrasi Limbah 50%

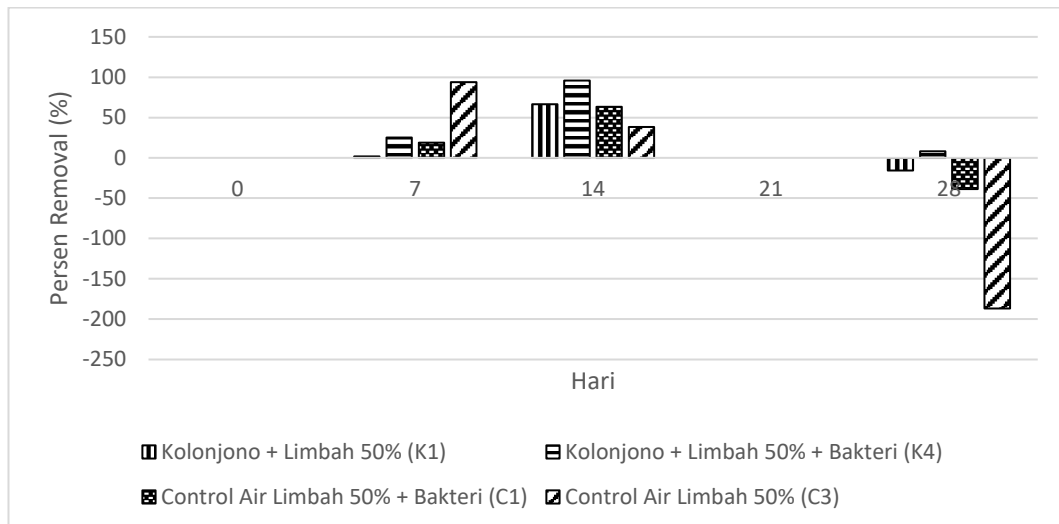
Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua reaktor mampu mengurangi konsentrasi Cu dalam limbah yang telah dicairkan sebanyak 50%. Terlebih pada reaktor C3 dimana konsentrasi Cu turun jauh dari konsentrasi sebesar 0,0540 mg/l menjadi 0,0034 mg/l pada hari ke – 7 dan 0,0053 mg/l pada hari ke 14. Terdapat kenaikan konsentrasi Cu ,contohnya pada reaktor K4 yang mengalami kenaikan konsentrasi Cu di hari ke-21 dan 28 hal ini karena terjadi penambahan air limbah di hari ke – 16. Dapat dilihat keseluruhan Cu dibawah baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Daerah DIY Nomor 7 Tahun 2016.

Pada reaktor yang diberi pengolahan dan tanaman pun mengalami degradasi Cu, contohnya pada reaktor K4 yang di hari – 0 sebesar 0,0168 mg/l, di hari ke 7 menjadi 0,0125 mg/l, dan hari ke – 14 mencapai 0,0005 mg/l. Detail penurunan kadungan Cu dapat dilihat pada gambar 4.7.



Gambar 4.7 Kandungan Cu Menggunakan Tanaman Kolonjono + Limbah 50%

Persentase *removal* kadar Cu dalam Kolonjono dengan kondisi limbah yang telah diencerkan 50% dapat dilihat pada gambar 4.8:



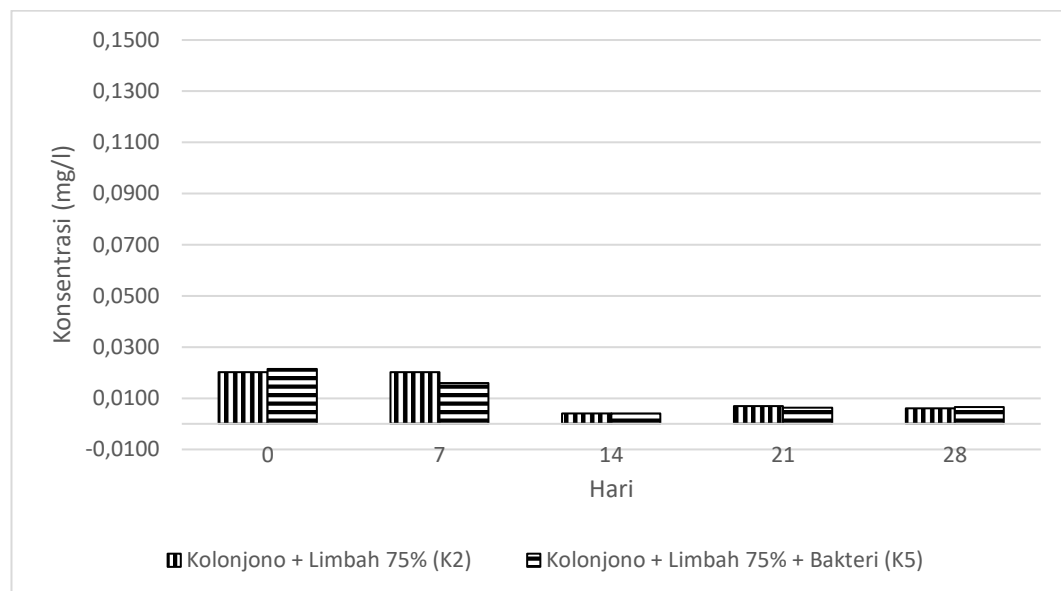
Gambar 4.8 Persentase Removal Cu Menggunakan Tanaman Kolonjono + Limbah 50%

Tingkat *removal* tiap reaktor bervariasi antara 1,72% hingga 96% jika dilihat pada gambar 4.8 Waktu kontak mempengaruhi penurunan kadar Cu. Seperti pada reaktor K4, pada hari 14 tingkat *removal* meningkat menjadi 96% dibandingkan

pada hari 7 yaitu 25,37%. Kenaikan konsentrasi Cu terjadi pada reaktor C1, K1, dan C3 pada hari ke-28.

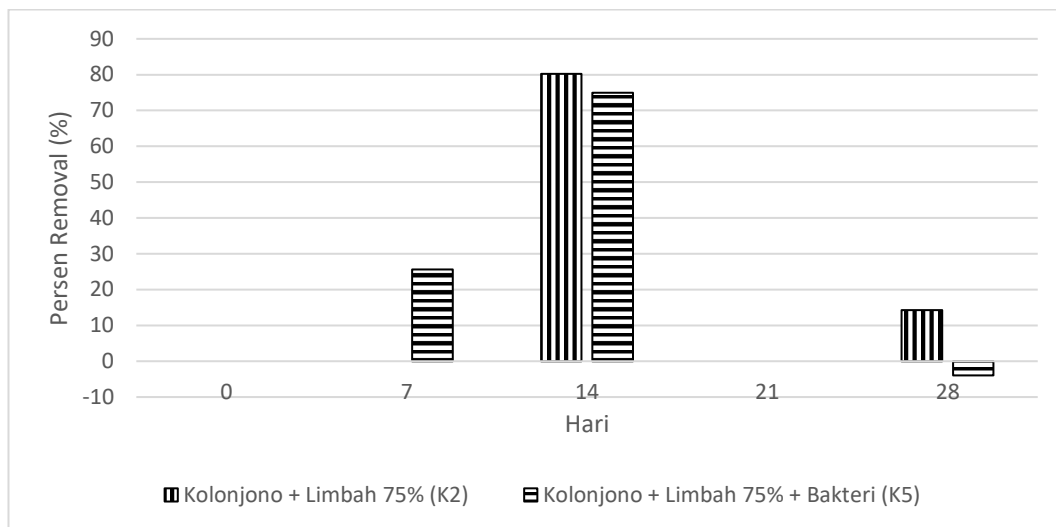
B. Tembaga (Cu) dalam Konsentrasi Limbah 75%

Kandungan Cu pada kedua reaktor menunjukkan penurunan hingga hari ke-14 kecuali pada reaktor K2. Kandungan Cu pada reaktor 2 tidak menurun di hari ke-0 dan ke-7 tetapi pada hari ke-14 menurun menjadi 0,0040mg/l dari 0,0203 mg/l. Setelah ditambahkan limbah pada hari ke-16 konsentrasi Cu kembali naik pada hari ke 21. Kandungan Cu pada semua reaktor sudah dibawah baku mutu sesuai dengan Peraturan Daerah DIY Nomor 7 Tahun 2016.



Gambar 4.9 Kandungan Cu Menggunakan Tanaman Kolonjono + Limbah 75%

Persentase *removal* kadar Cu dalam Kolonjono dengan kondisi limbah yang telah diencerkan 25% dapat dilihat pada gambar 4.10:

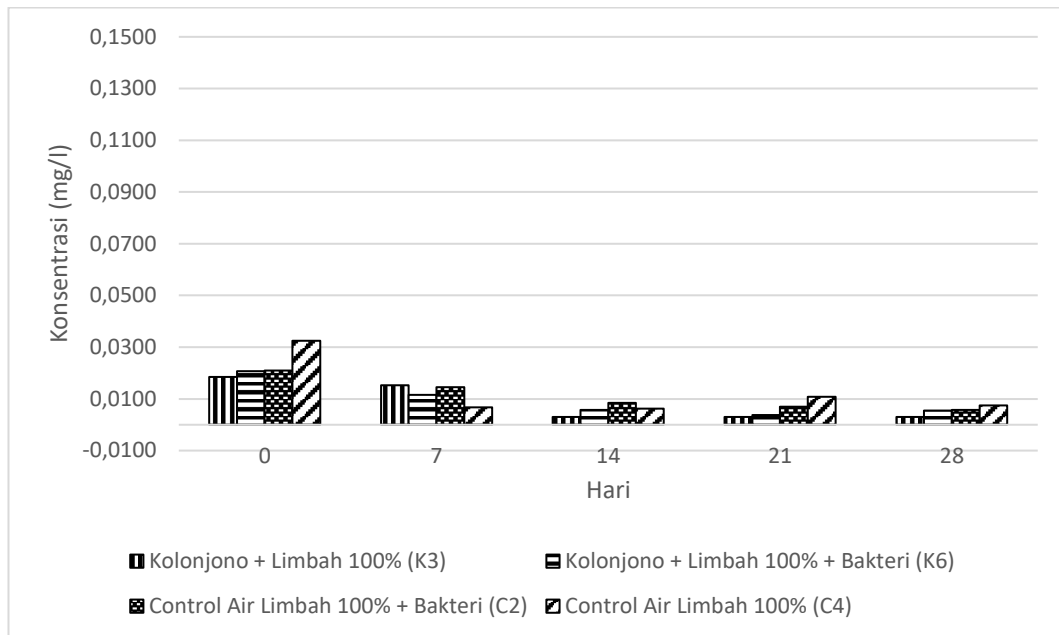


Gambar 4.10 Persentase *Removal* Cu Menggunakan Tanaman Kolonjono + Limbah 75%

Reduksi kandungan Cu tidak terjadi di reaktor K2 pada hari ke 7 sedangkan reaktor K5 hanya mereduksi 25%, tetapi kedua reaktor mampu mereduksi konsentrasi masing-masing sebesar 80,25% dan 75% pada hari 14. Pada hari ke – 28 reaktor K5 menunjukkan kenaikan kadar Cu sebesar 4% karena terjadi penambahan limbah pada hari ke 16.

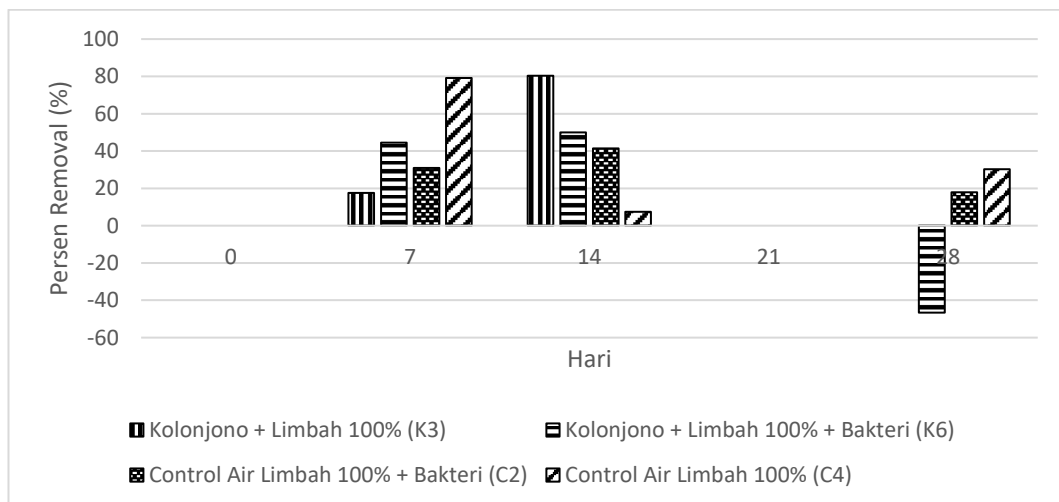
C. Tembaga (Cu) dalam Konsentrasi Limbah 100%

Berdasarkan gambar 4.11 dari hasil penelitian menunjukkan tiap reaktor mampu mengurangi kandungan Cu dalam limbah dengan konsentrasi 100%. Salah satunya reaktor K6, pada hari ke – 0 kandungan Cu sebesar 0,0208 mg/l kemudian di hari ke-14 turun hingga 0,0115 mg/l dan di hari ke-14 menjadi 0,0058 mg/l. Pada reaktor C4 di hari ke- 21 terdapat kenaikan kandungan Cu hal ini dikarenakan penambahan air limbah di hari ke – 16 . Tetapi jika dilihat dari sisi baku mutu semua reaktor sudah berada dibawah baku mutu berdasarkan Peraturan Daerah DIY Nomor 7 Tahun 2016. Detail penurunan kandungan Cu dapat dilihat pada gambar 4.11.



Gambar 4.11 Kandungan Cu Menggunakan Tanaman Kolonjono + Limbah 100%

Persentase *removal* kadar Cu dalam Kolonjono dengan kondisi limbah murni 100% dapat dilihat pada gambar 4.12 :



Gambar 4.12 Persentase *Removal* Cu Menggunakan Tanaman Kolonjono + Limbah 100%

Reduksi kandungan Cu bervariasi dari 17% hingga 80% berdasarkan hasil penelitian. Waktu kontak mempengaruhi keefektifan *removal* terlihat dari gambar

4.12. Contohnya pada reaktor K3 dimana pada hari 7 tingkat penurunan logam Cu hanya 17,57% sedangkan pada hari ke – 14 meningkat hingga 80,33%. Akan tetapi terdapat kenaikan konsentrasi di beberapa reaktor, contohnya reaktor K6 yang mengalami kenaikan Cu sebesar 46% di hari ke – 28, peningkatan kandungan Cu karena terjadi penambahan limbah di hari ke – 16.

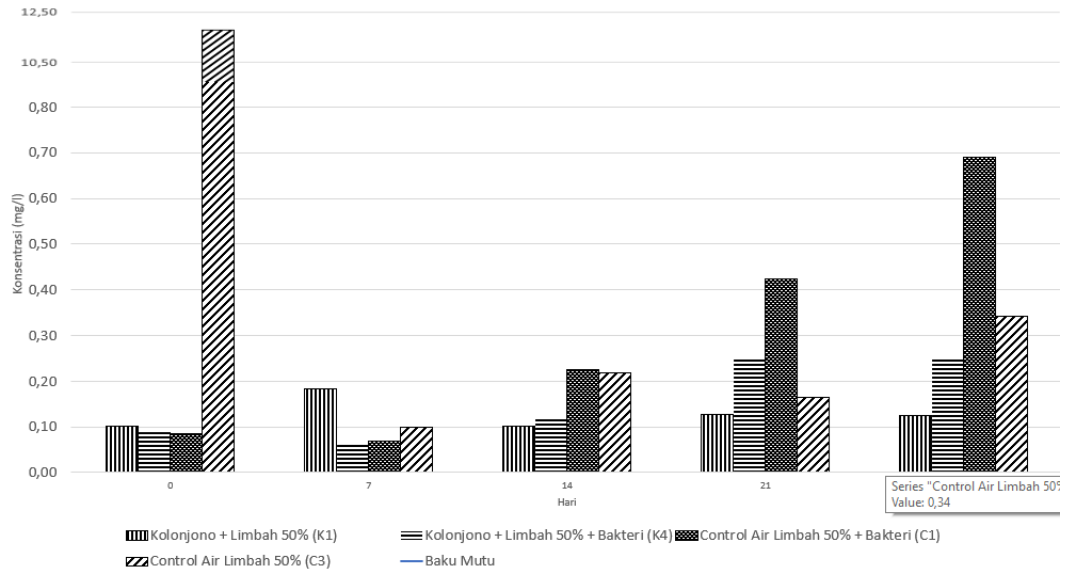
Penurunan kandungan Cu disebabkan karena faktor kontak antara limbah dengan tanaman yang diberi bakteri atau tanpa bakteri. Faktor yang mendukung hal ini adalah Tembaga (Cu) merupakan salah satu dari 13 nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman. Elemen ini dibutuhkan oleh tanaman untuk tumbuh, berkembang, 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).

Penelitian tentang kemampuan tanaman *Brachiaria mutica* dalam *meremoval* logam Cu sudah dilakukan Amna (2015). Meneliti tentang kemampuan *Brachiaria mutica* mengurangi konsentrasi Cu dalam limbah. Hasilnya konsentrasi Cu tidak terdeteksi kembali ketika di treatment oleh *Brachiaria mutica*. Hal ini semakin memperkuat bahwa *Brachiaria mutica* mampu menjadi tumbuhan yang menurunkan kadar Cu.

4.1.3 Besi (Fe)

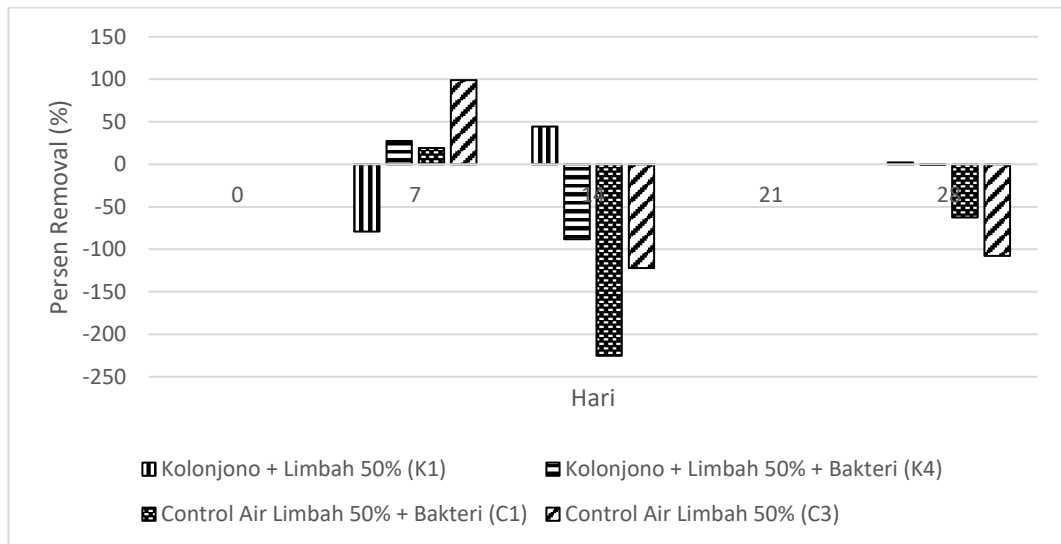
A. Besi (Fe) dalam Konsentrasi Limbah 50%

Gambar 4.13 merupakan gambar hasil treatment FTW menggunakan Kolonjono selama 28 hari dengan kondisi air limbah yang ditambahkan air 50%. Terdapat fluktuasi pada konsentrasi Fe tiap reaktor. Pada reaktor K1, di hari 0 kandungan Fe sebesar 0,1 mg/l kemudian di hari ke – 7 meningkat menjadi 0,18 mg/l dan kemudian di hari ke 14 menurun kembali hingga 0,10mg/l. Konsentrasi Fe semakin naik pada hari ke – 21 karena penambahan limbah di hari ke – 16. Seluruh kandungan Fe pada reaktor berada dibawah baku mutu, kecuali reaktor C3 terlihat konsentrasi sebesar 11,78 mg/l melewati baku mutu berdasarkan Peraturan Daerah DIY Nomor 7 Tahun 2016. Lebih detailnya dapat dilihat pada gambar 4.13



Gambar 4.13 Kandungan Fe Menggunakan Tanaman Kolonjono + Limbah 50%

Persentase *removal* kadar Fe dalam Kolonjono dengan kondisi pencairan limbah 50% dapat dilihat pada gambar 4.14:

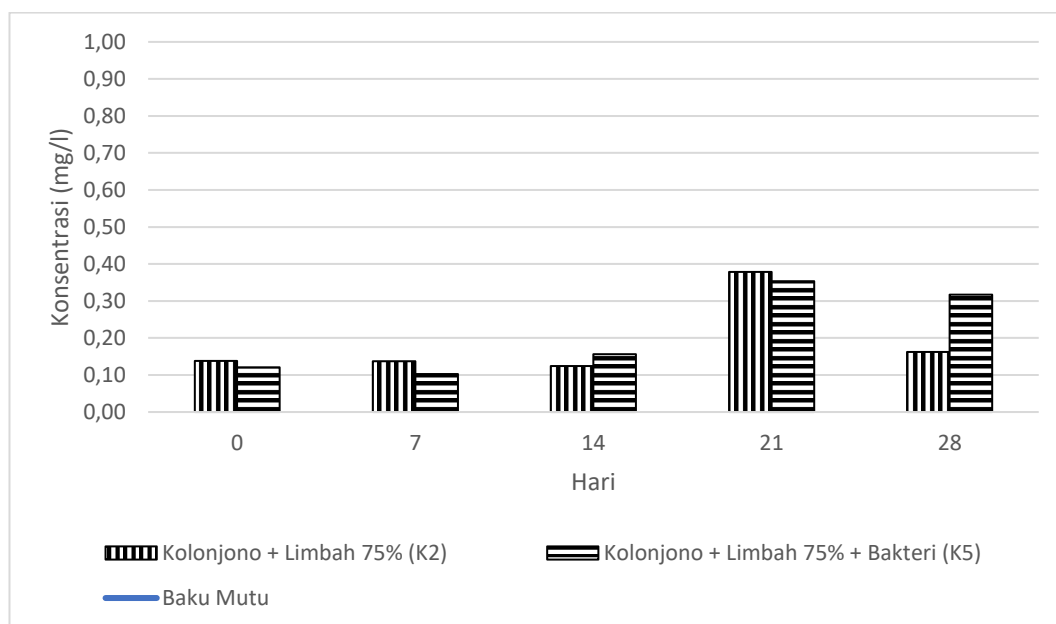


Gambar 4.14 Persentase *removal* Fe Menggunakan Tanaman Kolonjono + Limbah 50%

Removal Fe berada di angka -225% hingga 99% hal ini disebabkan karena terjadi kenaikan dan penurunan kadar Fe dalam reaktor. Contohnya pada reaktor K1 dimana pada hari ke - 7 konsentrasi Fe bertambah 79% dan di hari 14 konsentrasi Fe berkurang 44,27%

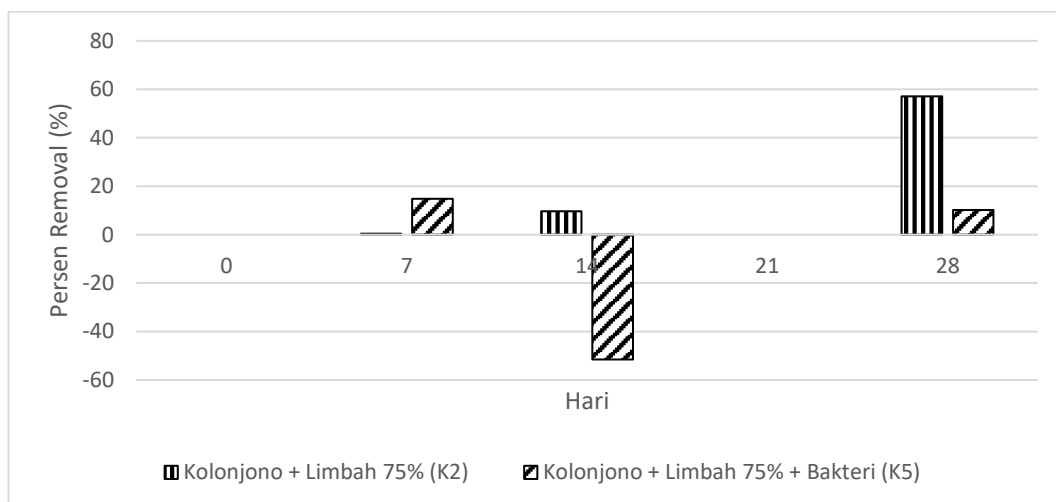
B. Besi (Fe) Dalam Konsentrasi Limbah 75%

Kedua reaktor mampu mendegradasi kandungan Fe dengan kondisi air limbah yang telah diencerkan 25%. Salah satunya pada reaktor K5 yang pada hari 0 kandungan Fe nya sebesar 0,12 mg/l turun menjadi 0,10mg/l di hari 14. Tetapi di hari 14 kembali mengalami kenaikan Fe menjadi 0,16 mg/l. Berdasarkan Peraturan Daerah DIY Nomor 7 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah konsentrasi Fe di kedua reaktor sudah dibawah baku mutu. Pada hari 16 terdapat penambahan limbah sehingga menyebabkan kenaikan konsentrasi Fe di hari 21. Untuk lebih detailnya dapat dilihat pada gambar 4.15.



Gambar 4.15 Kandungan Fe Menggunakan Tanaman Kolonjono + Limbah 75%

Persentase *removal* kadar Fe dalam Kolonjono dengan kondisi limbah dicairkan 25% % dapat dilihat pada gambar 4.16 :

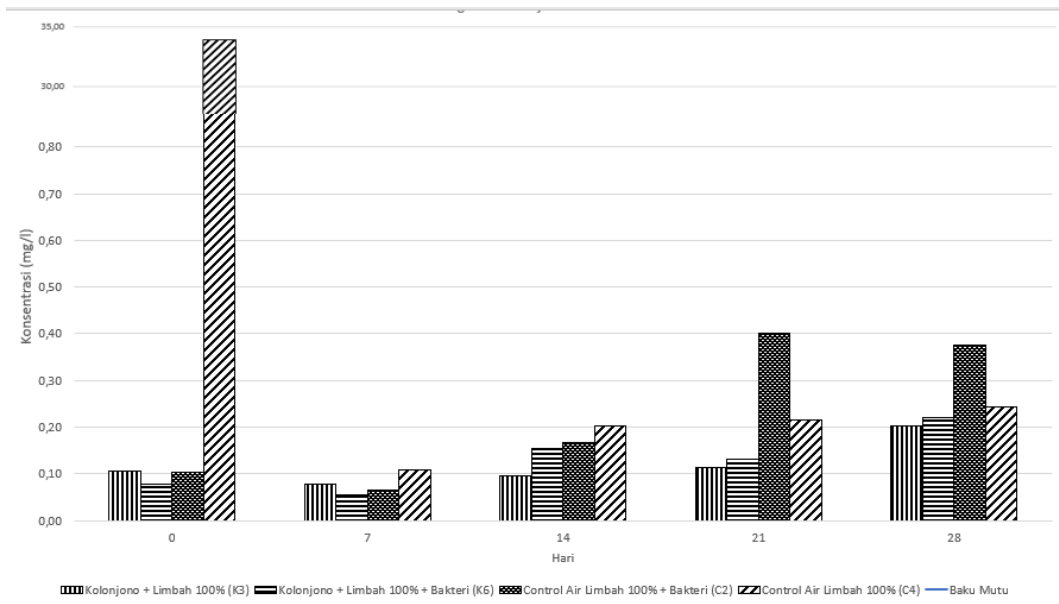


Gambar 4.16 Persentase *Removal* Fe Menggunakan Tanaman Kolonjono + Limbah 75%

Removal Fe dengan konsentrasi limbah 75% berada pada angka -51,6% hingga 57%. Seperti pada gambar 4.16 reaktor K5 di hari 14 konsentrasi Fe nya bertambah dan baru mampu mereduksi kembali di hari-hari akhir masa pengujian.

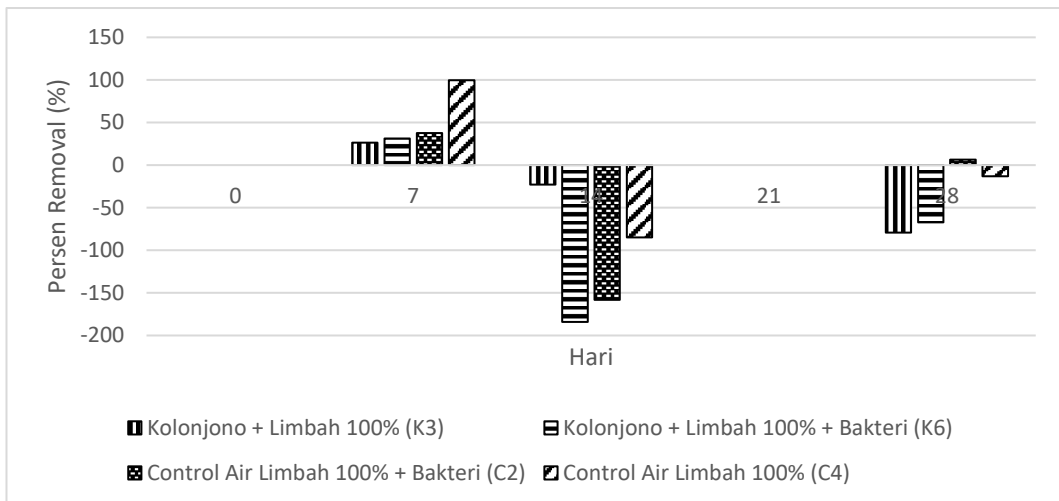
C. Besi (Fe) dalam Konsentrasi 100%

Pada kondisi limbah 100% reaktor C4 mengandung konsentrasi Fe sebesar 33,9 mg/l, kandungan tersebut melewati ambang batas yang ditetapkan oleh Peraturan Daerah DIY Nomor 7 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah konsentrasi. Tetapi pada reaktor lain kandungan Fe nya dibawah baku mutu tersebut. Kondisi Fe pada tiap reaktor mengalami fluktuasi. Pada reaktor K3, di hari 0 terdapat kandungan Fe sebesar 0,11 mg/l di hari 7 menurun menjadi 0,08 mg/l dan di hari 14 naik menjadi 0,10 mg/l. Pada hari 16 terdapat penambahan limbah sehingga menyebabkan kenaikan konsentrasi Fe di hari 21



Gambar 4.16 Kandungan Fe Menggunakan Tanaman Kolonjono + Limbah 100%

Persentase *removal* kadar Fe dalam Kolonjono dengan kondisi limbah 100% dapat dilihat pada gambar 4.17:



Gambar 4.17 Persentase *Removal* Fe Menggunakan Tanaman Kolonjono + Limbah 100%

Removal Fe berada pada angka -184% hingga 99%. Banyak reaktor yang mengalami fluktuasi seperti pada reaktor K3, di hari 7 mampu mendegradasi 26,55% tetapi di hari 14 dan 28 justru bertambah nilai Fe nya.

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.

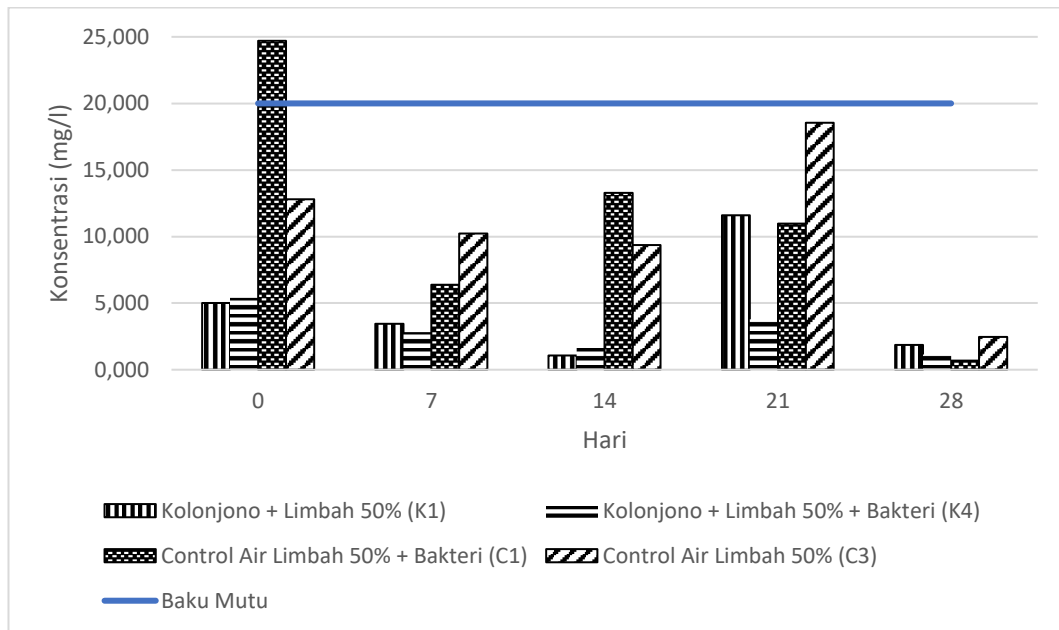
Penelitian kemampuan tanaman *Brachiaria mutica* juga pernah dilakukan oleh Amna (2015) terhadap air limbah. Hasilnya adalah *removal* Fe mencapai 79% dan 85%. Ketika ditambahkan bakteri *removal* menjadi 77,4% dan 85%. Hal ini memperkuat bahwa *Brachiaria mutica* mampu mengurangi kadar kontaminan pada air limbah. Terlepas dari kondisi Temperatur yang tidak stabil.

4.2 Pengaruh Tanaman Kolonjono (*Brachiaria mutica*) terhadap Removal Amonia pada Air Limbah Balai Yasa PT.KAI

4.2.1 Tanaman Kolonjono (*Brachiaria mutica*) dan Konsentrasi Limbah 50%

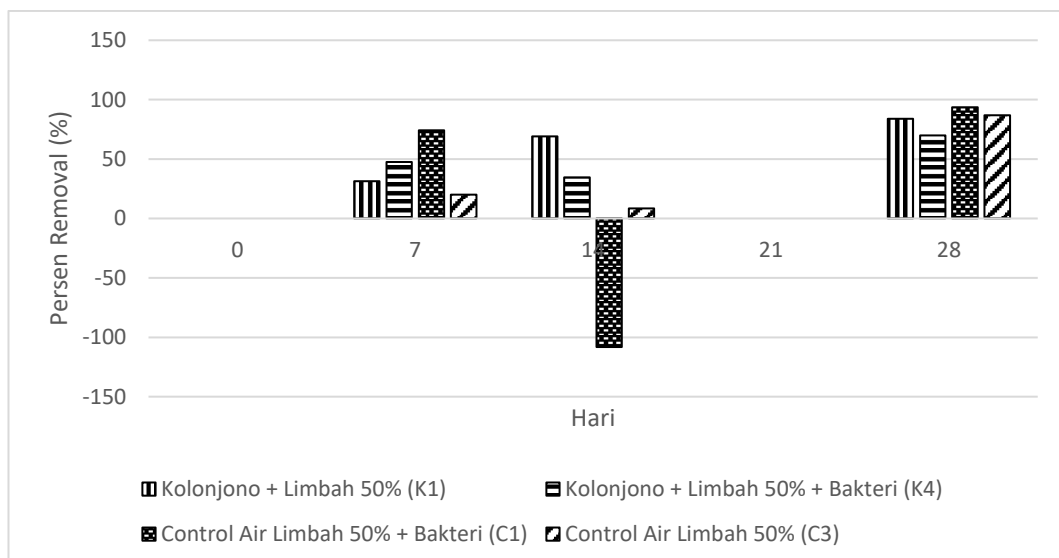
Konsentrasi amonia pada tiap reaktor menunjukkan tren penurunan. Terlihat pada reaktor C1 dimana konsentrasi amonia melewati batas baku mutu menurut Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 3 Tahun 2010 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Kawasan Industri. Setelah hari ke – 7 kondisi limbah sudah tidak melewati baku mutu. Contoh lain adalah reaktor K1, pada hari 0 konsentrasi amonia sebesar 5,021 mg/l turun menjadi 3,440 mg/l pada hari 14 dan 1,060 mg/l di hari 14. Faktor waktu kontak dan bakteri menjadi salah satu penyebab turunnya konsentrasi amonia pada reaktor. Pada hari 21 – 28 terjadi kenaikan konsentrasi karena pada hari ke – 16 terjadi penambahan air limbah.

Meskipun menunjukkan tren penurunan, terdapat beberapa kenaikan konsentrasi amonia seperti pada reaktor C1 pada hari 14. Detail penurunan kandungan amonia dapat dilihat pada gambar 4.18.



Gambar 4.18 Kandungan Amonia Menggunakan Tanaman Kolonjono + Limbah 50%

Persentase *removal* kadar amonia dalam Kolonjono dengan kondisi limbah yang telah diencerkan 50% dapat dilihat pada gambar 4.19:

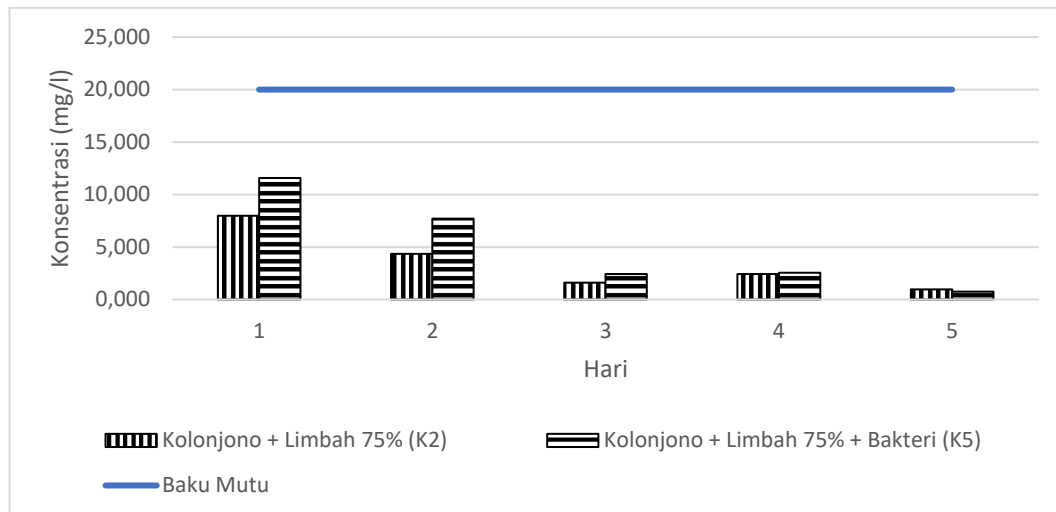


Gambar 4.19 Persentase *Removal* Amonia Menggunakan Tanaman Kolonjono + Limbah 50%

Dari gambar 4.18 penurunan amonia berada pada angka 31% hingga 93%. Tetapi hal yang berbeda terjadi pada reaktor C1 di hari 14 justru mengalami kenaikan konsentrasi amonia sebelum ada penambahan air limbah di hari ke-16.

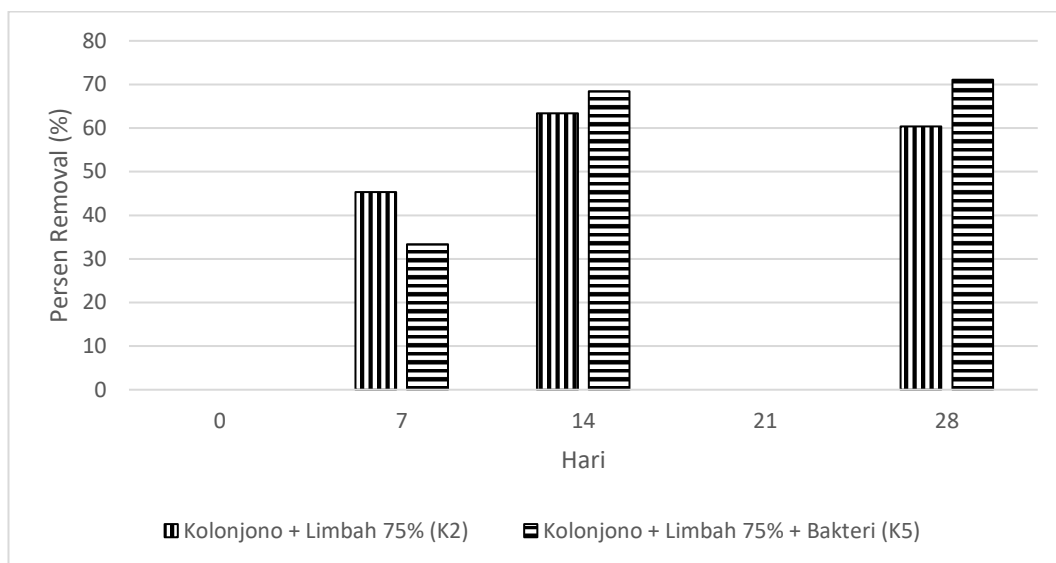
4.2.2 Tanaman Kolonjono (*Brachiaria mutica*) dan Konsentrasi Limbah 75%

Reaktor K2 dan K5 menunjukkan penurunan kadar amonia hingga hari ke 14 tidak seperti hari ke 21 – 28 karena terjadi penambahan limbah. Contohnya adalah reaktor K2 mempunyai konsentrasi amonia sebesar 7,968 mg/l di hari ke – 0 kemudian turun menjadi 4,358 pada hari 7 dan menjadi 1,595 mg/l di hari 14. Faktor waktu kontak dan bakteri menjadi salah satu penyebab turunnya konsentrasi amonia pada reaktor. Pada hari ke – 21 naik menjadi 2,424 mg/l karena penambahan limbah pada hari ke – 16 dan turun kembali di hari ke – 28 menjadi 0,960 mg/l. Konsentrasi Amonia berada dibawah baku mutu berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 3 Tahun 2010 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Kawasan Industri.



Gambar 4.20 Kandungan Amonia Menggunakan Tanaman Kolonjono + Limbah 75%

Persentase *removal* kadar amonia dalam Kolonjono dengan kondisi limbah yang telah diencerkan 25% dapat dilihat pada gambar 4.21:

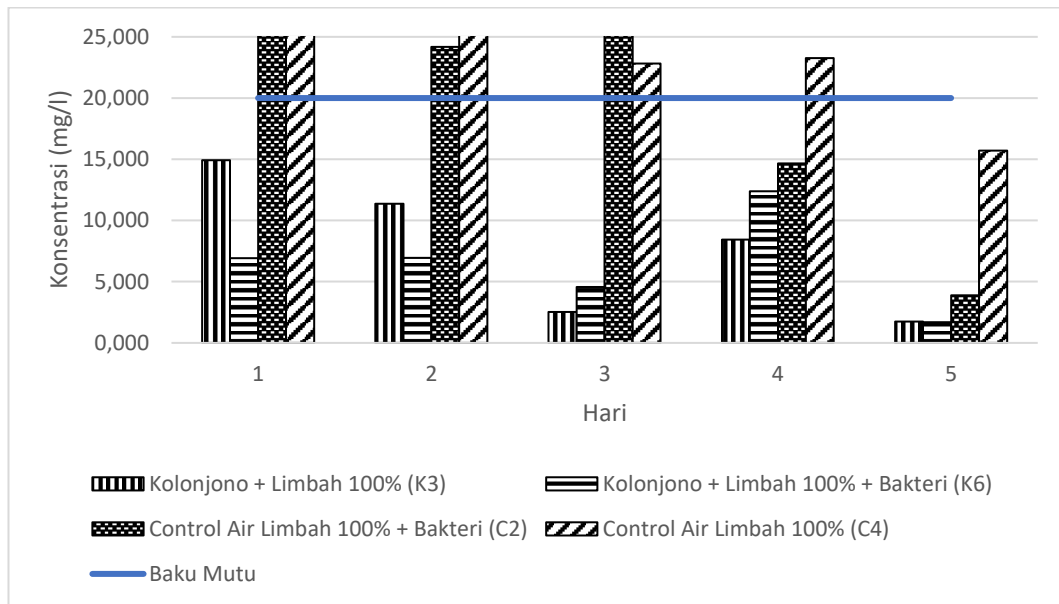


Gambar 4.21 Persentase *Removal* Menggunakan Tanaman Kolonjono + Limbah 75%

Kedua reaktor menunjukkan *removal* amonia pada hari ke 7 sebesar 45,3% untuk K2 dan 33,5% untuk K5. Pada hari ke – 14 tingkat *removal* bertambah menjadi 63,4% dan 68,5%. Setelah penambahan limbah di hari ke 16 *removal* amonia terjadi sebesar 60,3% dan 71% di hari ke – 28.

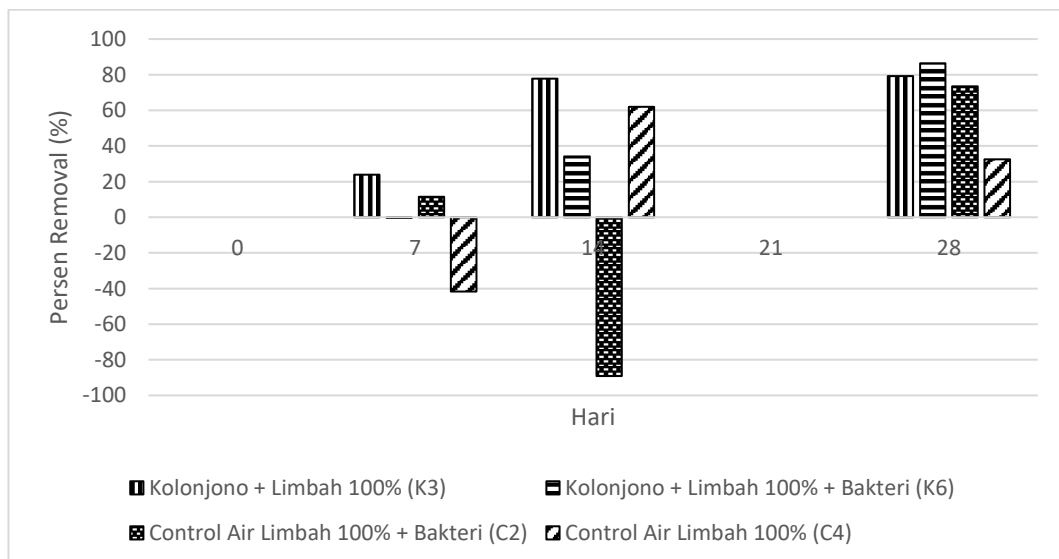
4.2.3 Tanaman Kolonjono (*Brachiaria mutica*) dan Konsentrasi Limbah 100%

Dari Hasil Penelitian yang ditunjukkan pada gambar 4.22 terdapat reaktor yang baku mutunya melebihi ambang batas, seperti pada reaktor C4 konsentrasi mencapai 59,841 mg/l hal ini dikarenakan tidak ada pengenceran terlebih dahulu. Penurunan kandungan Amonia terjadi pada tiap reaktor. Contohnya reaktor K3, pada hari 0 kandungan amonia sebesar 14,92 mg/l , di hari ke – 7 turun menjadi 11,37 mg/l dan hari 14 menjadi 2,537 mg/l. Pada hari ke 21 konsentrasi amonia kembali bertambah menjadi 8,426 mg/l karena penambahan limbah di hari 16, tetapi turun kembali di hari ke 28 menjadi 0,960mg/l.



Gambar 4.22 Kandungan Amonia Menggunakan Tanaman Kolonojono + Limbah 100%

Persentase *removal* kadar amonia dalam Kolonojono dengan kondisi limbah murni 100% dapat dilihat pada gambar 4.23 :



Gambar 4.23 Persentase *Removal* Amonia Menggunakan Tanaman Kolonojono + Limbah 100%

Persentase *removal* amonia berada pada angka -89% hingga 77%, seperti pada reaktor K3 yang mampu mereduksi konsentrasi amonia sebesar 77,6% di hari

14 padahal di hari ke – 7 hanya mampu mereduksi 23,7%. Tetapi terdapat konsentrasi amonia yang justru bertambah seperti pada reaktor C2 yang bertambah sebanyak 89% di hari 14.

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. Penelitian yang dilakukan oleh Sri (2018) yang menggunakan tanaman jeringau (*Acous Calamus*) mengalami hal serupa dimana konsentrasi amonia mengalami fluktuasi.

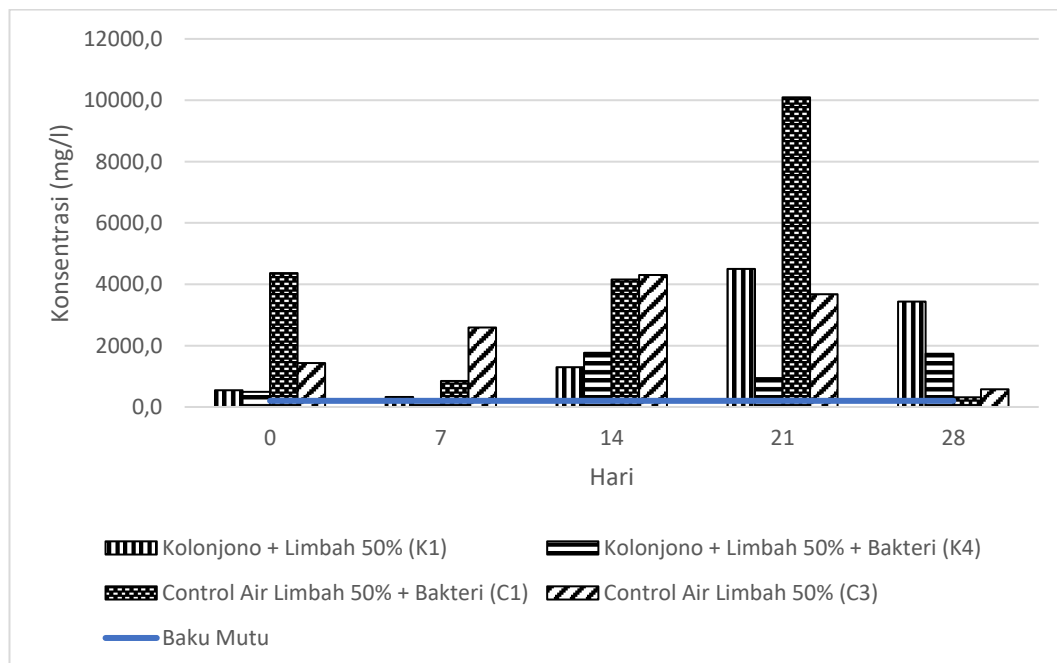
Berdasarkan perbandingan data-data yang ada, Kolonjono dan tambahan atau tanpa bakteri mempunyai kemampuan untuk mengurangi konsentrasi amonia dalam air limbah. Grafik menunjukkan kemampuan removal amonia dengan Kolonjono mencapai 86% dengan kondisi limbah murni 100%.

4.3 Pengaruh Tanaman Kolonjono (*Brachiaria mutica*) terhadap Removal TSS pada Air Limbah Balai Yasa PT.KAI

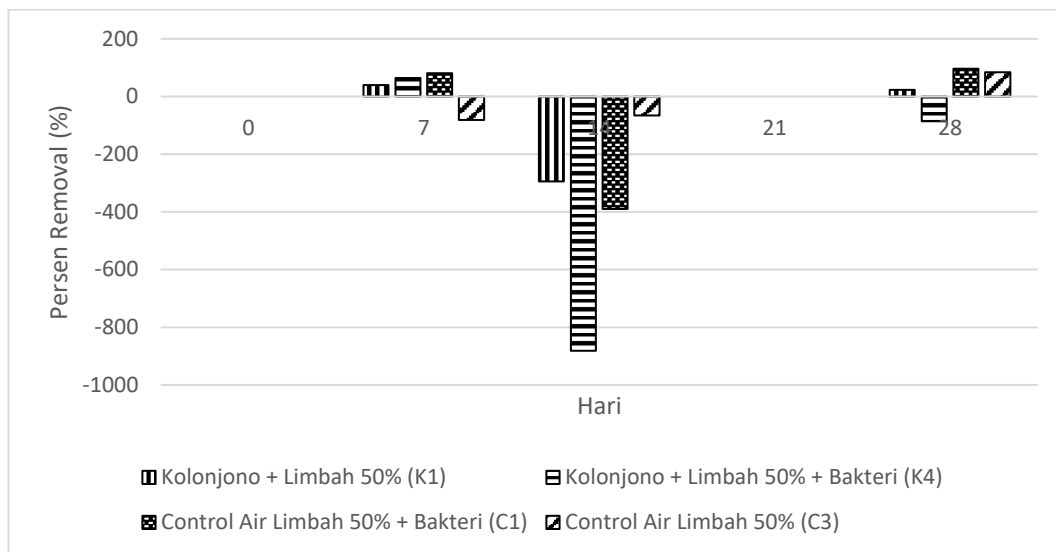
4.3.1 Tanaman Kolonjono (*Brachiaria mutica*) dan Konsentrasi Limbah 50%

Pada gambar 4.24 terlihat konsentrasi TSS yang cenderung turun hingga hari ke 7 tetapi meningkat kembali pada hari ke- 14 dan semakin meningkat di hari 21 karena terjadi penambahan limbah di hari ke-16. Salah satunya pada reaktor K1 yang awalnya pada hari 0 mempunyai TSS sebesar 543,3 mg/l turun menjadi 330 mg/l pada hari ke 7 dan meningkat kembali menjadi 1300 mg/l di hari 14. Berdasarkan Peraturan Daerah DIY Nomor 7 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah, belum ada reaktor yang dapat mengurangi TSS hingga mencapai standar baku mutu.

Pada hari ke – 16 terjadi penambahan limbah yang menyebabkan kadar TSS semakin bertambah. Total persentase *removal* kadar amonia dalam Kolonjono dengan kondisi limbah yang telah diencerkan 50% dapat dilihat pada gambar 4.24:



Gambar 4.24 Kandungan TSS Menggunakan Tanaman Kolonjono + Limbah 50%



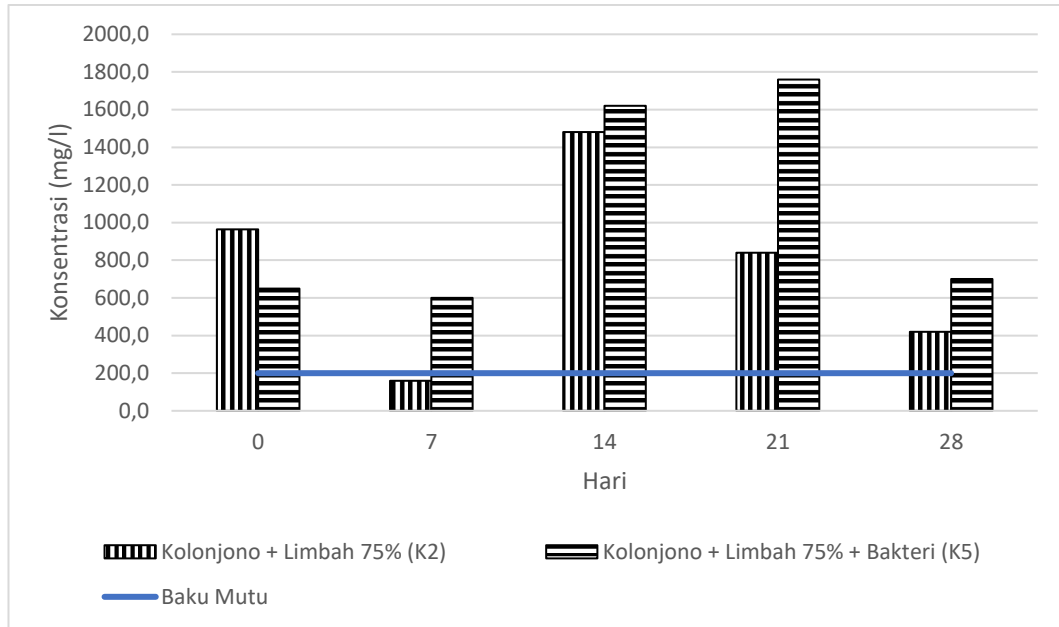
Gambar 4.25 Persentase *Removal* TSS Menggunakan Tanaman Kolonjono + Limbah 50%

Pada hari 7 reaktor K1, K4, dan C1 mampu mereduksi TSS sebesar 39,64%, 63,75%, dan 80,54%. Kadar TSS di reaktor C3 justru bertambah sebesar 80%. Pada hari ke – 14 kadar TSS di seluruh reaktor mengalami kenaikan, masing-masing sebesar 293,9%, 881%, 389%, dan 66%. Di hari 28 setelah terjadi penambahan limbah K1 mengalami *removal* 23%, C1 96%, dan C3 84% sedangkan kadar TSS di K4 kembali naik.

4.3.2 Tanaman Kolonjono (*Brachiaria mutica*) dan Konsentrasi Limbah 75%

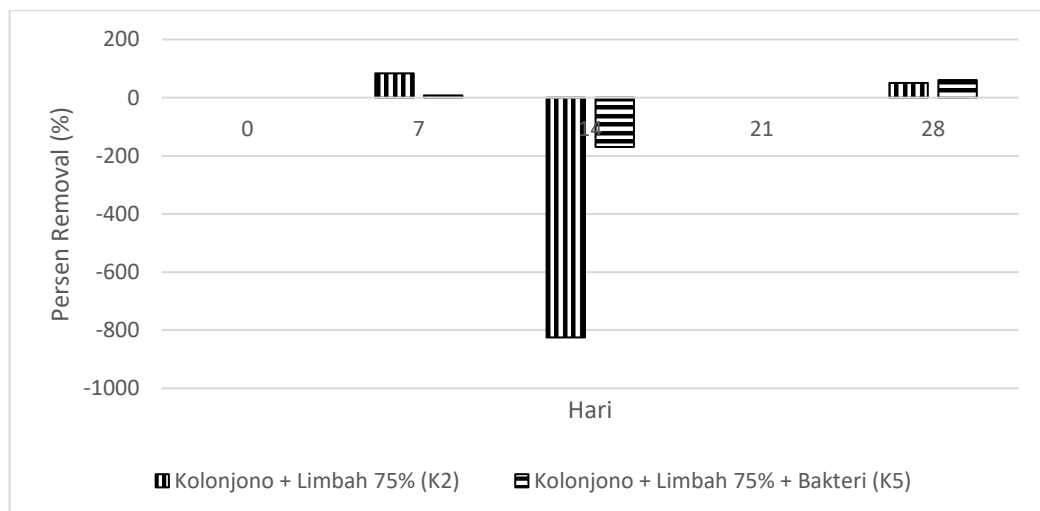
Kandungan TSS pada reaktor K2 dan K5 mengalami penurunan hingga hari ke-7, yang kemudian naik di hari 14. Penambahan limbah terjadi di hari 16 yang menyebabkan TSS di K5 naik pada hari ke-21 dan turun kembali di hari ke-28, tetapi TSS reaktor K2 justru mengalami penurunan hingga hari ke 28. Pada reaktor K5 awalnya mempunyai konsentrasi 650 mg/l menjadi 600 mg/l di hari ke 7 dan naik menjadi 1620 mg/l di hari 14. 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. Berdasarkan Peraturan Daerah DIY Nomor 7 Tahun 2016 Tentang

Baku Mutu Air Limbah belum ada reaktor yang dapat mengurangi TSS hingga mencapai standar baku mutu.



Gambar 4.26 Kandungan TSS Menggunakan Tanaman Kolonjono + Limbah 75%

Persentase *removal* kadar TSS dalam Kolonjono dengan kondisi limbah yang telah diencerkan 25% dapat dilihat pada gambar 4.27:

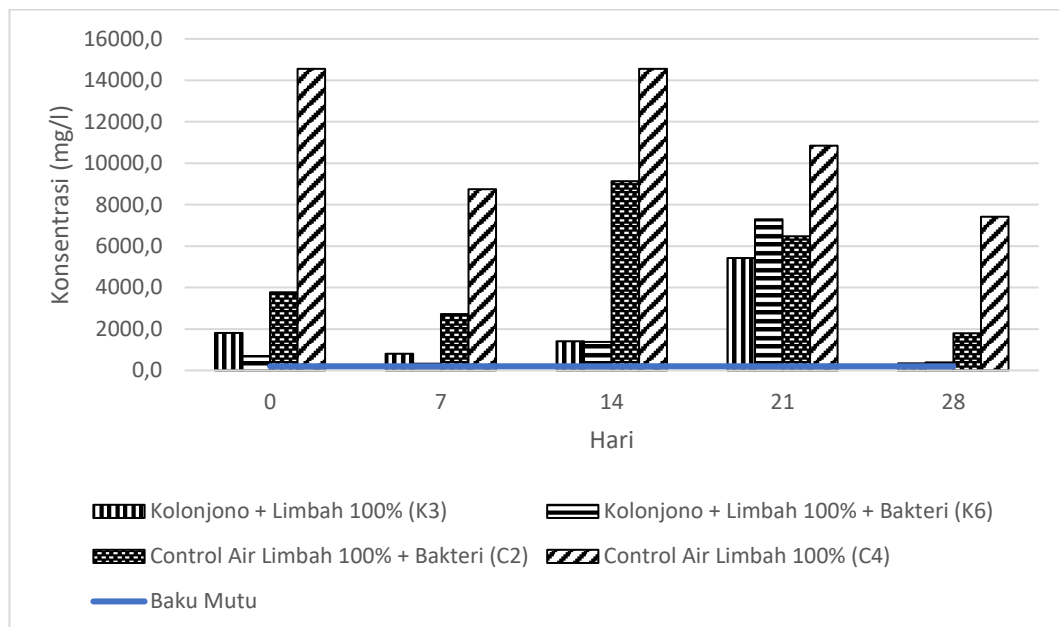


Gambar 4.27 Persentase *Removal* TSS Menggunakan Tanaman Kolonjono + Limbah 75%

Pada hari ke 7 kedua reaktor mampu mengurangi kadar TSS sebesar 83,3% dan 7%. Di hari 14 kadar reaktor justru bertambah sebesar 825% dan 170% yang kemudian turun kembali di hari 28 sebesar 50%, dan 60,23%.

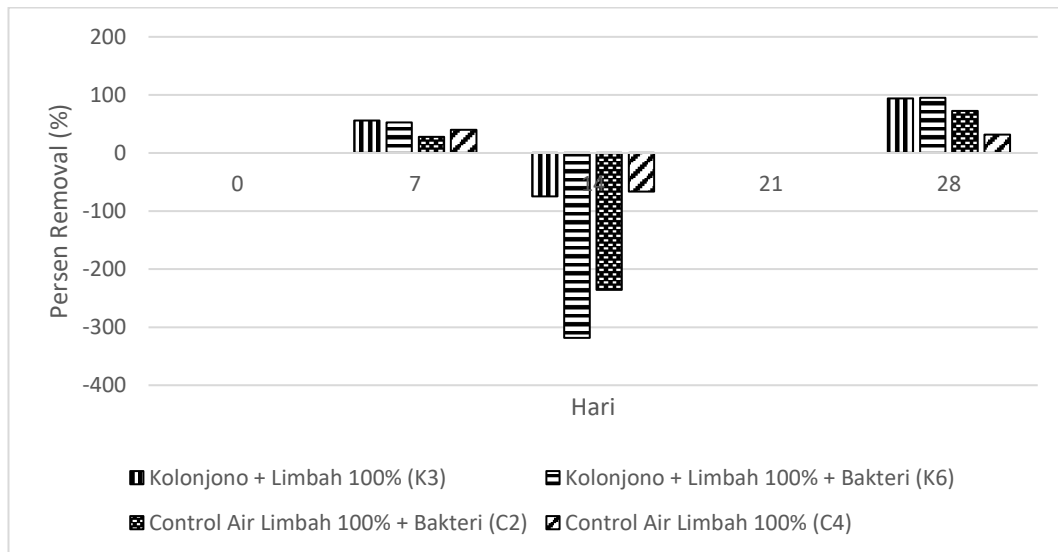
4.3.3 Tanaman Kolonjono (*Brachiaria mutica*) dan Konsentrasi Limbah 100%

Kadar TSS seluruh reaktor mengalami penurunan hingga hari ke-7 dan kembali naik di hari ke-14. Pada hari ke 16 terjadi penambahan limbah yang menyebabkan kadar TSS semakin naik. Bisa dilihat pada reaktor K6 di hari 0 kadar TSS sebesar 693 mg/l, kemudian turun menjadi 330 mg/l di hari 7, dan naik menjadi 1380 mg/l pada hari ke 14. Setelah ditambahkan limbah konsentrasi menjadi 7300 mg/l di hari 21 dan turun kembali menjadi 380 mg/l di hari 28 Berdasarkan Peraturan Daerah DIY Nomor 7 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah belum ada reaktor yang dapat mengurangi TSS hingga mencapai standar baku mutu.



Gambar 4.28 Kandungan TSS Menggunakan Tanaman Kolonjono + Limbah 100%

Persentase *removal* kadar TSS dalam Kolonjono dengan kondisi limbah murni tanpa campuran dapat dilihat pada gambar 4.29:



Gambar 4.29 Persentase *Removal* Menggunakan Tanaman Kolonjono + Limbah 100%

Di hari 7 semua reaktor mampu mereduksi TSS, dengan removal tertinggi 55%. Di hari 14 kadar TSS bertambah di semua reaktor sebesar salah satunya reaktor K6 yang bertambah sebanyak 318% . Setelah penambahan limbah di hari 15, reaktor K3, K6,C2,dan C4 kembali mereduksi 93,7%, 94,7%, 72%,dan 31% TSS.

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.

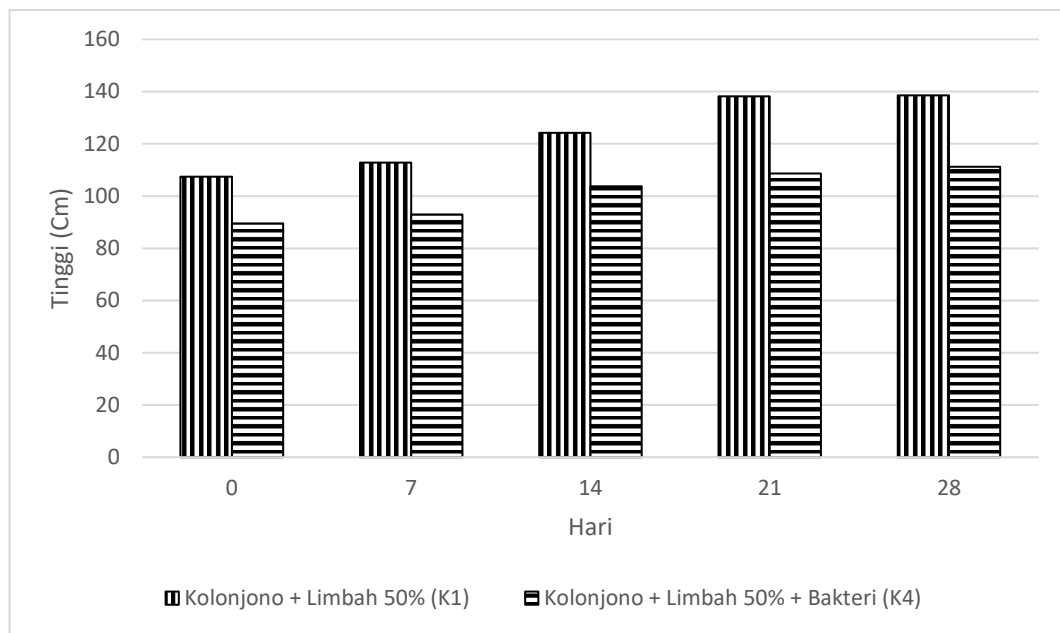
Dari data yang telah ditampilkan bahwa Tanaman Kolonjono (*Brachiaria mutica*) dengan metode FTW efektif dalam mereduksi TSS jika dilihat pengurangan

konsentrasi TSS hingga hari ke – 7. Untuk saat ini belum ada penelitian yang bisa dibandingkan.

4.4 Morfologi Tanaman Kolonjono (*Brachiaria mutica*)

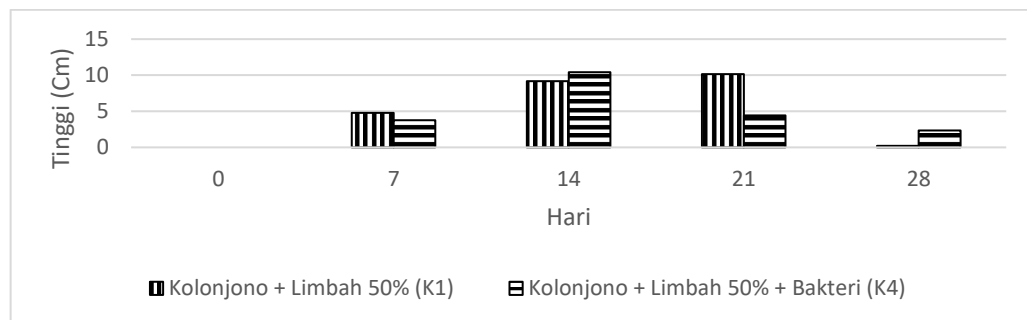
4.4.1 Tanaman Kolonjono (*Brachiaria mutica*) dan Konsentrasi Limbah 50%

Semua kolonjo pada reaktor yang berisi air limbah dengan pengenceran 50%, reaktor K1 dan K4 tetap bertumbuh hingga hari ke 28.



Gambar 4.30 Tinggi Kolonjono Konsentrasi Limbah 50%

Persentase pertumbuhan Kolonjono dapat dilihat pada gambar 4.31:

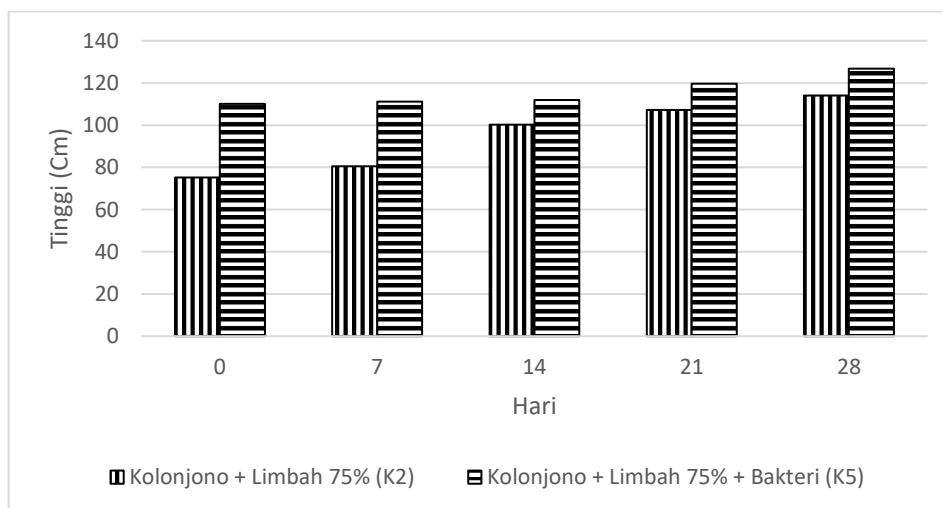


Gambar 4.31 Persentase Laju Pertumbuhan Kolonjo + Air Limbah 50%

Pertumbuhan pada reaktor K1 pada hari 7 mencapai 4,7% dan pada hari 7 – 14 menjadi 9,17% kemudian di hari 21 naik lagi menjadi 10,130% dan pada hari 21-28 pertumbuhan hanya mencapai 0,217%. Reaktor lainnya yang terisi dengan bakteri (K4) mengalami pertumbuhan dari hari 0 – 28, masing-masing sebesar 3,76%, 10,405%, 4,420%, dan 2,338%

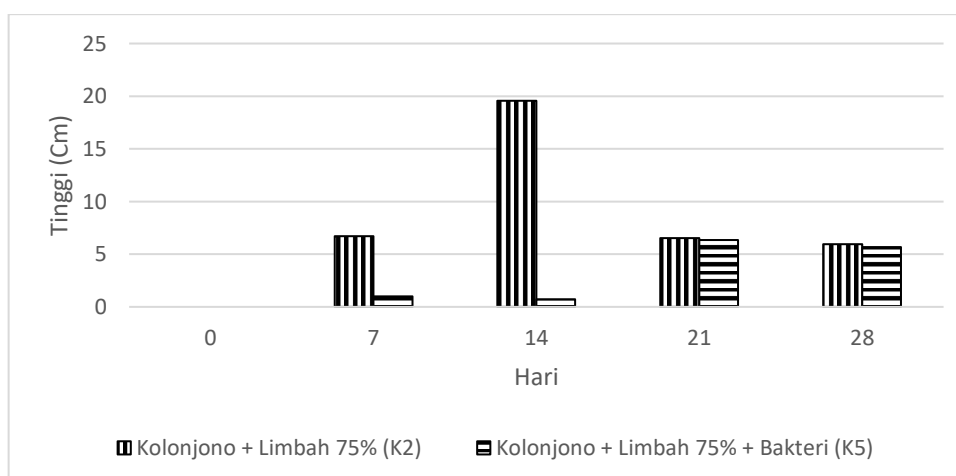
4.4.2 Tanaman Kolonjono (*Brachiaria mutica*) dan Konsentrasi Limbah 75%

Kolonjono dalam reaktor K2 dan K5 mengalami pertumbuhan hingga hari ke-28 dari hari ke-0.



Gambar 4.32 Tinggi Kolonjono Konsentrasi Limbah 75%

Persentase pertumbuhan Kolonjono dapat dilihat pada gambar 4.33:

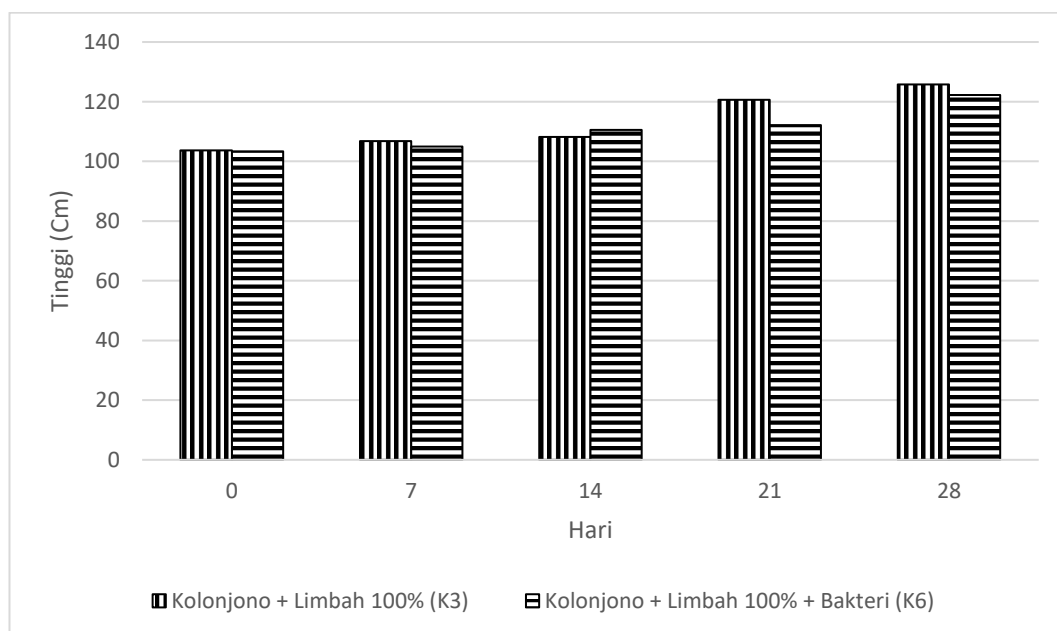


Gambar 4.33 Persentase Laju Pertumbuhan Kolonjono + Air Limbah 75%

Pertumbuhan Kolonjono pada reaktor K2 di hari 7 mencapai 6,7%, kemudian di hari 14 naik menjadi 19,5% , lalu di hari 21 dan 28 tetap mengalami pertumbuhan, tetapi mengalami penurunan. Masing-masing sebesar 6,5% dan 5,9%. Pada reaktor K5 pertumbuhan di hari 7 dan 14 hanya tumbuh 0,9% dan 0,7%. Di hari 21 naik menjadi 6,3% dan 5,6% saat pengujian di hari 28

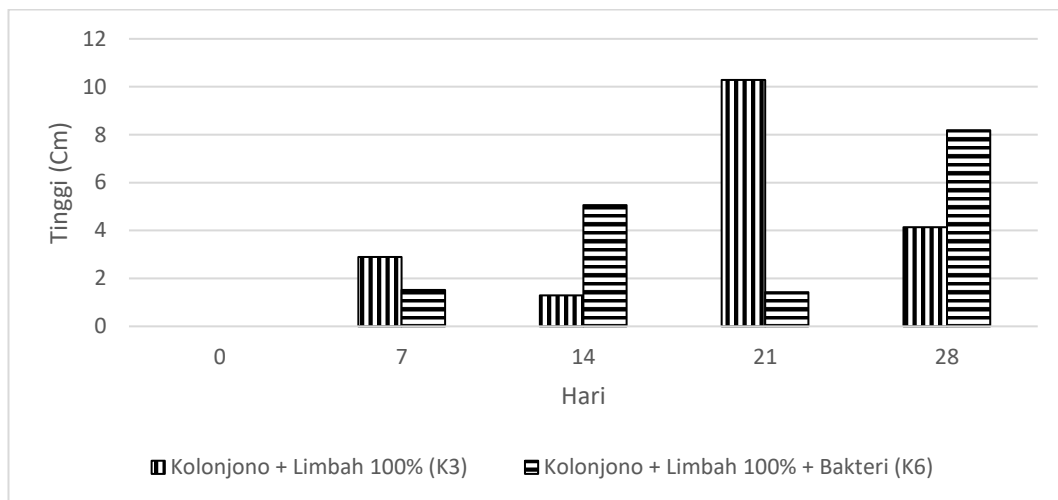
4.4.3 Tanaman Kolonjono (*Brachiaria mutica*) dan Konsentrasi Limbah 100%

Kolonjono dalam reaktor K3 dan K6 mengalami pertumbuhan hingga hari ke- 28 dari hari ke-0.



Gambar 4.34 Tinggi Kolonjono Konsentrasi Limbah 100%

Persentase pertumbuhan Kolonjono dapat dilihat pada gambar 4.35:

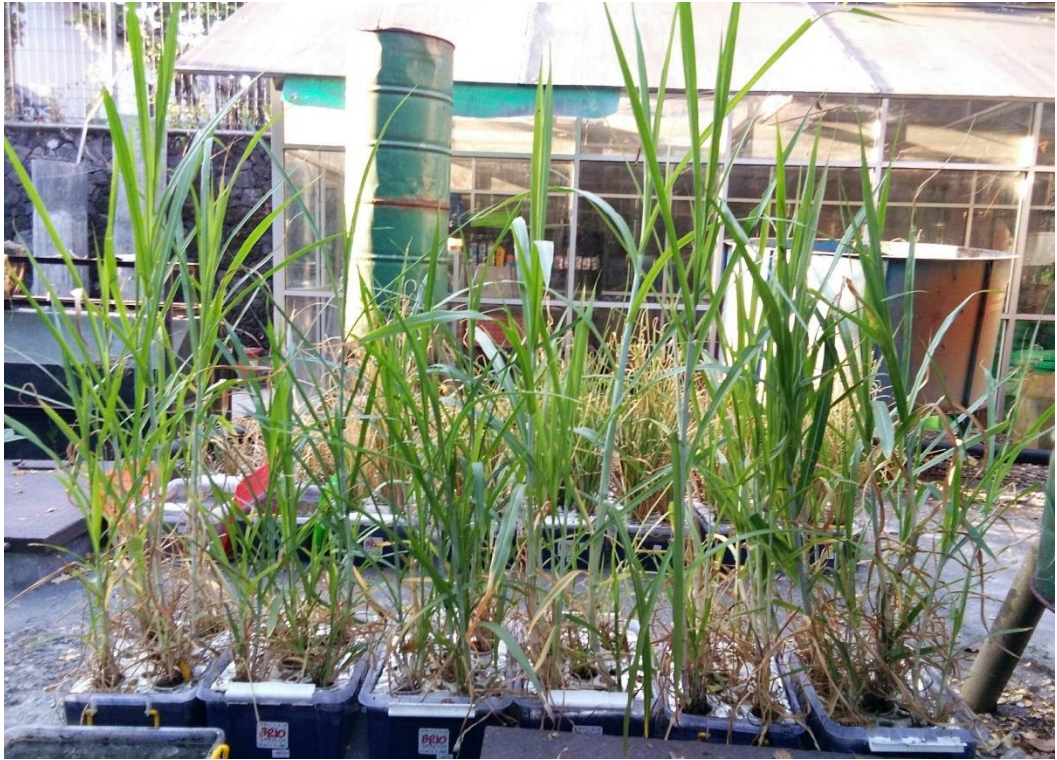


Gambar 4.35 Persentase Laju Pertumbuhan Kolonjono + Air Limbah 100%

Pertumbuhan Kolonjono reaktor K3 di 7 sebesar 2,9%, di hari 14 laju pertumbuhan turun menjadi 1,294. Di hari 21 pertumbuhan meningkat menjadi 10,282% dan turun kembali di hari 28. Pada reaktor K6 laju pertumbuhan di hari 7 sebesar 1,5%, di hari 14 naik menjadi 5,05%, kemudian di hari 21 turun menjadi 1,4% dan di hari 28 naik menjadi 8,183%.

4.4.4 Pertumbuhan Tanaman Kolonjono (*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.



Gambar 4.36 Pertumbuhan Tinggi Kolonjono Hari – 7



Gambar 4.37 Pertumbuhan Kolonjono Hari ke-21

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.



Gambar 4.38 Terlihat Akar Baru pada Bagian dalam Gelas

Berdasarkan data pertumbuhan ini, penggunaan tanaman Kolonjono (*Brachiaria mutica*) dengan penambahan bakteri hasil ekstraksi dari tanah di Balai Yasa menggunakan metode FTW, dapat menjadi pengolahan alternatif pengolahan air limbah di Balai Yasa, PT.KAI Yogyakarta.

Tabel 4.1 Removal Seluruh Parameter

Sample	% Removal									
	Pb		Cu		Fe		Amonia		TSS	
	Hari 0 - 14	Hari 21 - 28	Hari 0 - 14	Hari 21 - 28	Hari 0 - 14	Hari 21 - 28	Hari 0 - 14	Hari 21 - 28	Hari 0 - 14	Hari 21 - 28
Kolonjono + Limbah 50% (K1)	75,89	-15,09	67,24	-15,79	0,24	2,07	78,88	83,91	-139,26	23,56
Kolonjono + Limbah 75% (K2)	81,13	100,00	80,25	14,29	10,01	57,14	79,99	60,37	-53,63	50,00
Kolonjono + Limbah 100% (K3)	98,88	100,00	83,78	0,00	9,72	-79,15	83,00	79,19	22,51	93,73
Kolonjono + Limbah 50% + Bakteri (K4)	91,23	100,00	97,01	8,33	-36,51	-0,08	65,78	69,82	-255,70	-85,11
Kolonjono + Limbah 75% + Bakteri (K5)	70,10	100,00	81,40	-4,00	-29,21	10,19	78,97	71,07	-149,23	60,23
Kolonjono + Limbah 100% + Bakteri (K6)	81,21	100,00	72,29	-46,67	-94,86	-67,24	33,92	86,40	-99,04	94,79
Air Limbah 50% + Bakteri (C1)	78,83	100,00	70,27	-38,71	-26,61	37,67	46,27	93,73	4,81	96,83
Air Limbah 100% + Bakteri (C2)	80,14	100,00	59,52	17,86	-163,44	-18,28	-67,24	73,51	-142,18	72,22
Air Limbah 50% (C3)	95,89	100,00	96,11	-186,67	98,14	-107,91	26,76	86,77	-200,00	84,24
Air Limbah 100% (C4)	97,14	100,00	80,77	30,23	99,41	-12,96	46,01	32,47	0,00	31,55

Dari kelima parameter yang diuji parameter Pb, Cu dan Amonia menunjukkan hasil yang lebih baik daripada parameter Fe dan TSS. Dari tabel diatas terlihat bahwa tanaman Kolonjono (*Brachiaria mutica*) kurang mampu mengurangi parameter Fe meskipun terdapat nilai removal yang tinggi. Sedangkan TSS efektif jika persentase removal dihitung hingga pengujian pada hari ke – 7. Tidak ada hubungan antara removal hari 0 – 14 dan 21 – 28 karena pada hari ke – 16 terjadi penambahan air limbah pada tiap reaktor karena air limbah secara cepat terserap oleh tanaman.