

## BAB IV

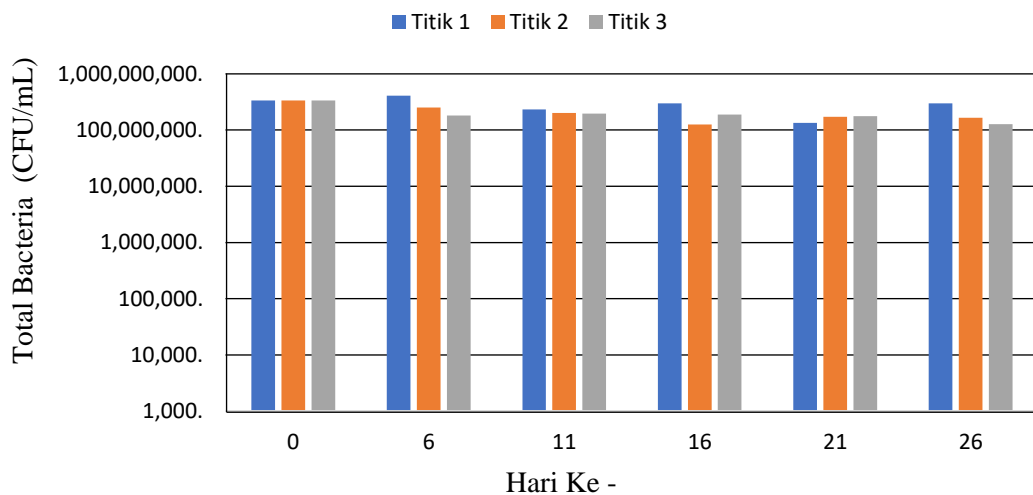
### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Analisis Karakteristik Limbah

##### 4.1.1. Biologi

##### A. Total Plate Count (TPC)

Pengujian biologis pada penelitian ini menggunakan metode *pour plate* dengan menggunakan media agar. Pengujian sampel dilakukan setiap hari ke 6,11,16,21, dan 26. Berdasarkan analisis yang dilakukan didapatkan hasil sbb,



**Gambar 4. 1.** Grafik Konsentrasi Total Bakteri Pada Reaktor *Continuous Wetland* Selama 30 Hari Pengujian

Berdasarkan gambar diatas, pada titik 1 didapatkan data pertumbuhan bakteri. Konsentrasi tertinggi adalah pada hari ke 6 sebesar  $411 \times 10^6$ , jumlah bakteri tersebut dapat mendegradasikan konsentrasi minyak (*Oil Grase & Oil Content*) serta TPH hingga 70%. Selain itu, juga mampu mendegradasi pencemar logam seperti Fe sebesar 36%. Di dukung oleh penelitian sebelumnya oleh Rizqon dkk (2018), bahwa penurunan kadar Fe pada *Floating Treatment* dapat mencapai hingga 86%. Pada hari ke 11 konsentrasi bakteri mengalami penurunan sebesar 43% menjadi  $234 \times 10^6$ , hal ini juga mengakibatkan kenaikan konsentrasi TPH. Menurut Charlena kenaikan nilai TPH diikuti dengan penurunan total bakteri (Charlena, 2011). Konsentrasi TPC naik 28 % pada hari ke 16 menjadi  $300 \times 10^6$  diikuti dengan

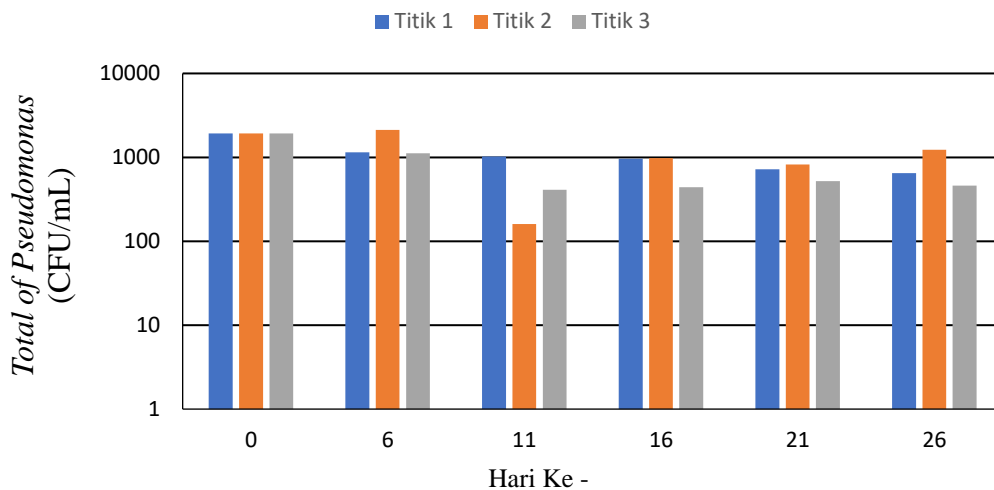
penurunan TPH. Hal ini menandakan bahwa proses degradasi oleh bakteri sudah terjadi didalam reaktor.

Pada titik 2 konsentrasi pada hari ke 6 merupakan yang paling besar yaitu  $251 \times 10^6$ . Konsentrasi tersebut dapat mendegradasikan kadar logam seperti Fe sebesar 43%, Pb sebesar 24%. Sedangkan untuk TPH mengalami penurunan sebesar 71%. Menurut Kadlec (2003), efisiensi removal untuk TPH pada pengolahan *constructed wetland* dapat mencapai hingga 97%, namun pada penelitian tersebut menggunakan 4 tanaman dengan jenis yang berbeda, serta waktu pengolahan yang lama dengan didukung oleh dimensi pengolahan yang lebih besar (7 m x 1,7 m tiap tanaman). Pada hari ke 11 mengalami penurunan 19% menjadi  $200 \times 10^6$ . Pada hari ke 16 kembali mengalami penurunan sebesar 25% sehingga konsentrasi menjadi  $125 \times 10^6$ . Penurunan konsentrasi tersebut diakibatkan dari pekatnya konsentrasi limbah yang digunakan. Selain itu juga dikarenakan tidak adanya pemberian nutrisi pada bakteri sehingga bakteri tidak bekerja secara optimal (Charlena, 2011). Pada hari ke 21 konsentrasi bakteri mengalami kenaikan 38% menjadi  $172 \times 10^6$ . Kenaikan bakteri tersebut menandakan bahwa pada titik 2 bakteri yang digunakan sudah dapat bekerja secara optimum.pada hari berikutnya.

Kemudian pada titik ke 3, hari ke 6 memiliki nilai  $182 \times 10^6$ . Mengalami kenaikan sebesar 37% menjadi  $192 \times 10^6$  pada pengujian hari ke 11. Sama halnya dengan titik 2, metode *constructed wetland* sangat optimum digunakan untuk mengolah TPH. Serta dengan adanya bantuan dari bakteri penurunan TPH pada titik ke 3 ini dapat mencapai 97% yaitu pada pengujian hari ke 6. Pada pengujian ke 3, 4 dan 5 terus mengalami penurunan berturut 4% pada pengujian 3, 7% pada pengujian ke 4 dan 27% pada pengujian ke 5. Sehingga total koloni akhir sebesar  $128 \times 10^6$ . Jumlah populasi mikroba yang meningkat, dapat menimbulkan kompetisi antar mikroorganisme (Nainggolan, 2009). Akibat kompetisi tersebut kerjasama antar bakteri menjadi menurun (Miwada, 2006). Sedangkan Penurunan konsentrasi bakteri diakibatkan karena pada hari ke 6 – 21 merupakan masa dimana bakteri sudah memasuki *death phase* (Nahadi, 2005).

## B. Selected Count

Bakteri yang digunakan dalam penelitian diperkirakan berjenis *Pseudomonas sp* yang mampu mendegradasikan pencemar yang ada pada limbah minyak yang digunakan. Berikut merupakan hasil dari pengujian *Selected Count*,



**Gambar 4. 2.** Grafik Konsentrasi *Pseudomonas* Dalam Reaktor *Continuous Wetland* Selama 30 Hari Pengujian

Konsentrasi awal dari *Pseudomonas* adalah sebesar 1930 CFU/mL . Namun pada titik1 di hari ke 6 mengalami penurunan 40% sehingga menjadi 1150 CFU/mL. Pada hari ke 11 konsentrasi *Pseudomonas* turun 11% menjadi 1020 CFU/mL, dan terus mengalami penurunan hingga hari ke 26 dengan konsentrasi akhir 650 CFU/mL. Penurunan tersebut mengakibatkan terjadinya kenaikan pada konsentrasi TPH. Selain itu juga, pengolahan COD pada titik 1 tidak berjalan dengan baik dikarenakan adanya penambahan limbah.

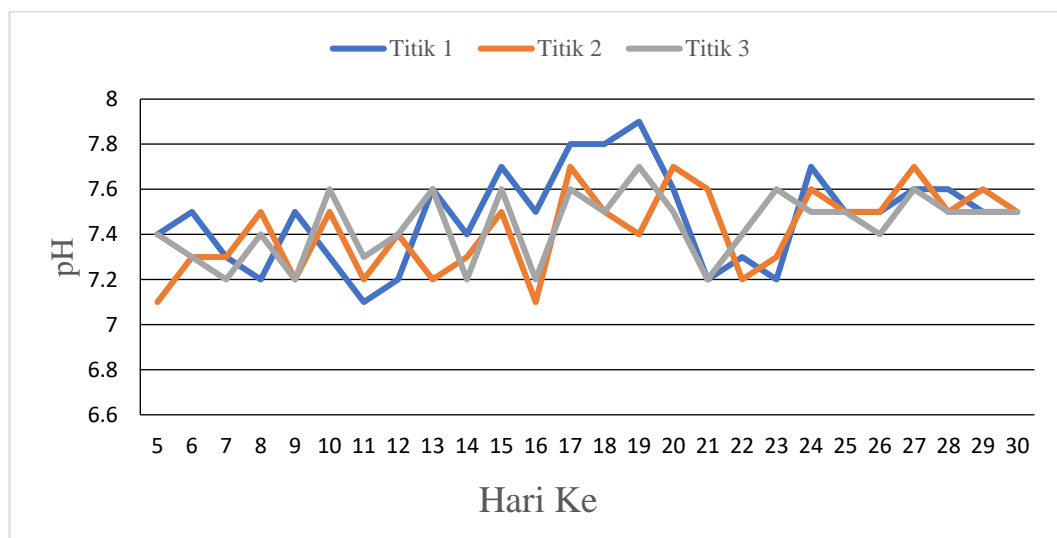
Pada titik 2 konsentrasi *Pseudomonas* di hari ke 6 adalah sebesar 2120 CFU/mL. Kemudian diikuti dengan 160 CFU/mL pada hari ke 11, 980 CFU/mL pada hari ke 16, 820 CFU/mL pada hari ke 21, dan 1320 CFU/mL pada hari ke 26. Dari data tersebut diketahui terjadi penurunan 92% pada hari ke 6 – 11. Kemudian terjadi kenaikan sebesar 500% pada hari ke 11 – 16. Setelah itu pada hari ke 16 – 21 terjadi penurunan 16% dan pada hari ke 21 – 26 terjadi kenaikan 60%.

Pada titik 3 konsentrasi *Pseudomonas* di hari ke 6 adalah sebesar 1120 CFU/mL. Kemudian diikuti dengan 410 CFU/mL pada hari ke 11, 440 CFU/mL pada hari ke 16, 520 CFU/mL pada hari ke 21, dan 460 CFU/mL pada hari ke 26. Dari data tersebut diketahui terjadi penurunan 63% pada hari ke 6 – 11. Kemudian terjadi kenaikan sebesar 7% pada hari ke 11 – 16. Setelah itu pada hari ke 16 – 21 terjadi penurunan 18% dan pada hari ke 21 – 26 terjadi penurunan 11%.

Penurunan yang didapatkan dari semua data tersebut diakibatkan oleh kondisi lingkungan dari air limbah yang tidak menguntungkan, sehingga malah mengakibatkan kematian terhadap bakteri tersebut. Hal ini didukung oleh penelitian Arslan, 2014. Sedangkan pertumbuhan pada bakteri pada hari ke 16 dan 26 menandakan bahwa bakteri dapat memecah senyawa karbon dan menjadikannya sebagai sumber nutrisi untuk melakukan pertumbuhan. Hal tersebut diperkuat oleh pendapat M. Shehzadi, 2014.

#### 4.1.2. Fisika

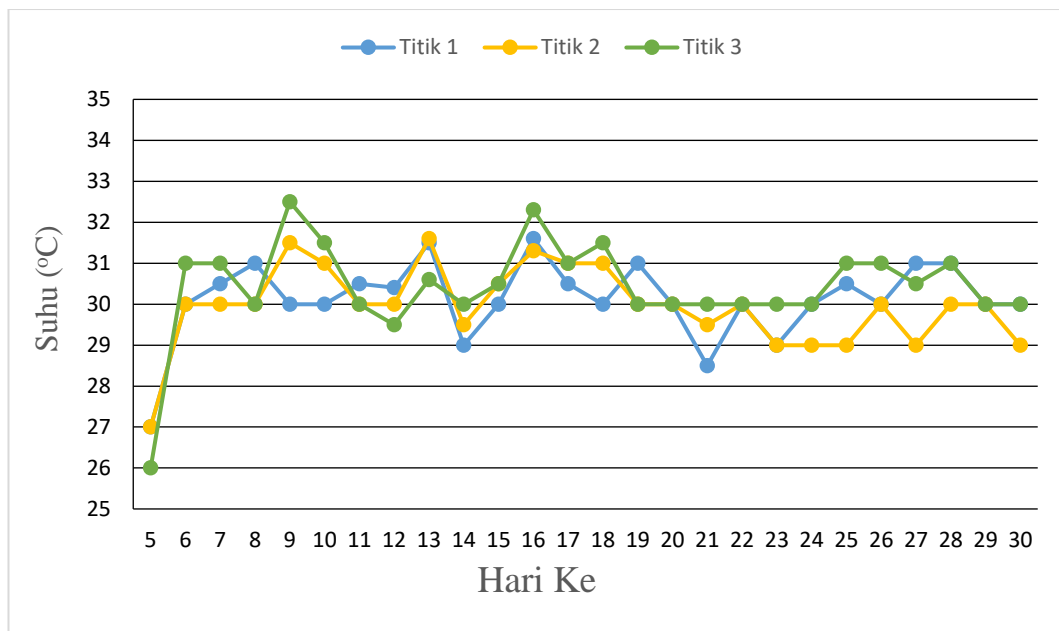
Selain pengujian biologis, pada pengujian kali ini juga di lakukan pengujian parameter fisika. Parameter fisika yang diuji meliputi pH, Suhu, *electric conductivity* dan *total dissolved solid*. Berikut merupakan data dari masing – masing pengujian tersebut,



**Gambar 4. 3.** Grafik Perubahan pH Pada Reaktor *Continuous Wetland* Selama 30 Hari Pengujian

Data diatas merupakan kadar pH pada tiap – tiap titik pegolahan (*floating & constructed wetland*), dari data tersebut nilai pH yang di dapatkan tidak mengalami banyak perubahan. Kadar pH berkisar antara 7,1 – 7,9 pada titik 1. Pada titik 2 pH berkisar antara 7,1 – 7,7. Sedangkan pada titik ke 3 pH berkisar antara 7,2 – 7,7. Sehingga nilai pH didapatkan dari semua semua titik berkisar antara 7,1 – 7,9. Perubahan pH pada metode *continuous wetland* ini tidak mengalami perubahan yang besar. Hal ini didukung oleh penelitian Oktaviansyah, 2018. Namun menurut Fuadi (2009) pH sangat berpengaruh terhadap peningkatan kadar CO<sub>2</sub> dalam air, yang mana hal ini dapat meningkatkan kadar BOD didalam air. Pendapat tersebut didukung oleh data BOD yang didapatkan dalam penelitian ini, yang mana pada hari ke 21 mengalami kenaikan hingga 150%. Kemudian pH kembali stabil, di ikuti dengan penurunan kadar BOD pada hari berikutnya.

Selain pH, berikut merupakan data pengujian suhu selama penelitian,

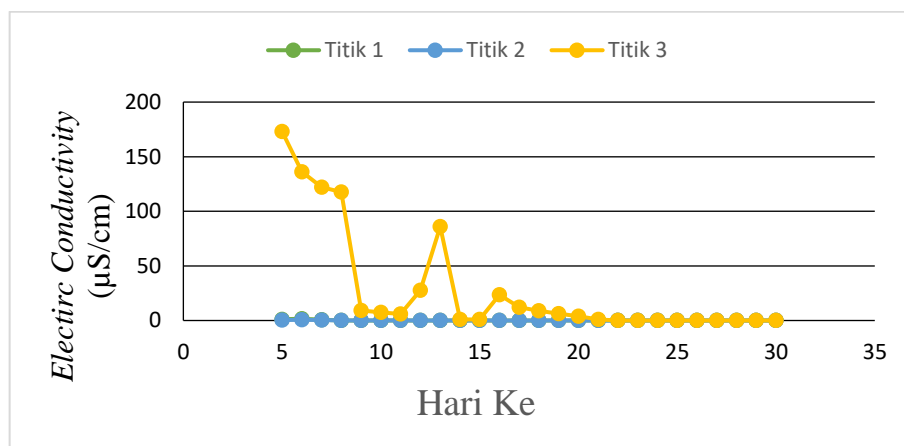


**Gambar 4. 4.** Grafik Perubahan Suhu Pada Reaktor *Continuous Wetland* Selama 30 Hari Pengujian

Pada gambar diatas, dapat dilihat bahwa perubahan suhu pada tiap titik mengalami perubahan yang sama. Pada titik 1, suhu tertinggi adalah 31°C sedangkan suhu terndahnya adalah 27°C. Begitu pula pada titik 2, suhu tertinggi

adalah 31,6°C sedangkan suhu terendah bernilai 27°C. Sedangkan pada titik 3, suhu tertinggi adalah 32,5°C dan suhu terendah adalah 26°C. Suhu sangat berpengaruh terhadap perkembangan bakteri didalam reaktor. Suhu yang optimum untuk perkembangan bakteri berada pada rentang 27 – 29°C. Jika disesuaikan dengan data perkembangan bakteri, jumlah bakteri pada hari ke 6 lebih besar dari hari lainnya. Hal ini didukung oleh Khoerunnisa (2005).

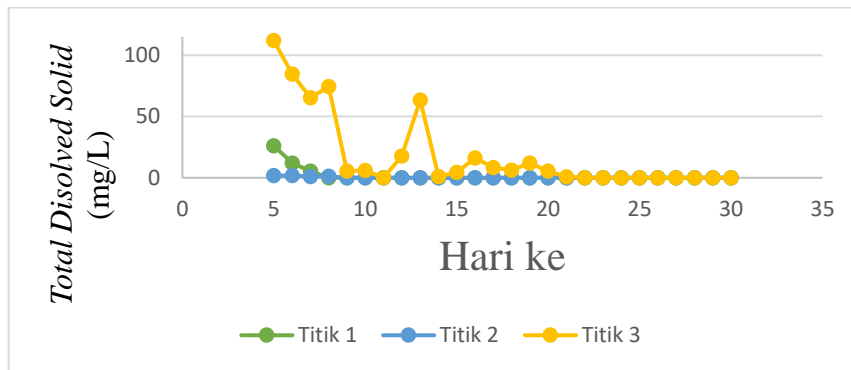
Berikut merupakan data *Electric Conductivity* pada tiap titik reaktor,



**Gambar 4. 5.** Grafik Perubahan *Electric Conductivity* Pada Reaktor Continuous Wetland Selama 30 Hari Pengujian

Dari data diatas, dapat dilihat bahwa nilai EC mengalami penurunan pada titik ke 3 saja. Titik 1 dan 2 nilai EC relatif 0, dikarenakan limbah yang diolah memiliki kepekatan yang tinggi, namun setelah melewati tahapan *floating & constructed I* air yang sebelumnya berwarna hitam menjadi bening. Pada titik inilah EC dapat diukur. Nilai EC tertinggi adalah pada hari ke 5 sebesar 173 µS dan perlahan turun hingga 0. Penurunan konsentrasi EC dipengaruhi oleh penurunan konsentrasi TDS. Outlet *constructed wetland* memiliki konduktifitas dan TDS yang tinggi dikarenakan pelapisan nutrisi kembali akibat dari pembusukan tanaman, meningkatkan kandungan ion terlarut. (Mashuri, 1999)

Pengujian selanjutnya adalah pengujian *Total Disolved Solid*, yang mana hasil pengujian dapat dilihat sebagai berikut,



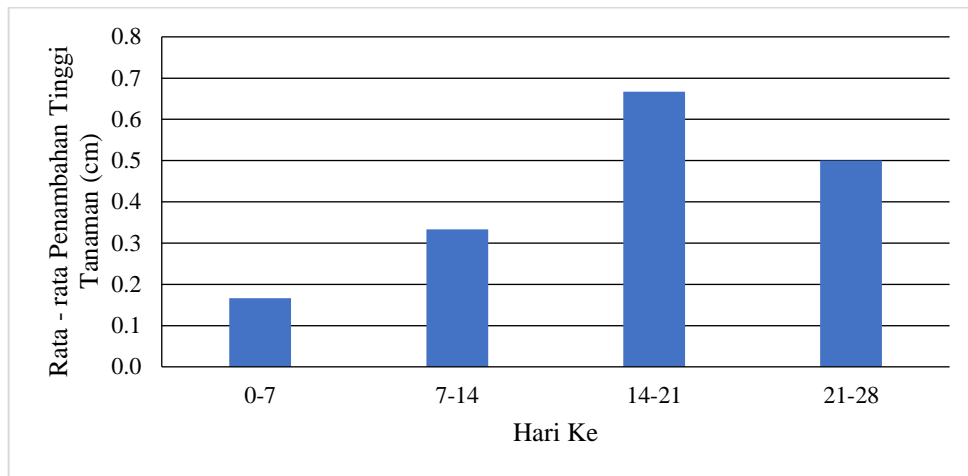
**Gambar 4. 6.** Grafik Perubahan TDS Pada Reaktor *Continuous Wetland* Selama 30 Hari Pengujian

Dari hasil pengujian, dapat dilihat bahwa nilai TDS pada titik 1 dan 2 tidak mengalami banyak perubahan, bahkan relatif 0. Sedangkan pada titik 3 mengalami penurunan. Kadar TDS tertinggi adalah 126 mg/L, dimana hal ini dikarenakan bahwa pada titik 3 permukaan tanah yang diisi oleh limbah mengalami pemadatan, sehingga hal tersebut mempengaruhi nilai TDS pada titik tersebut. Namun, setelah terjadi pengolahan, nilai TDS terus mengalami penurunan hingga 0 mg/L. konsentrasi ini juga diikuti oleh penurunan EC, yang mana makin sedikit kadar terarut, maka akan semakin rendah EC, dan semakin rendah EC juga semakin rendah TDS.

#### 4.2. Fisiologi Tanaman

Pada penelitian ini selain dilakukan penelitian kemampuan tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) dan bakteri dalam mereduksi kandungan *Total Plate Count* (TPC), juga dilakukan pengamatan terhadap pertumbuhan vetiver yang dihitung dari perubahan ketinggian tanaman.

Berikut adalah grafik yang menunjukkan perumbuhan tanaman tinggi tanaman selama penelitian,



**Gambar 4. 7.** Grafik Pertumbuhan Tanaman Pada Titik 1 (*Floating Wetland*) Selama 30 Hari Pengujian

Pada gambar diatas, terlihat pertumbuhan panjang setiap minggunya. Terdapat 6 tanaman yang digunakan pada pengujian ini. Tiap tanaman memiliki tinggi yang berbeda – beda seperti pada gambar 4.7. Rata – rata pertumbuhan tanaman 0.2 – 0.7 cm. Menurut 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. 8.** Kondisi tanaman hari 0





**Gambar 4. 9.** Kondisi tanaman hari 10

Pada hari ke- 0, tampak daun tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides*) masih didominasi warna hijau. Setelah hari ke- 10 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).

#### **4.3. Hubungan Tanaman Terhadap Konsentrasi Bakteri**

Pada pengujian ini, tanaman *Vetiveria zizanioides* dan bakteri berfungsi sebagai media untuk mendegradasi konsentrasi pencemar yang ada pada limbah. Apabila tanaman dan bakteri tidak bekerja secara optimum, maka hasil degradasi pencemar pada limbah hanya sedikit/rendah.

Pada pengujian karakteristik bakteri, tanaman berfungsi sebagai alat bantu bakteri dalam mengolah, dan juga membantu untuk mengoptimalkan keadaan di lapangan agar bakteri dapat bertahan hidup dan berkembang biak. Selain itu juga akar rumput juga mengeluarkan eksudat yang mengandung senyawa organik seperti gula, asam amino, asam organik, asam lemak, enzim dan golongan senyawa lain. Senyawa-senyawa tersebut digunakan sebagai sumber nutrisi tambahan bagi bakteri, sehingga menstimulir pertumbuhan dan aktivitas mikroba dan pada akhirnya meningkatkan jumlah populasi bakteri yang mampu mendegradasi hidrokarbon (Estuningsih,2013).

Namun kondisi limbah yang pekat malah mengakibatkan tanaman layu dan mati pada saat pengujian. Konsentrasi limbah yang pekat sulit untuk didegradasi oleh tanaman, khususnya pada bak *constructed*, karena terjadi kontak langsung dengan limbah tanpa adanya penambahan nutrisi pada saat pengolahan, sehingga tanaman menjadi layu dan kemudian mati.



**Gambar 4. 10.** Kondisi Tanaman Hari ke – 10

Pada gambar tersebut, dapat dilihat sudah mulai terjadi penurunan kemampuan tanaman untuk mendegradasi limbah, dimana kondisi fisik tanaman sudah mulai layu pada bak *constructed*. Kondisi ini juga didukung dengan tidak adanya penambahan nutrisi pada tanaman pada saat proses pengolahan. Pemberian nutrisi pada saat pengolahan dikhawatirkan dapat mempengaruhi penentuan konsentrasi limbah yang tidak akurat. Selain tidak adanya penambahan nutrisi, juga dikarenakan kurangnya cahaya matahari yang masuk ke tanaman. Ini di karenakan apabila ruangan tidak di tutup, maka apabila terjadi hujan yang akan masuk ke bak pengolahan. Masuknya air hujan ke dalam bak tersebut menjadi pengenceran limbah yang tidak dapat di defenisikan, sehingga konsentrasi yang akan didapatkan tidak akurat. Hal ini diperkuat oleh Sitompul dan Guritno (1995), seiring berjalannya waktu kondisi daun juga mengalami perubahan yang ditandai dengan perubahan warna pada beberapa daun menjadi menjadi kering dan berwarna coklat.

#### 4.4. Pengaruh Bakteri

Penelitian yang dilakukan oleh Rehman, 2018 menjelaskan tentang penggunaan bakteri dalam pengolahan minyak dalam air limbah. Bakteri yang digunakan dalam reaktor *floating wetland* merupakan komunitas dimana didalamnya terdapat bakteri jenis *Acinobacter junii*, *Acinobacter sp.*, *Bacillus subtilis*, dan *Klebsiella sp.* Komunitas bakteri ini diduga dapat mendegradasi kandungan minyak dalam air limbah. Setelah dilakukan penelitian selama 42 hari, dengan pengujian sampel pada hari ke 14, 28 dan 42 untuk mengetahui kemampuan reduksi komunitas bakteri tersebut. Hasil penelitian dibandingkan dengan bak kontrol yang didalamnya hanya terdapat komunitas bakteri tanpa adanya tanaman. Nilai reduksi pada pengujian hari ke-14 menunjukkan bakteri dapat mereduksi polutan sebesar 17,3%, hari ke-28 sebesar 23% dan hari ke-42 sebesar 32,4%. (Rehman, et al., 2018)

Wilson dan Bradley (1996), melakukan penelitian tentang penggunaan bakteri *Pseudomonas sp.* untuk mendegradasi TPH dalam sistem reaktor *batch* yang berisi air limbah minyak dan bakteri. Penelitian tersebut menunjukkan keterbatasan gerak dari bakteri atau tanpa adanya aliran air limbah dapat meningkatkan kontak antara sel bakteri dengan unsur hidrokarbon dan produksi rhamnolipid (biosurfaktan yang dihasilkan bakteri). Mikroba ini memanfaatkan limbah minyak bumi sebagai sumber energi utama. Semakin banyaknya limbah yang ditambahkan maka proses adaptasi lebih lambat tetapi aktivitas degradasi hidrokarbon lebih optimal karena sumber energi yang tersedia yaitu C dari limbah dapat digunakan oleh bakteri sebagai sumber nutrisi. Selain hidrokarbon sebagai sumber energi utama bagi bakteri, akar rumput juga mengeluarkan eksudat yang mengandung senyawa organik seperti gula, asam amino, asam organik, asam lemak, enzim dan golongan senyawa lain. Senyawa-senyawa tersebut digunakan sebagai sumber nutrisi tambahan bagi bakteri petrofilik, sehingga menstimulir pertumbuhan dan aktivitas mikroba dan pada akhirnya meningkatkan jumlah populasi bakteri yang mampu mendegradasi hidrokarbon. Contoh bakteri yang berasosiasi dengan akar tanaman di daerah rhizosfir antara lain *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Mycobacterium*. (Estuningsih, 2013)

Selain TPH, bakteri juga dapat menurunkan konsentrasi Pb hingga 68%, hal ini didukung oleh penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Nurullah, 2018. Kemampuan bakteri dalam menurunkan konsentrasi logam berat dilingkungan tumbuhnya dapat disebabkan karena kemampuan bakteri dalam mengakumulasi logam berat tersebut. Bakteri memiliki permukaan sel yang bermuatan negatif karena terbentuk dari berbagai struktur anion sedangkan logam berat adalah ion bermuatan positif sehingga dapat terjadi ikatan antara permukaan sel bakteri dan ion logam berat (Niu et al., 1993).

Penambahan bakteri pada air limbah membantu proses pengolahan, penurunan kadar COD dan BOD dengan penambahan bakteri lebih besar dibanding dengan pengolahan tanpa penambahan bakteri. Pada konsentrasi air limbah 50% mendapatkan tereduksi 53,03 %, konsentrasi 75% tereduksi 53,40 % dan konsentrasi 100% tereduksi 48,67 % (Ristianingsih, 2018).

Penurunan nilai konsentrasi COD dan BOD dipengaruhi oleh lama waktu detensi. Pada penelitian ini dilakukan pengolahan air limbah selama 2 minggu tanpa penambahan limbah baru. Sehingga pada minggu ke-2 nilai BOD telah berada dibawah standar baku mutu yang ditetapkan. Sedangkan untuk nilai COD, masih berada di atas baku mutu. Semakin lama waktu yang digunakan, maka nilai removal dari setiap konsentrasi akan semakin tinggi (Ristianingsih, 2018).

#### **4.5. Performa Reaktor**

Pada saat proses pengujian reaktor ditempatkan dilokasi terbuka dengan tujuan untuk memaksimalkan pertumbuhan tanaman dan akar. Akar pada tanaman berfungsi untuk menyerap polutan yang ada pada air limbah, sehingga dapat menurunkan konsentrasi pencemar anorganik, organik dan minyak pada air limbah. Selain itu juga agar sinar matahari yang masuk ke dalam tanaman tercukupi. Sinar matahari berfungsi sebagai bahan untuk melakukan fotosintesis bagi tanaman agar daun dan akar tanaman dapat tumbuh.

Penelitian ini menggunakan reaktor dengan dimensi 105 cm x 30 cm x 30 cm yang dimana panjang tiap kompartemen adalah 35 cm, dapat dilihat pada gambar

3.2. Pada titik 1 (*Floating Wetland*) dengan menggunakan *Vetiveria zizanioides* dan bakteri mampu mendegradasi polutan anorganik seperti Fe hingga 36%, Pb hingga 87%, dan TSS hingga 70%. Sedangkan untuk polutan organik seperti BOD dapat terdegradasi hingga 60%, COD hingga 40% dan ammonia sebesar 95%. Namun untuk pencemar minyak seperti TPH terdegradasi hingga 61%, *oil grease* sebesar 49% dan *oil content* sebesar 37%.

Pada titik 2 yang merupakan *constructed wetland* dengan menggunakan *Vetiveria zizanioides* dan bakteri mampu mendegradasi polutan anorganik seperti Fe hingga 66%, Pb hingga 90%, dan TSS hingga 57%. Sedangkan untuk polutan organik seperti BOD dapat terdegradasi hingga 75%, COD hingga 50% dan ammonia sebesar 89%. Namun untuk pencemar minyak seperti TPH terdegradasi hingga 71%, *oil grease* sebesar 71% dan *oil content* sebesar 70%.

Sedangkan Pada titik 3 yang juga merupakan *constructed wetland* dengan menggunakan *Vetiveria zizanioides* dan bakteri mampu mendegradasi polutan anorganik seperti Fe hingga 67%, Pb hingga 96%, dan TSS hingga 72%. Sedangkan untuk polutan organik seperti BOD dapat terdegradasi hingga 50%, COD hingga 65% dan amonia sebesar 83%. Namun untuk pencemar minyak seperti TPH terdegradasi hingga 99%, *oil grease* sebesar 98% dan *oil content* sebesar 94%.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Kadlec 2003, menjelaskan bahwa jumlah tanaman, waktu kontak dan panjang reaktor sangat menentukan untuk mendegradasi pencemar pada air limbah. Semakin banyak jumlah tanaman maka semakin besar kemungkinan degradasi polutan. Begitu pula dengan waktu kontak, semakin lama waktu kontak tanaman dengan limbah, maka semakin besar juga terjadi pendegradasian.