

**PENGOLAHAN AIR LIMBAH PENCUCIAN  
PT. KAI YOGYAKARTA MENGGUNAKAN *FLOATING  
TREATMENT WETLAND* KOMBINASI DENGAN TANAMAN  
KOLONJONO (*BRACHIARIA MUTICA*) DAN BAKTERI**

---

***PERFORMANCE OF FLOATING TREATMENT WETLAND USING  
BRACHIARIA MUTICA COMBINED WITH BACTERIA TO TREAT  
HIGH DENSITY OIL WASTE FROM PT. KAI YOGYAKARTA***

**Jihan Fadhilah<sup>1</sup>, Joni Aldilla Fajri<sup>2</sup> dan Awaluddin Nurmiyanto<sup>3</sup>**

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

<sup>1</sup>[14513098@students.uui.ac.id](mailto:14513098@students.uui.ac.id) <sup>2</sup>[joni.af@uui.ac.id](mailto:joni.af@uui.ac.id) dan <sup>3</sup>[awaluddin@uui.ac.id](mailto:awaluddin@uui.ac.id)

**Abstrak :** Air limbah yang dihasilkan pada PT. Kereta Api Indonesia (PT.KAI) Yogyakarta sangat berpotensi mencemari lingkungan bila dibuang dilingkungan tanpa pengolahan. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan tanaman Kolonjono (*Brachiaria mutica*) tanpa menggunakan tambahan bakteri dan atau dengan tambahan bakteri untuk menghilangkan kadar COD, BOD, *Oil and Grease* dan *Oil Content* pada limbah pencucian PT. KAI menggunakan sistem *Floating Treatment Wetland* (FTW). Bakteri yang digunakan berasal dari tanah yang terkontaminasi limbah cair PT. KAI Yogyakarta. Hasil penelitian dibandingkan dengan Pergub DIY No. 7 Tahun 2010. *Wetland* yang digunakan sebanyak 10 box kontainer dengan volume maksimal 13,5 L. Penelitian ini membagi kontainer menjadi 4 box pengolahan sebagai kontrol (2 box menggunakan bakteri dan 2 box tanpa bakteri) dan 6 box pengolahan menggunakan tanaman (3 box menggunakan bakteri dan 3 box tanpa bakteri). Varian konsentrasi air limbah yang digunakan adalah 50%, 75%, dan 100%. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa removal tertinggi terjadi pada kombinasi antara tanaman Kolonjono dan bakteri mampu mengurangi parameter *Oil content* 84%, BOD 90%, dan COD 69% pada konsentrasi air limbah 50%.

**Kata Kunci :** Air limbah, Bakteri, *Brachiaria mutica*, *Floating Treatment Wetland* (FTW)

**Abstract:** Wastewater produced at PT. Kereta Api Indonesia (PT. KAI) Yogyakarta has the potential to pollute the environment if it is disposed of without treatment. Therefore this study aims to evaluate the ability of the Kolonjono plant (*Brachiaria mutica*) without addition of bacteria and or with the addition of bacteria to remove levels of COD, BOD, *Oil and grease*, and *Oil content* on wastewater PT. KAI Yogyakarta uses the *Floating Treatment Wetland* system (FTWs). The bacteria used come from contaminated soil with wastewater of PT. KAI Yogyakarta. The result of the study were compared with Pergub DIY No. 7 of 2010. The wetland used was 10 container boxes with a maximum containers with maximum volume of 13,5 L. This study divides container 4 processing boxes as controls (2 boxes using bacteria and 2 boxes without bacteria) and 6 boxes using plants (3 boxes using bacteria and 3 boxes without bacteria). Variants of wastewater concentration used were 50%, 75%, and 100%. The results of this study indicate that the highest removal occurred in the combination between Kolonjono plants and bacteria capable of reducing the oil content of 84%, 90% BOD, and 69% COD at 50% wastewater concentration.

**Keywords:** Bacteria, *Brachiaria mutica*, *Floating Treatment Wetlands* (FTW), Wastewater

## PENDAHULUAN

Hingga akhir tahun 2017 lalu tercatat dalam Badan Pusat Statistik (BPS) mengenai “Jumlah Penumpang Kereta Api Wilayah Jawa” yaitu mencapai total penumpang sebanyak 36.140 penumpang (BPS, 2017). Dengan penggunaan kereta api yang semakin meningkat maka aktifitas bengkel kereta api yaitu Balai Yasa pun akan semakin meningkat. PT. Kereta Api Indonesia (PT.KAI) adalah Badan Usaha Milik Negara Indonesia yang menyelenggarakan jasa angkutan kereta api, yang dalam proses pemeliharaan kereta apinya tidak luput pula dengan hasil limbah yang dapat berpotensi mencemari lingkungan.

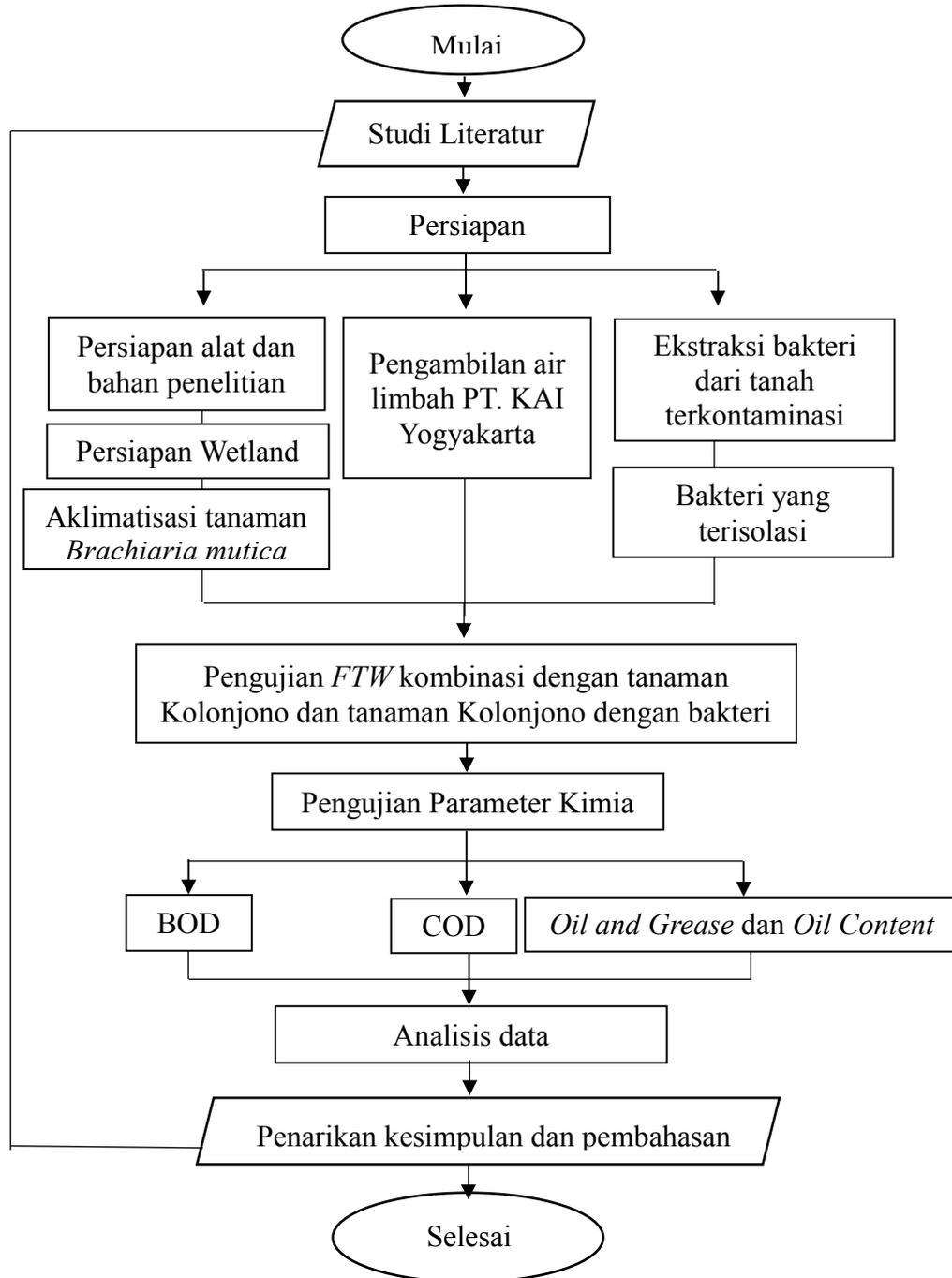
Upaya untuk mengurangi kandungan BOD, COD, dan zat pencemar lainnya dalam limbah cair PT. KAI dapat dilakukan antara lain secara proses biologi dengan menggunakan tanaman yang dikenal sebagai proses fitoremediasi. Fitoremediasi sebagai salah satu upaya pemanfaatan tanaman untuk mengurangi pencemaran lingkungan, dewasa ini semakin banyak digunakan baik untuk limbah organik maupun limbah anorganik. Kolonjono (*Brachiaria mutica*) adalah salah satu tanaman yang biasa digunakan pada teknik fitoremediasi (Rehman et al, 2018).

Wetland merupakan suatu teknologi sederhana yang dapat digunakan dalam perencanaan pengolahan limbah cair dengan memanfaatkan tanaman/vegetasi dan mikroorganisme. Tipe sistem wetland yang digunakan dalam penelitian ini adalah Floating Treatment Wetland (FTW) yang berkonsepkan menggunakan akar pada tanaman yang mengambang di air untuk menyerap polutan dengan diberi tambahan bakteri dalam prosesnya. Jenis tanaman yang dapat digunakan dalam sistem wetland saat ini yaitu tanaman Kolonjono, Bambu Air, Akar Wangi, Canna, dan sebagainya. Menurut Zhang et al. (2015), didapati bahwa rata-rata menggunakan sistem FTWs dengan tanaman *Vetiveria zizanioides* dapat mengurangi presentasi kandungan BOD5 (70,73%), NH4 (63,58%), dan TP (44,8%), hasil ini lebih besar bila dibandingkan dengan data yang menggunakan tipe wetland yang lainnya.

Penelitian ini menggunakan *Floating Treatment Wetland* (FTW) untuk menghitung *removal* yang dihasilkan dari air limbah pencucian PT. Kereta Api Indonesia Yogyakarta dengan kombinasi tanaman *Brachiaria mutica* dan bakteri dalam proses fitoremediasi. Parameter yang akan diujikan antara lain adalah *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Oil and Grease* dan *Oil Content*.

## METODE PENELITIAN

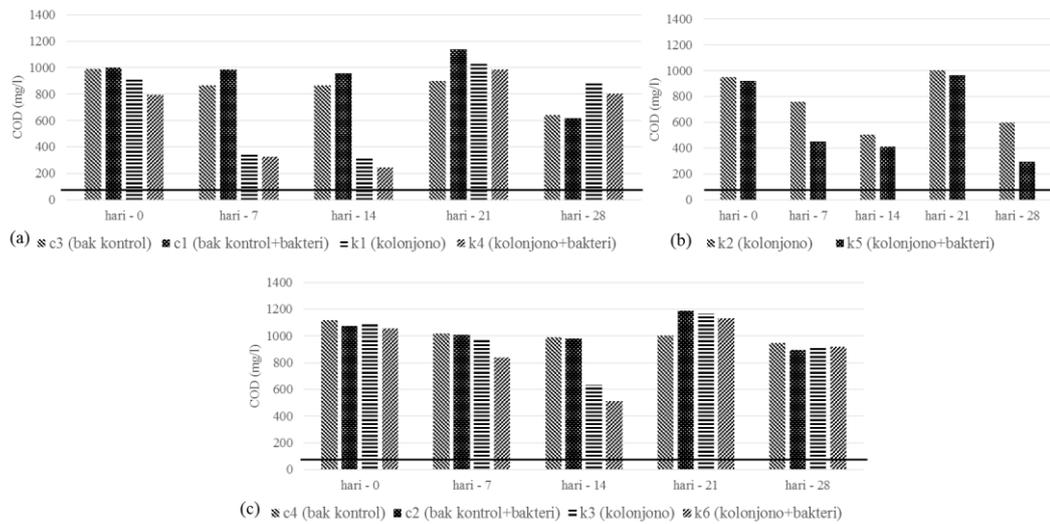
Pada tahapan ini akan dijelaskan alur pelaksanaan penelitian secara umum. Sebelum penelitian dimulai, terlebih dahulu dilakukan studi literatur. Kemudian mengidentifikasi masalah yang ada, setelah itu dilakukan persiapan alat dan bahan yang akan digunakan pada saat penelitian. Diagram pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 berikut,



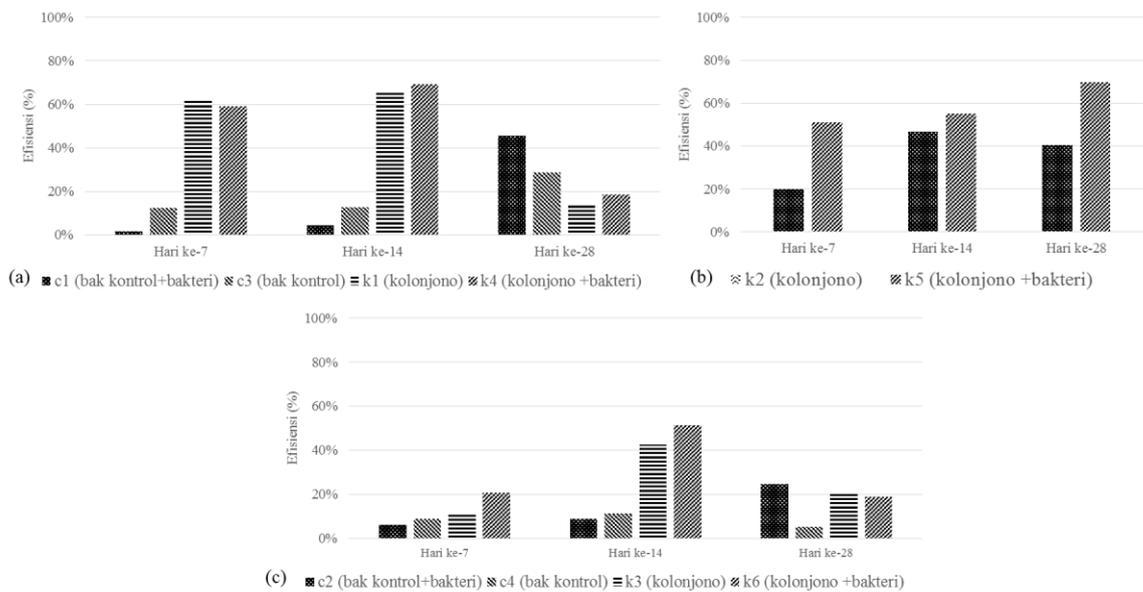
**Gambar 1.** Skema Pelaksanaan Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Chemical Oxygen Demand (COD)



**Gambar 2.** Grafik Parameter COD dengan Air Limbah 50% (a) Air Limbah 75% (b) Air Limbah 100% (c)



**Gambar 3.** Grafik *Removal* Parameter COD Pada Air Limbah 50% (a) Air Limbah 75% (b) Air Limbah 100% (c)

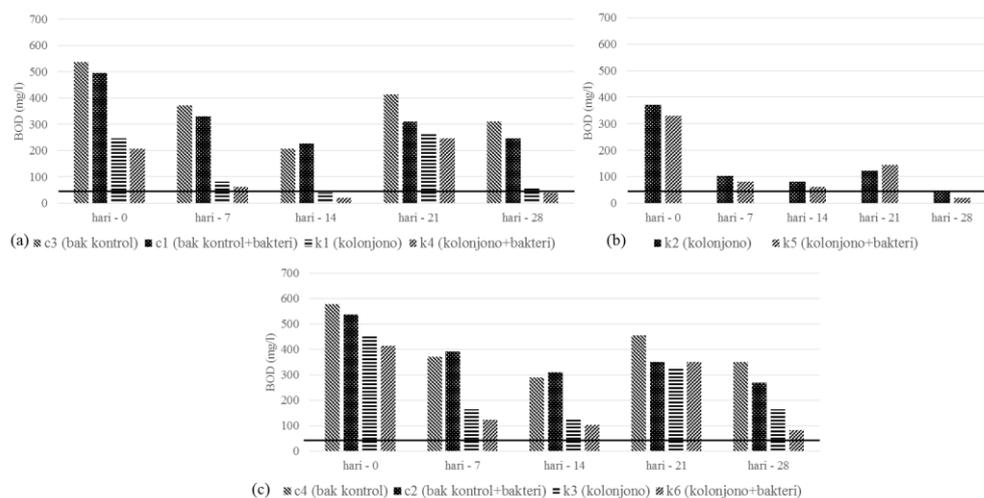
Berdasarkan data persentase efisiensi removal ketiga variasi konsentrasi tersebut, penulis mengambil kesimpulan bahwa dapat dilihat yang paling besar nilai removal konsentrasi COD pada limbah PT. KAI adalah pada variasi konsentrasi air limbah 50% dengan menggunakan *wetland* tanaman Kolonjono yang diberikan bakteri. Persentase efisiensinya adalah 69%, dengan konsentrasi awal 793,667 mg/l turun hingga hari ke 14 mencapai 243,667 mg/l. Hal ini menunjukkan semakin rendah konsentrasi limbah maka semakin besar pula konsentrasi COD yang dapat diturunkan. Baku

Mutu Parameter COD untuk air limbah PT. KAI sesuai dengan SK Gubernur DIY No. 7 Tahun 2010 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri, Pelayanan Kesehatan, dan Pariwisata yaitu 125 mg/l sehingga dengan pengujian 14 hari pada semua variasi konsentrasi air limbah dalam penelitian ini belum berhasil menurunkan konsentrasi COD sampai dibawah baku mutu. Akan tetapi bila dilihat dari data keseluruhan variabel, dengan adanya penambahan bakteri pada *wetland* dapat membantu penurunan konsentrasi COD yang ditandai dengan lebih tingginya tingkat persentasi efisiensi *wetland* yang menggunakan bakteri bila dibandingkan dengan yang tidak menggunakan bakteri.

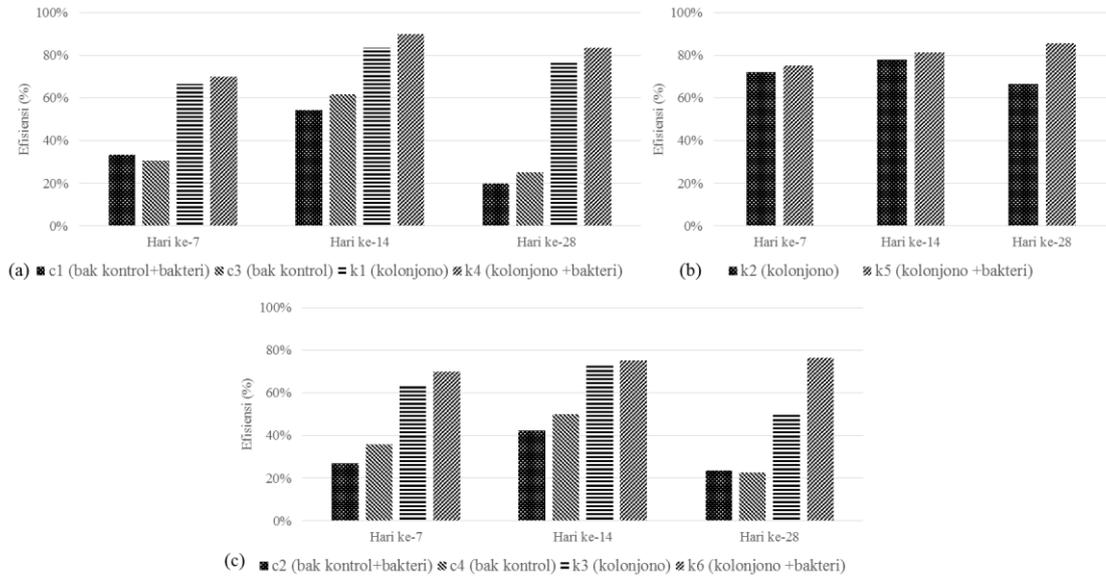
Pada hari ke-21 semua sampel mengalami kenaikan kadar COD karena adanya penambahan air limbah pada hari ke-16. Penambahan air limbah dapat membuat bahan pencemar bertambah, sehingganya kadar COD kembali meningkat. Tetapi hari ke-28 pada sampel dengan penambahan bakteri mengalami penurunan kadar COD yang lebih besar dibandingkan sampel tanpa bakteri. Pada hari ke-16 tidak dilakukan pengujian sehingga hari ke-21 menjadi *baseline* hari ke-28.

Mekanisme terjadinya penurunan konsentrasi COD dalam air limbah PT. KAI dengan sistem FTW menggunakan tanaman Kolonjono (*Brachiria mutica*) terjadi karena adanya pertumbuhan mikroorganisme pada zona perakaran. Mikroorganisme ini berperan dalam penguraian bahan-bahan organik. Pada daerah perakaran tanaman terjadi penyaluran oksigen dari daun yang menyebabkan terbentuknya zona oksigen. Hal ini meningkatkan populasi mikroorganisme daerah perakaran yang mencapai 10-100 kali lebih banyak yang dapat membantu penyerapan bahan pencemar dalam air limbah yang diolah (Tresna, 1998).

### Biochemical Oxygen Demand (BOD)



**Gambar 4.** Grafik Parameter BOD pada Air Limbah 50% (a) Air Limbah 75% (b) Air Limbah 100% (c)



**Gambar 5.** Grafik *Removal* Parameter BOD Pada Air Limbah 50% (a) Air Limbah 75% (b) Air Limbah 100% (c)

Berdasarkan data persentase efisiensi removal ketiga variasi konsentrasi tersebut, penulis mengambil kesimpulan bahwa dapat dilihat yang paling besar nilai removal konsentrasi BOD pada limbah PT. KAI adalah pada variasi konsentrasi air limbah 50% dengan menggunakan *wetland* tanaman Kolonjono yang diberikan bakteri. Persentase efisiensinya adalah 90%, dengan konsentrasi awal 206,61 mg/l turun hingga hari ke 14 mencapai 20,66 mg/l. Hal ini menunjukkan semakin rendah konsentrasi limbah maka semakin besar pula konsentrasi BOD yang dapat diturunkan. Baku Mutu Parameter BOD untuk air limbah PT.KAI sesuai dengan SK Gubernur DIY No. 7 Tahun 2010 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri, Pelayanan Kesehatan, dan Pariwisata yaitu 50 mg/l sehingga dengan pengujian 14 hari yang telah berhasil menurunkan konsentrasi BOD sampai dibawah baku mutu adalah varian konsentrasi air limbah 50% dengan adanya penambahan bakteri sebesar 20,66 mg/l dan yang tidak ditambahkan bakteri sebesar 41,32 mg/l. Bila dilihat dari data keseluruhan variabel, dengan adanya penambahan bakteri pada *wetland* dapat membantu penurunan konsentrasi BOD yang ditandai dengan lebih tingginya tingkat persentasi efisiensi *wetland* yang menggunakan bakteri bila dibandingkan dengan yang tidak menggunakan bakteri.

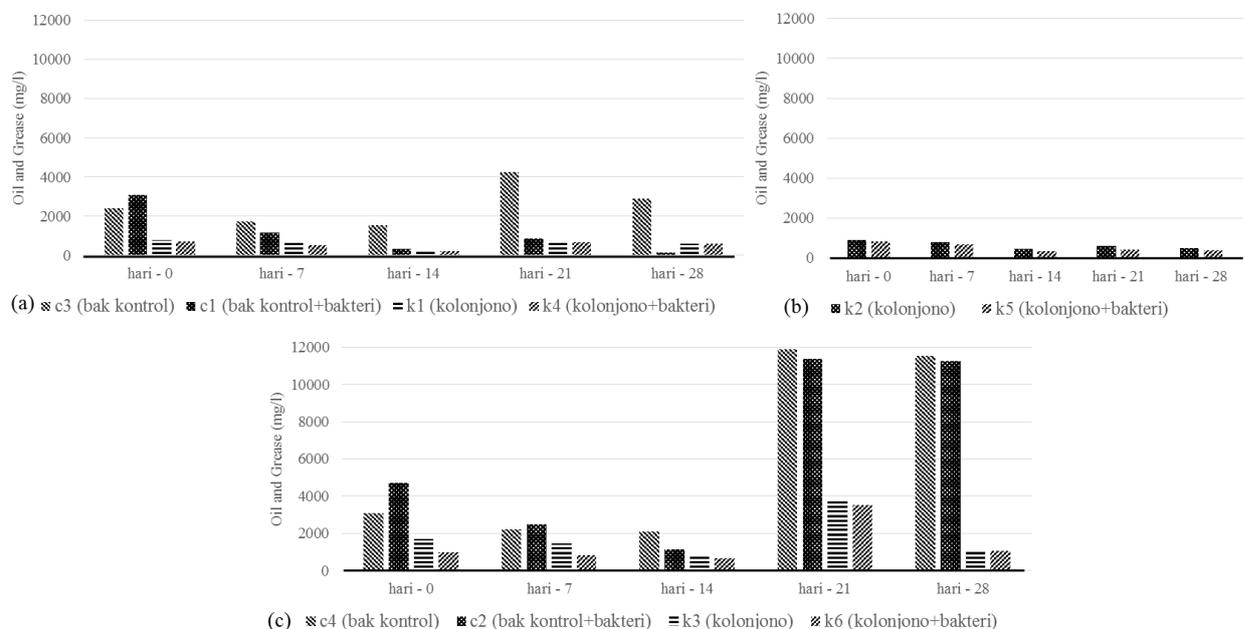
Hal ini didukung dengan pernyataan dalam jurnal Nisa et al. (2015) yang menyebutkan bahwa jumlah tanaman dan waktu penelitian dapat mempengaruhi konsentrasi BOD. Dalam jurnal tersebut juga disebutkan bahwa semakin banyak jumlah tanaman dan semakin lama waktu kontak tanaman dan limbah maka akan semakin besar penurunan konsentrasi BOD. Hal ini disebabkan oleh bakteri yang hidup alami pada rizosfer yang mendegradasi bahan organik. Bagian akar tanaman kaya akan oksigen karena merupakan tempat pelepasan dan pengikat oksigen, berdasarkan data akar tanaman

Kolonjono didapati banyaknya akar baru yang tumbuh ditandai dengan berwarna putih selama proses kontak dengan limbah, hal ini menandakan adanya pertumbuhan pada akar tanaman Kolonjono.

Pada hari ke-21 semua sampel mengalami kenaikan kadar BOD karena adanya penambahan air limbah pada hari ke-16. Penambahan air limbah dapat membuat bahan pencemar bertambah, sehingganya kadar BOD kembali meningkat. Tetapi hari ke-28 pada sampel dengan penambahan bakteri mengalami penurunan kadar BOD yang lebih besar dibandingkan sampel tanpa bakteri. Pada hari ke-16 tidak dilakukan pengujian sehingga hari ke-21 menjadi *baseline* hari ke-28.

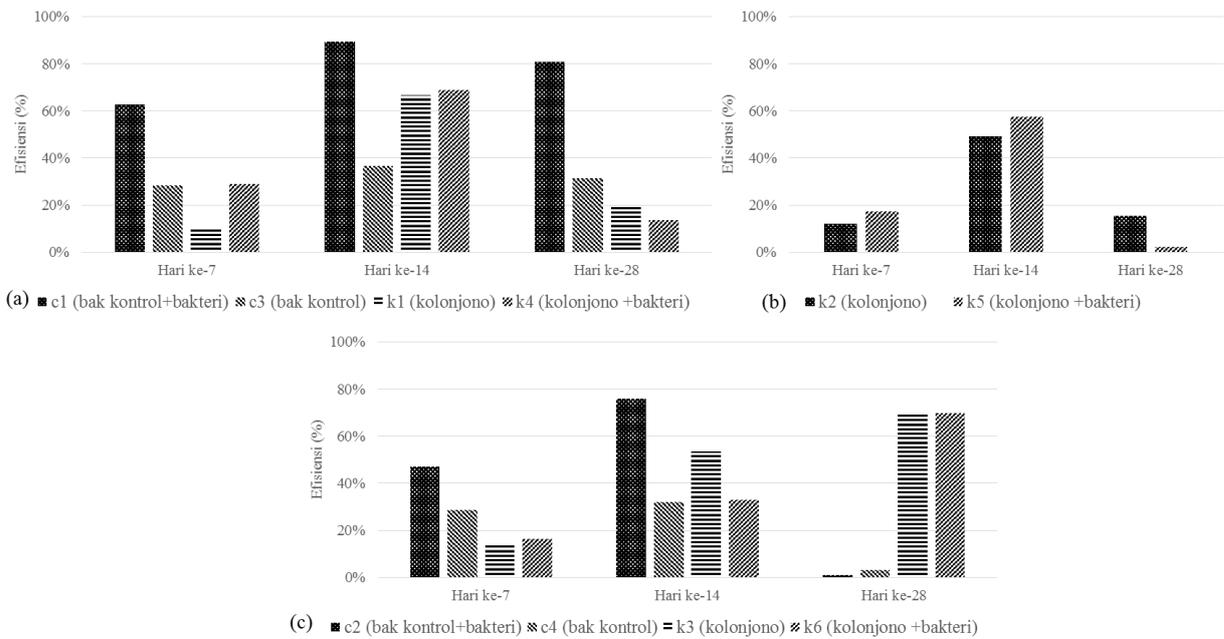
### Analisis parameter *Oil and Grease* dan *Oil Content*

Penurunan kadar *Oil and Grease* dan *Oil Content* pada setiap sampel tersebut dikarenakan adanya pengolahan air limbah dengan menggunakan tanaman *Brachiaria mutica*. Sedangkan pada sampel kontrol mengalami penurunan yang diakibatkan oleh terjadinya proses penguapan. Pada umumnya minyak dapat menguap jika dibiarkan tanpa tertutup, sehingga minyak yang ada pada permukaan air akan berkurang. Berdasarkan data persentase efisiensi removal ketiga variasi konsentrasi tersebut, penulis mengambil kesimpulan bahwa dapat dilihat yang paling besar nilai penurunan konsentrasi *Oil and Grease* adalah dengan menggunakan bak kontrol yang diberikan bakteri yaitu 90%, dengan konsentrasi awal yaitu 3079 mg/l menurun hingga pada hari ke-14 menjadi 322 mg/l. Hal ini membuktikan bahwa tanaman Kolonjono tidak cocok sebagai media tanaman untuk

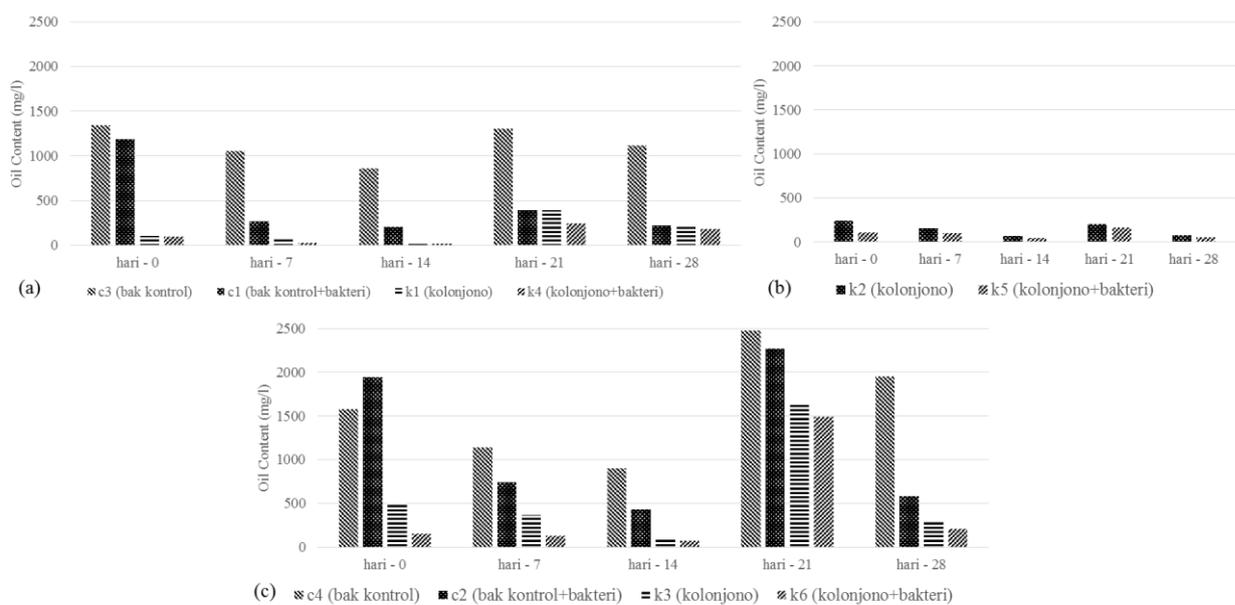


**Gambar 6.** Grafik Parameter *Oil and Grease* pada Air Limbah 50% (a) Air Limbah 75% (b) Air Limbah 100% (c)

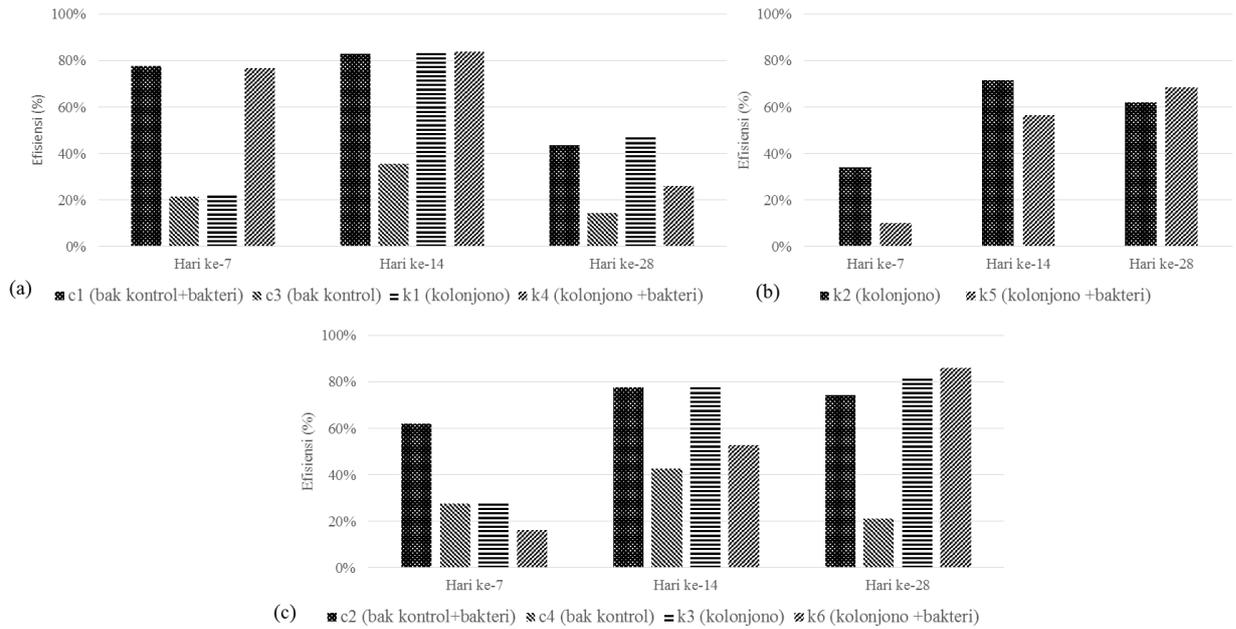
menurunkan konsentrasi *Oil and Grease* limbah PT.KAI yang sangat pekat. Hal ini didukung oleh jurnal Effendi et al. (2017) dengan tidak adanya tanaman maka matahari akan langsung kontak dengan air limbah yang memungkinkan bakteri lokal yang telah ditambahkan tumbuh lebih baik sehingga penurunan konsentrasi *Oil and Grease* akan semakin efektif. Berbeda dengan *Oil Content*, berdasarkan data uji pada varian konsentrasi limbah 50% didapati persentase efisiensi removal



**Gambar 7.** Grafik *Removal Parameter Oil and Grease* Pada Air Limbah 50% (a) Air Limbah 75% (b) Air Limbah 100% (c)



**Gambar 8.** Grafik Parameter *Oil Content* pada Air Limbah 50% (a) Air Limbah 75% (b) Air Limbah 100% (c)



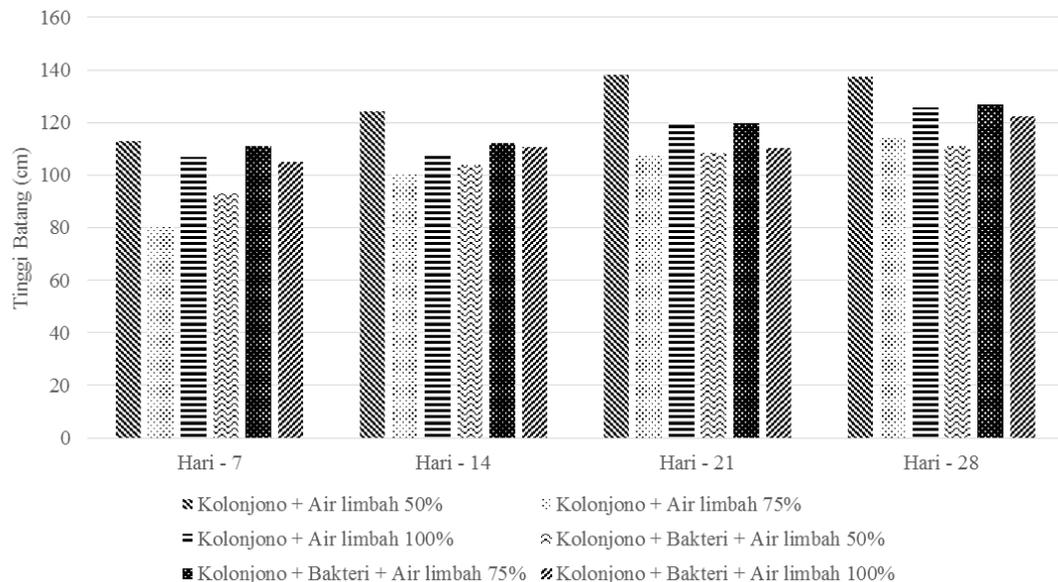
**Gambar 9.** Grafik *Removal Parameter Oil Content* Pada Air Limbah 50% (a) Air Limbah 75% (b) Air Limbah 100% (c)

tertingginya adalah dengan menggunakan *wetland* tanaman Kolonjono yang diberikan bakteri yaitu 84%, dengan konsentrasi awal yaitu 99 mg/l menurun hingga pada hari ke-14 menjadi 16 mg/l. Hal ini menunjukkan semakin rendah konsentrasi limbah maka semakin besar pula konsentrasi *Oil and Grease* dan *Oil Content* yang dapat diturunkan. Hal ini didukung dalam jurnal Zhou et al. (2011) yang menyatakan semakin lama waktu kontak dan semakin banyak tanaman maka semakin banyak pula *Oil Content* yang diserap oleh tanaman. Hal ini berhubungan dengan bakteri lokal yang diberikan dan hidup pada rizosfer yang mendegradasi bahan organik dan menggunakan minyak sebagai sumber karbon dan energi (Zulfikar et al, 2012).

Baku Mutu Parameter *Oil and Grease* untuk air limbah PT. KAI sesuai dengan SK Gubernur DIY No. 7 Tahun 2010 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri, Pelayanan Kesehatan, dan Pariwisata yaitu 2 mg/l sehingga dengan pengujian 14 hari pada semua variasi konsentrasi air limbah dalam penelitian ini belum berhasil menurunkan konsentrasi *Oil and Grease* sampai dibawah baku mutu. Akan tetapi bila dilihat dari data keseluruhan variabel, dengan adanya penambahan bakteri pada *wetland* dapat membantu penurunan konsentrasi *Oil and Grease* dan *Oil Content* yang ditandai dengan lebih tingginya tingkat persentasi efisiensi *wetland* yang menggunakan bakteri bila dibandingkan dengan yang tidak menggunakan bakteri.

## Analisis Tanaman *Brachiaria mutica*

Analisis parameter fisik dilakukan pada tanaman *Brachiaria mutica* pada setiap *wetland* sebagai data pendukung penelitian. Analisis ini bertujuan untuk melihat pengaruh air limbah terhadap pertumbuhan tanaman *Brachiaria mutica*. Pertumbuhan tinggi tanaman dapat dilihat pada Gambar 10 berikut.



**Gambar 10.** Pertumbuhan Tinggi Tanaman *Brachiaria mutica*

Terlihat dari data Gambar 10 bahwa tanaman Kolonjono menunjukkan tanda adanya pertumbuhan setiap minggunya. Tinggi tanaman pada hari ke-28 pada sampel K1 (Kolonjono + Air limbah 50%) hingga K6 (Kolonjono + Bakteri + Air limbah 100%) secara berturut-turut sebesar 137,4 cm, 114 cm, 125,8 cm, 111,2 cm, 126,8 cm, dan 122,2 cm. Berdasarkan pengamatan, daun yang tumbuh pun hijau, subur dan tidak layu. Berdasarkan akar yang terlihat mengalami pertumbuhan dengan ditandai munculnya akar baru yang berwarna putih. Hal ini didukung oleh jurnal penelitian Rehman et al. (2018), yang menyatakan tanaman Kolonjono dapat berkembang dengan baik dalam air yang mengandung limbah minyak karena akar pada tanaman Kolonjono dapat memanfaatkan minyak sebagai proses dekomposisi yang mendukung dalam proses pertumbuhan tanaman.

Menurut jurnal penelitian Rehman et al. (2018) juga, tanaman *Brachiaria mutica* yang diaklimatisasi selama 1 bulan bertujuan untuk membuat tanaman tumbuh dan memiliki akar yang lebih banyak. Sehingga sebelum digunakan untuk pengujian tanaman memiliki rata-rata tingginya mencapai 45 cm. Setelah diaklimatisasi, mulai dilakukan pengujian parameter kimia pada hari ke-0. Pengujian ini dilakukan selama 4 minggu untuk mendapatkan nilai yang tidak melebihi baku mutu air limbah yang telah ditetapkan.

Pada sampel yang diujikan terjadi penurunan kadar COD, BOD, *Oil & Grease* dan *Oil Content* dikarenakan adanya penyerapan bahan pencemar yang dilakukan oleh tanaman *Brachiaria mutica*. Pada akar tanaman memiliki mikroorganisme yang dapat mendegradasi bahan organik pada air limbah. Pada penelitian dengan menggunakan tanaman *Brachiaria mutica* tanpa penambahan bakteri, dapat mengurangi bahan pencemar pada air limbah. Tetapi, hasil yang didapat lebih kecil dari persentase penurunan dengan penambahan bakteri. Penambahan bakteri dapat membantu proses dekomposisi pada tanaman.

## KESIMPULAN

*Floating Treatment Wetland* kombinasi dengan tanaman *Brachiaria mutica* dan penambahan bakteri pada air limbah PT. KAI dilakukan penelitian selama 4 minggu. Pada proses pengolahan menggunakan tanaman *Brachiaria mutica* dan penambahan bakteri memberikan pengaruh dalam menyisihkan bahan pencemar, sehingga mampu mengurangi kadar COD, BOD, *Oil and Grease* dan *Oil Content* pada air limbah.

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan hasil bahwa FTW dapat menurunkan konsentrasi COD, BOD, *Oil and Grease* dan *Oil Content*. Performa reaktor yang lebih efisien dalam penurunan konsentrasi masing-masing parameter limbah PT.KAI adalah dengan menggunakan reaktor konsentrasi limbah 50% dengan adanya tanaman Kolonjono dan penambahan bakteri dapat menghasilkan penurunan konsentrasi COD, BOD, dan *Oil Content* yang lebih optimal yaitu 69%, 90% dan 84%. Berbeda dengan *Oil and Grease*, dengan menggunakan reaktor kontrol konsentrasi limbah 50% dan penambahan bakteri dapat menghasilkan efisiensi dalam penurunan konsentrasi yang lebih besar yaitu 90%. Didapati kesimpulan juga bahwa reaktor yang paling efisien dalam meremoval parameter adalah reaktor dengan konsentrasi limbah 50%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. 2017. *Jumlah Penumpang Kereta Api 2006-2017*. <https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/815>. (15/02/18)
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia. 2004. *Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (Chemical Oxygen Demand/COD) dengan Refluks Tertutup Secara Spektrofotometer*. SNI 6989.2-2004. Jakarta: BSN
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia. 2004. *Cara Uji Oksigen Terlarut Secara Yodometri (Modifikasi Azida)*. SNI 6989.14-2004. Jakarta: BSN
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia. 2009. *Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (Biochemical Oxygen Demand)*. SNI 6989.72-2009. Jakarta: BSN
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia. 2009. *Cara Uji Minyak Nabati dan Minyak Mineral Secara Gravimetri*. SNI 6989.10-2011. Jakarta: BSN

- Effendi, Hefni., Munawaroh, Ani dan Ayu, Inna Puspa. 2017. *Crude Oil Spilled Water Treatment With Vetiveria zizanioides in Floating Wetland*. Egyptian Journal of Aquatic Research: 43, 185-193
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 128 Tahun 2003 tentang *Tata Cara dan Persyaratan Teknis Pengolahan Limbah minyak Bumi dan Tanah Terkontaminasi Oleh Minyak Bumi Secara Biologis*. Jakarta: Depdiknas
- Nisa, W. U., Rashid.A. 2015. *Potential of Vetiveria zizanioides. L. grass in removing selected PAHs from diesel contaminated soil* . Journal of Botanical. Elsevier. Pakistan. 291-296 pp.
- Peraturan Gubernur (PERGUB) Nomor 07 Tahun 2010 tentang *Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri, Pelayanan Kesehatan, dan Jasa Pariwisata*. Jakarta
- Rehman, Khadeeja et al. 2018. *Inoculation With Bacteria in Floating Treatment Wetland Positively Modulates The Phytoremediation of Oil Field Wastewater*. Journal of Hazardous Materials: 349, 242-251
- Tresna D.K, Ilyani S. 1998. *Pemanfaatan Sistem Zona Akar Thypa Latifollia Untuk Menyisihkan COD, BOD, NH<sup>+</sup><sub>4</sub>, P-Total dan Faced Coliform Dalam Pengolahan Limbah Domestik*. Jurnal Teknik Lingkungan, Vol 4, Nomor 2 Oktober, ISSN 0854-1957, H. 16-26.
- Zhang. Dong-Qing., Jinadasa. K. B. S. N., Gersberg. R. M., Liu. Y., Tan. S. K., Jern. W. 2015. *Application of constructed wetlands for wastewater treatment in tropical and subtropical regions (2000-2013)*. Journal of Environmental Sciences. Elsevier. China. 30-46 pp.
- Zhou. Q.X., Cai. Z., Zhang. Z., Liu. W. 2011. *Ecological remediation of hydrocarbon contaminates soils with weed plant*. Journal of Resources and Ecology. China. 97-105 pp.
- Zulfiqar. A.M., Safia. A. 2012. *Degradation of petroleum hydrocarbons by oil field isolated bacterial consortium*. AFR Journal of Biotechnology. 650-658 pp.