

UJI TANAMAN COONTAIL (*CERATOPHYLLUM DEMERSUM*) SEBAGAI AGEN FITOREMEDIASI LIMBAH CAIR KOPI

Suryadi¹⁾, Isna Apriani¹⁾, Ulli Kadaria¹⁾

¹⁾Program Studi Teknik Lingkungan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura, Pontianak

Email :Suryadia36@gmail.com

ABSTRAK

Limbah cair kopi dihasilkan dari pengolahan biji kopi cara basah yakni pada proses pengelupasan (*pulping*) dan pencucian (*washing*) biji kopi. Komponen utama dalam limbah cair kopi adalah berupa bahan organik yang dapat beresiko meningkatkan kadar pencemaran lingkungan dalam suatu perairan. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 tentang baku mutu limbah cair kopi yang diperbolehkan untuk dibuang adalah BOD sebesar 90 mg/L dan nilai rentang pH sebesar 6-9. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui seberapa besar efisiensi penurunan BOD dan peningkatan nilai pH limbah cair kopiserta untuk mengetahui waktu pemaparan optimum tanaman *coontail*(*Ceratophyllum demersum*) dalam menurunkan parameter BOD dan peningkatan nilai pH limbah cair kopi. Penelitian ini menggunakan fitoremediasi dengan sistem *batch* yang terdiri dari 3 unit reaktor kontrol (tanaman dan air bersih) dan 3 unit reaktor uji (tanaman dan limbah kopi) dengan variasi waktu pemaparan selama 12 hari, 15 hari, dan 18 hari yang dilakukan dengan dua kali pengulangan (*duplo*) yang kemudian dianalisis dengan menggunakan perhitungan rumus efisiensi dan dengan mengamati kondisi tanaman *coontail*. Hasil penelitian diperoleh data peningkatan nilai pH pada hari ke 12 sebesar 3,7 (dari 4,2 menjadi 7,9), pada hari ke 15 meningkat sebesar 4,1 (dari 4,2 menjadi 8,3), dan pada hari ke 18 meningkat mencapai 4,3 (dari 4,2 menjadi 8,5). Sedangkan nilai penurunan BOD pada hari ke 12 sebesar 45,5% (dari 466,06 mg/L menjadi 253,915 mg/L), pada hari ke 15 sebesar 52,86% (dari 466,06 mg/L menjadi 219,075 mg/L), dan pada hari ke 18 sebesar 66,94% (dari 466,06 mg/L menjadi 154,085 mg/L). Berdasarkan data tersebut, dapat diketahui nilai efisiensi penurunan BOD dan peningkatan pH tertinggi pada hari ke 18.

Kata kunci:Fitoremediasi coontail (*Ceratophyllum demersum*), BOD, pH, Limbah Cair Kopi

ABSTRACT

*Liquid waste generated from processing coffee beans how to wet in the peeling process and washing of coffee beans. The main components in the liquid waste of coffee is in the form of organic matter that may be at risk of increasing levels of environmental pollution in a water. Based on the regulation of the Minister of the environment, number 5 by 2014 about quality raw coffee liquid waste is allowed to be discarded is the BOD of 90 mg/L and pH range of 6-9. The purpose of this research is to know how large the efficiency decrease of the pH value and improvement of BOD of waste liquid of coffee as well as optimum exposure time for knowing the plant coontail (*Ceratophyllum demersum*), in the lower parameters BOD and pH value of waste liquid coffee. This research uses a fitoremediasi system with system batch consisting of 3 units of reactor control (plants and clean water) and 3 unit test reactor (plants and waste copies) with a variation of the exposure time for 12 days, 15 days, and 18 days is done with two repetitions (*duplo*) which is then analyzed by using a calculation formula of efficiency and by observing the condition of the plant coontail. The research results obtained data an increased pH values on day 12 of 3.7 (from 4.2 to become 7, 9), on day 15 increased by 4.1 (from 4.2 becomes 8.3), and on the 18th the rise reaches 4.3 (from 4.2 be 8,5). While the decline in the value of BOD on day 12 of 45.5% (from 466.06 mg/L be 253.915 mg/L), on the*

15th day of 52.86% (from 466.06 mg/L be 219.075 mg/L), and on day 18 of 66.94% (from 466.06 mg/L be 154.085 mg/L). Based on these data, decreasing efficiency rating known BOD and pH increase highest on day 18.

Keywords: Fitoremediasi coontail (*Ceratophyllum demersum*), BOD, pH, liquid waste Coffee

- **PENDAHULUAN**

Kalimantan Barat memiliki lahan kopi yang cukup besar, berdasarkan data Badan Pusat Stastik Kalbar tahun 2013 total luas lahan perkebunan kopi di Kalimantan Barat sebesar 12.407 Ha, sedangkan luas lahan perkebunan terbesar berada di Kabupaten Kubu Raya dengan luas area perkebunan sekitar 5,369 Ha. Hampir semua kabupaten di Kalimantan Barat dijumpai produk kopi yang dibudidaya oleh petani dengan rata-rata produktivitas kopi sebesar 0,373 Ton/Ha.

Meningkatnya permintaan pasar akan kebutuhan kopi dapat berdampak pada peningkatan industri pengolahan biji kopi. Jika tidak ditanggulangi maka, dengan banyaknya industri kopi akan berdampak pada meningkatnya limbah baik limbah cair maupun limbah padat dari proses pengolahan biji kopi. Apabila limbah hasil cuci biji kopi tidak diolah terlebih dahulu maka akan berdampak pada pencemaran lingkungan. Hal ini dikarenakan limbah cair kopi memiliki kandungan konsentrasi zat organik yang tinggi seperti tingkat keasaman yang rendah, dan kandungan glukosa(Widytomo, 2012).

Tingginya kandungan bahan organik pada limbah cair kopi dapat menyebabkan pencemaran berupa polusi organik pada perairan dimana limbah kopi tersebut dibuang. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Industri Pengolahan Kopi baku mutu limbah cair kopi yang diperbolehkan untuk dibuang ke lingkungan adalah BOD sebesar 90 mg/L.untuk mengolah dan menanggulangi kandungan organik yang terkandung dalam air limbah maka diperlukan suatu pengolahan berupa fitoremediasi.

Fitoremediasi adalah salah satu metode penanganan limbah secara alami dengan memanfaatkan tumbuh-tumbuhan sebagai agen penurun kadar zat berbahaya yang ada didalam limbah.Tumbuhan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanaman *coontail* (*Ceratophyllum demersum*).Tumbuhan ini dipilih karena mudah dicari keberadaannya, banyak tumbuh disekitar sungai kecil serta parit-parit, mudah beradaptasi dengan lingkungan serta tanaman ini memiliki tingkat efisiensi yang cukup tinggi dalam menurunkan parameter BOD.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan tanaman *coontail* (*Ceratophyllum demersum*)dalam menurunkan parameter BOD sebagai parameter terukur dan pH dan suhu sebagai parameter yang diamati, serta untuk mengetahui waktu kontak optimum yang dibutuhkan tanaman dalam menurunkan parameter BOD sebagai parameter terukur serta pH dan suhu sebagai parameter yang diamati.

- **METODE PENELITIAN**

- **Waktu dan Tempat**

Penelitian dilaksanakan selama 2 bulan dimulai pada bulan Agustus hingga Oktober 2016 bertempat di Workshop (WS) Teknik Lingkungan.Pengujian parameter pH dan suhu dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Tanjungpura Pontianak dan analisis BOD dilakukan di Laboratorium Kualitas dan Kesehatan Lahan Fakultas Pertanian Universitas Tanjungpura Pontianak.

- **Alat dan Bahan Penelitian**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah bak fitoremediasi berbahan dasar plastik transparan sebanyak 12 unit yang terdiri dari 6 unit reaktor kontrol yang berisi tanaman dan air bersih dan 6 unit reaktor uji (3 reaktor uji utama dan 3 reaktor pengulangan), gelas ukur, lem pipa, keran air 6 buah, penggaris, pH meter digunakan untuk mengukur pH sampel air, jeriken volume 20 L 2 unit

untuk menampung dan mengangkut limbah cair kopi, botol air mineral 600 ml untuk uji laboratorium.

Bahan yang digunakan adalah akudes, tanaman *coontail* yang didapat dari parit-parit disekitar jalan Rasau Jaya, Kabupaten Kubu Raya, limbah cair kopi diperoleh dari perkebunan kopi rakyat yang berada di Desa Punggur Besar, Kabupaten Kubu Raya.

➤ **Variable penelitian**

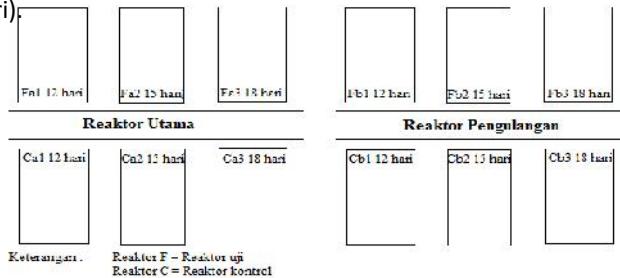
Jenis variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas adalah variabel yang nilainya divariasi dalam penelitian ini, variabel bebas yang diteliti yaitu waktu pempararan 12 hari, 15 hari dan 18 hari. Variabel terikat adalah variabel yang menjadi titik fokus penelitian, dalam hal ini variabel terikat yaitu penurunan angka BOD serta pengamatan nilai suhu dan pH.

➤ **Prosedur penelitian**

Penelitian ini merupakan eksperimen penyisihan BOD pada limbah cair kopi dan dilaksanakan dalam skala laboratorium dalam batasan waktu tertentu. Pelaksanaan penelitian ini terdiri dari 4 tahap yaitu persiapan alat dan bahan, aklimatisasi tanaman, proses fitoremediasi dan analisis sampel. Adapun prosedur penelitiannya sebagai berikut:

- a. Persiapan alat dan bahan
Persiapan alat dan bahan meliputi pengambilan tanaman *coontail* di parit Rasau Jaya, serta pembelian bak fitoremediasi berbahan dasar plastik transparan dengan ukuran panjang 30 cm x lebar 25 cm x tinggi 15 cm.
- b. Pengambilan tanaman *coontail* berdasarkan warna dan panjang tanaman. Tanaman yang dipilih memiliki warna hijau terang guna memastikan tanaman dalam kondisi yang sehat. Selanjutnya tanaman dibersihkan dengan air bersih guna menghilangkan lumpur dan tanah yang masih melekat
- c. Proses aklimatisasi tanaman berlangsung selama 7 hari untuk memastikan tanaman dapat beradaptasi kedalam lingkungan berbeda. Proses aklimatisasi digunakan dengan menumbuhkan tanaman *coontail* kedalam akuades
- d. Setelah selesai dilakukannya proses aklimatisasi selama 7 hari maka, barulah kemudian dimulai proses penelitian fitoremediasi dengan prosedur penelitian sebagai berikut:

- Pengukuran awal parameter BOD, pH dan suhu limbah cair kopi
- Limbah cair kopi dituang kedalam masing-masing bak reaktor yang telah disiapkan sebanyak 5 L/unit. Adapun jumlah reaktor yang digunakan adalah sebanyak 12 unit reaktor seperti terlihat pada **Gambar 1** yang terdiri dari 6 reaktor uji (3 reaktor utama dan 3 reaktor pengulangan) yang dibedakan berdasarkan variasi lama waktu tinggal tanaman (12 hari, 15 hari dan 18 hari) dan 6 unit reaktor yang terdiri dari 3 reaktor kontrol utama dan 3 reaktor kontrol pengulangan yang dibedakan berdasarkan variasi lama waktu tinggal tanaman (12 hari, 15 hari dan 18 hari).



Gambar 1. Reaktor Utama dan Reaktor Pembanding

- Tanaman *coontail* yang telah diaklimatisasi kemudian dipindahkan ke dalam masing-masing reaktor sebanyak 60 gr dengan panjang tanaman 10 cm/tanaman dan dibiarkan terpapar oleh limbah dengan lama variasi waktu pemaparan yaitu 12 hari (F.1), 15 hari (F.2) dan 18 hari (F.3) seperti terlihat pada **Gambar 1**.
- Tahapan selanjutnya yaitu menganalisa parameter BOD pada sampel limbah cair pada masing-masing reaktor berdasarkan variasi waktu pemaparan serta pengukuran pH dan suhu dilakukan setiap hari dilanjutkan dengan proses pengamatan kondisi tanaman berupa panjang dan perubahan warna tanaman *coontail* yang berada dalam reaktor kontrol dan yang berada di dalam reaktor uji.

➤ Analisa Data

Untuk mengetahui efisiensi penurunan BOD limbah cair kopi digunakan rumus sebagai berikut.

$$Ef = \frac{Co - Ci}{Co} \times 100\%$$

Dimana:

- Ef* = Efisiensi Proses Penurunan Parameter (%)
- Co* = Konsentrasi Parameter Saat Masuk ke Proses
- Ci* = Konsentrasi Parameter Saat Keluar dari Proses.

• HASIL DAN PEMBAHASAN

Sampel limbah cair kopi diambil dari perkebunan kopi yang berada di Desa Punggur Kecil, Kabupaten Kubu Raya. Limbah cair kopi dihasilkan dari proses pengelupasan (*pulping*) dan proses pencucian (*washing*). Sampel dianalisis di Laboratorium Kualitas dan Kesehatan Lahan Fakultas Pertanian Universitas Tanjungpura Pontianak dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 1. Karakteristik Limbah Cair Kopi

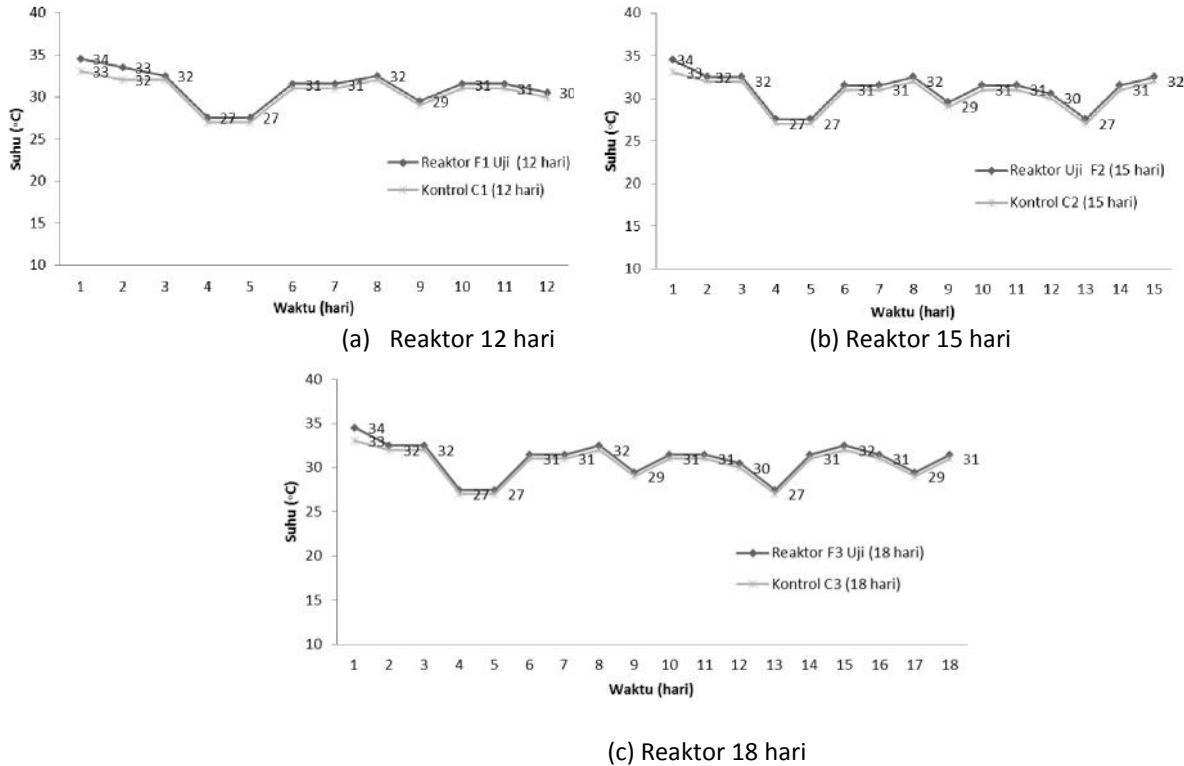
Parameter Pengukuran	Hasil Uji	Baku Mutu (*)	Satuan
BOD	466,06	90	mg/l
pH	4,2	6 – 9	

* Permen LH No. 5 tahun 2014

Berdasarkan **Tabel 1** menunjukkan bahwa pada parameter BOD baku mutu limbah cair kopi yang diperbolehkan untuk dibuang kelingkungan adalah 90 mg/L, sementara pada nilai karakteristik awal limbah cair kopi memiliki kandungan BOD yang cukup tinggi yakni kisaran 466,06 mg/L. Sementara untuk nilai pH limbah cair kopi adalah sebesar 4,2 yang berarti tidak berada pada rentang standar baku mutu yang ditetapkan yakni dengan nilai pH 6 – 9. Dapat dilihat dari seluruh parameter awal limbah cair kopi ini masih belum layak untuk dibuang langsung ke lingkungan karena tidak masuk dalam baku mutu limbah cair kopi menurut Permen LH No. 5 Tahun 2014.

a. Suhu

Suhu merupakan salah satu parameter yang mempunyai pengaruh terhadap aktivitas biota atau mikroorganisme yang ada di dalam air. Suhu juga dapat berpengaruh terhadap adanya kehidupan di dalam air sehingga secara langsung suhu juga berpengaruh terhadap keseimbangan oksigen didalam air. Nilai suhu didapat dengan mengukur menggunakan termometer setiap hari selama waktu penelitian berdasarkan masing-masing waktu pemaparan tanaman. Adapun nilai suhu yang didapat sebagai berikut :

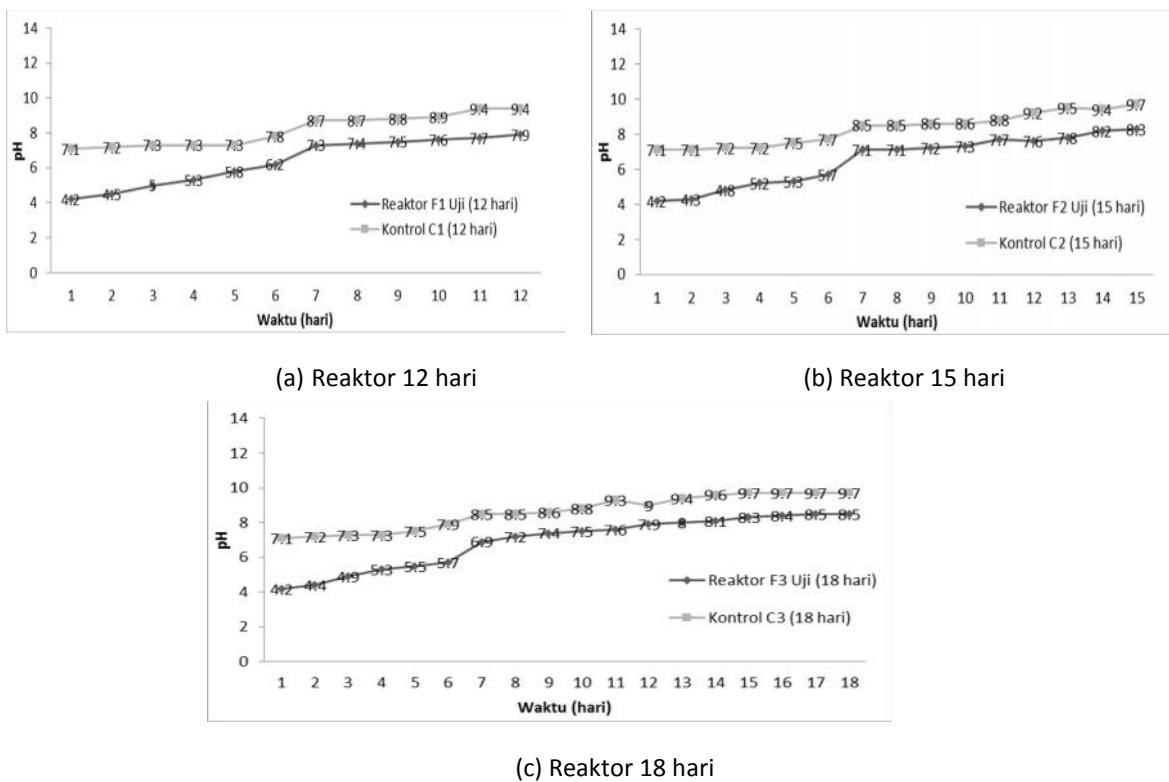


Gambar 2.Grafik Perubahan suhu reaktor

Berdasarkan **Gambar 2** bagian **(a)**, **(b)** dan **(c)** menunjukkan grafik perubahan suhu yang terjadi selama fitoremediasi berlangsung dalam reaktor kontrol dan reaktor uji berdasarkan variasi waktu pemaparan. Perubahan suhu pada masing-masing reaktor kontrol dan reaktor uji cenderung sama, hal ini dikarenakan suhu kedua jenis reaktor tersebut sangat dipengaruhi oleh kondisi suhu lingkungan dengan suhu rata-rata sebesar 30°C pada masing-masing reaktor, sehingga dapat dikatakan bahwa pada kondisi suhu tersebut merupakan kondisi yang baik bagi tanaman *coontail* untuk tumbuh dan berkembang.

b. pH

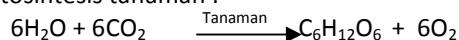
pH didefinisikan sebagai logaritma dari aktifitas ion hidrogen (H^+) yang terlarut yang mempunyai skala 0 - 14. Nilai pH didapat dengan mengukur pH air limbah pada tiap reaktor kontrol dan reaktor uji menggunakan pH meter setiap hari. Dari hasil pengukuran awal limbah cair kopi didapatkan pH awal yaitu 4,2 yang bersifat asam. Nilai pH dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Pada nilai $pH < 4$ sebagian tumbuhan air akan mati karena tidak dapat bertoleransi terhadap pH yang terlalu rendah (Effendi, 2003). Berdasarkan hasil pengukuran awal menunjukkan bahwa limbah cair hasil pengolahan kopi bersifat asam dan tidak memenuhi baku mutu yang ditetapkan oleh Permen LH No. 5 Tahun 2014, sehingga tidak layak untuk dibuang langsung ke lingkungan. Berikut ini merupakan nilai pH yang didapat selama pengukuran :



Gambar 3.Grafik Laju Kenaikan pH Reaktor

Berdasarkan **Gambar 3** menunjukkan perubahan nilai pH tiap reaktor berdasarkan waktu pemaparan. Terjadi peningkatan nilai pH pada hari ke 12 sebesar 3,7 (dari 4,2 – 7,9), pada hari ke 15 sebesar 4,1 (dari 4,2 – 8,3), dan pada hari ke 18 mencapai 4,3 (dari 4,2 hingga 8,5). Perubahan derajat asam pada masing-masing reaktor disebabkan karena adanya proses fotosintesis dan respirasi pada tumbuhan atau mikroorganisme.

Pada dasarnya nilai pH erat kaitannya dengan nilai karbon dioksida (CO_2). Semakin tinggi nilai karbondiosida (CO_2) dalam air limbah maka akan semakin rendah nilai pH karena adanya proses pelepasan elektron dalam reaksi bikarbonat (Kordi *et al*, 2007). Berikut merupakan reaksi yang terjadi selama proses fotosintesis tanaman :

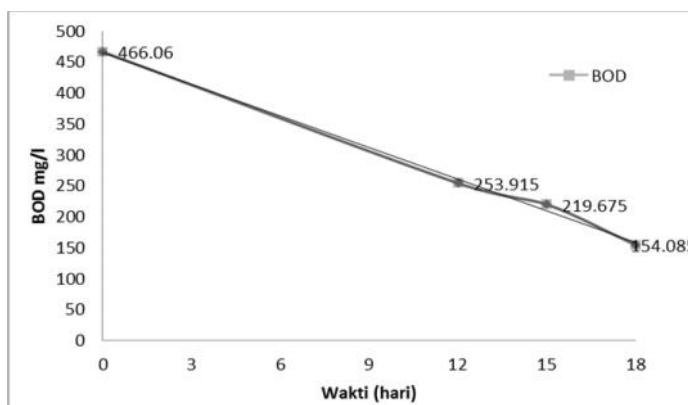


Reaksi pada proses fotosintesis akan mengikat banyak senyawa CO_2 , yang akan berdampak pada terjadinya peningkatan nilai pH air. Kenaikan pH pada limbah cair terjadi karena adanya proses

fotosintesis tanaman *coontail*. Pada saat berfotosintesis tanaman *coontail* akan mengikat banyak senyawa CO₂ yang kemudian akan diubah menjadi monosakarida dan oksigen sehingga keberadaan CO₂ pada limbah semakin berkurang dan berdampak pula pada peningkatan nilai pH.

c. BOD

Kebutuhan oksigen biologi (BOD) didefinisikan sebagai banyaknya oksigen yang diperlukan oleh organisme pada saat pemecahan bahan organik pada kondisi aerobik. Analisis BOD dilakukan setiap 3 hari yaitu pada hari ke-12 setelah tanam, hari ke-15 setelah tanam, dan hari ke-18 setelah tanam. Adapun hasil uji laboratorium diperoleh data penurunan konsentrasi BOD limbah cair kopi selama proses fitoremediasi dapat terlihat pada **Gambar 4** dan **Tabel 2** berikut :



Gambar 4. Grafik Penurunan Nilai BOD

Seperti terlihat pada **Gambar 4** menunjukkan terjadi penurunan BOD dimulai pada hari ke 12, 15 dan pada hari ke 18. Hal yang sama juga diungkapkan oleh Intansari dan Mangkoedihardjo, (2014) yang mengatakan bahwa tanaman *coontail* dapat menurunkan nilai BOD dengan waktu optimum pada hari ke-15. Tetapi pada hari ke 18 ternyata tanaman *coontail* masih mampu menurunkan parameter BOD lebih baik dari hari ke-15. Hal ini menunjukkan bahwa tanaman *coontail* pada rentan hari 12, 15, dan 18 masih mampu dengan baik menurunkan parameter BOD limbah cair kopi.

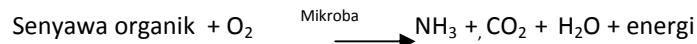
Tabel 2. Nilai Efisiensi Penurunan BOD

Hari Ke	BOD (mg/L)	Efisiensi (%)
0	466.06	0 %
12	253,915	45,51 %
15	219,675	52,86 %
18	154,085	66,93 %

Pada **Tabel 2** menunjukkan besarnya nilai efisiensi penurunan nilai BOD mulai dari hari pertama hingga hari ke-18. Setelah dilakukan perhitungan menggunakan rumus efisiensi didapatkan nilai efisiensi dari masing-masing reaktor uji dimana, nilai efisiensi terbesar ditunjukkan oleh F3 dengan nilai efisiensi tertinggi sebesar 66,93% dengan lama waktu tinggal 18 hari. Penurunan nilai BOD ini disebabkan karena tanaman *coontail* merupakan tanaman yang mempunyai kemampuan yang baik dalam berfotosintesis sehingga tanaman *coontail* mampu mensuplai kadar oksigen yang tinggi dan dapat meningkatkan kadar oksigen terlarut didalam air dan menciptakan kondisi aerobik

yang dapat mendukung aktivitas mikroorganisme aerob untuk menurunkan kandungan BOD pada limbah.

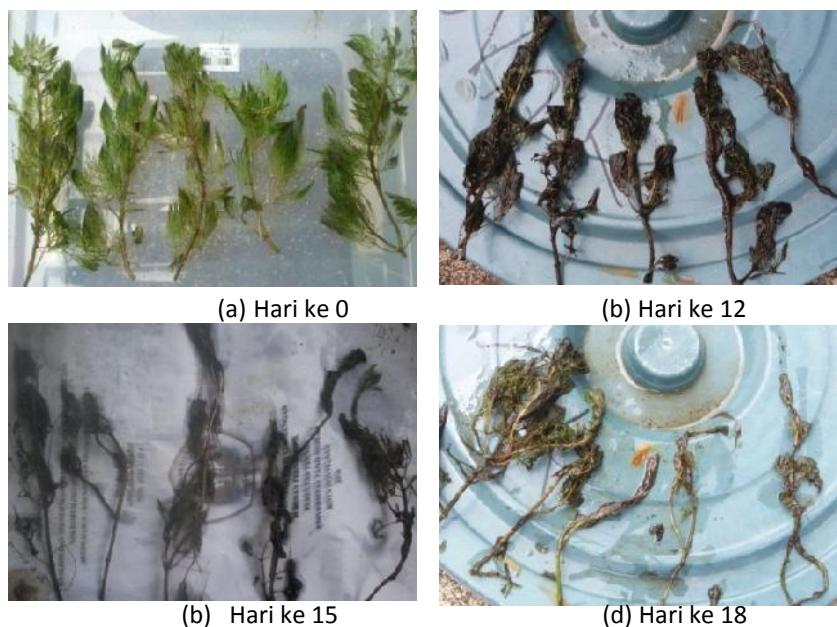
Penurunan nilai BOD dapat diindikasikan dengan besarnya senyawa organik yang terurai secara biologi (Apriadi, 2008). Hampir seluruh bakteri yang ada mampu menurunkan senyawa organik biodegradable terutama pada zona aerob. Dalam proses aerob dengan adanya oksigen, mikroba aerob akan mengoksidasi senyawa-senyawa organik membentuk sel-sel baru ke bentuk yang lebih stabil. Seperti pada persamaan reaksi berikut (Utami, 2000):



Bakteri aerob umumnya hidup dengan menempel pada akar tanaman. Bakteri ini akan membantu tanaman dalam proses pemecahan senyawa organik menjadi lebih stabil sehingga dapat diserap oleh tanaman melalui akar.

d. Pengamatan Morfologi Tanaman

Dalam proses fitoremediasi menggunakan limbah cair kopi masing-masing bagian tanaman *coontail* menunjukkan respon yang diakibatkan adanya penyerapan bahan organik oleh tanaman. Bagian-bagian yang diamati pada tanaman *coontail* adalah perubahan warna, struktur batang, dan akar tanaman. Sedangkan kondisi limbah cair kopi terlihat keruh berwarna hitam kecoklatan, serta berbau seperti biji kopi mentah. Pengamatan warna tanaman diamati dengan melihat secara lansung perubahan warna daun tanaman dari awal hingga akhir proses fitoremediasi berdasarkan lama waktu tinggal pada setiap reaktor. Pengamatan struktur batang tanaman dilihat dengan mengukur panjang tanaman menggunakan penggaris serta dengan melihat kondisi batang tanaman secara kasat mata seperti terlihat pada **Gambar 5**berikut :



Gambar 5. Perubahan Warna Daun Tanaman *Coontail*

Terihat dalam **Gambar 5** menunjukkan perubahan warna tanaman pada awal hingga pada akhir proses fotosintesis. Terjadi perubahan warna tanaman pada masing-masing reaktor berdasarkan lama waktu pemaparan tanaman. Terlihat, tanaman yang awalnya terlihat masih segar dengan kondisi daun berwarna hijau pada akhir-akhir fitoremediasi menunjukkan kondisi tanaman yang telah berubah warna menjadi layu, berwarna coklat kehitamanserta batang yang terlihat

kurus. Dalam proses fitoremediasi limbah cair kopi dengan tanaman *coontail* terjadi proses *fitoakumulasi* dan *fitodegradasi* yang terjadi pada tanaman (Rossiana, 2007) sehingga menyebabkan perubahan warna serta struktur batang tanaman *coontail*.

Tabel 3. Perubahan Panjang Tanaman *Coontail* Selama Fitoremediasi

No	Waktu Tinggal (Hari)	Panjang Tanaman (cm)
1	0	10
2	12	12 – 13
3	15	12 – 14
4	18	13 - 14

Terihat dalam **Tabel 3** menunjukkan perubahan panjang batang tanaman pada awal hingga pada akhir proses fotosintesis. Terjadi perubahan panjang tanaman pada masing-masing reaktor berdasarkan lama waktu pempararan tanaman. Terlihat, tanaman yang awalnya berukuran 10 cm mengalami peningkatan panjang hingga dapat mencapai 14 cm pada hari ke-18. Kondisi batang tanaman yang awalnya terlihat hujau sbesar, pada akhir fitoremediasi terlihat kecil dan berwarna hitam kecoklatan. Pertambahan panjang tanaman dipengaruhi oleh proses *fitoakumulasi* dan *fitodegradasi* serta dapat pula dipengaruhi oleh kemampuan akar tanaman dalam menyerap unsur hara dalam limbah karena semakin banyak serabut akar tanaman maka akan semakin baik pula tanaman dalam menyerap bahan organik (Rahmah, 2014).

- **KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- a. Fitoremediasi limbah cair kopi menggunakan tanaman *coontail* mampu menurunkan parameter BOD serta dapat meningkatkan nilai pH limbah dengan nilai efisiensi BOD pada hari ke 12 sebesar 45,5% (dari 466,06 hingga 253,915) dan pH sebesar 3,7 (dari 4,2 – 7,9), BOD pada hari ke 15 sebesar 52,86% (dari 253,915 hingga 291,075) dan pH sebesar 4,1 (dari 4,2 – 8,3), serta BOD pada hari ke 18 sebesar 66,94% (dari 291,075 hingga 154,085) dan nilai pH mencapai 4,3 (dari 4,2 hingga 8,5).
- b. Tanaman *coontail* (*Ceratophyllum Demersum*) mampu menurunkan nilai BOD tertinggi pada hari ke 18 dengan nilai efisiensi sebesar 66,94% (dari 291,075 hingga 154,085) dengan nilai kenaikan pH mencapai 4,3 (dari 4,2 hingga 8,5).

- **UCAPAN TERIMAKASIH**

Penulis mengucapkan terimakasih kepada bapak Mursalim selaku pemilik perkebunan kopi yang telah mau meluangkan waktu dan berbagi ilmu tentang pengolahan kopi, mulai dari proses pemetikan hingga ke proses penggilingan biji kopi. Penulis juga mengucapkan banyak terimakasih kepada ibu Isna Apriani ST., M.Si., selaku dosen pembimbing utama dan Ulli Kadaria, ST., MT., selaku dosen pembimbing kedua serta kepada Yulisa Fitrianingsih, ST., MT., selaku dosen penguji utama dan Aini Sulastri, S.Si., M.Si., selaku dosen penguji kedua yang telah banyak memberikan saran dan masukan selama pengerjaan skripsi dan jurnal ini. Tak lupa penulis juga mengucapkan banyak terimakasih kepada seluruh keluarga, terutama pada kedua orang tua dan kakak tercinta yang telah memberikan motivasi, dukungan dan doa. Serta kepada kawan-kawan fakultas teknik dan kepada

semua pihak yang telah membantu, mendukung, memotivasi memberi masukan dan saran yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu penulis ucapan terimakasih banyak kepada kalian semua

- **DAFTAR PUSTAKA**

- Apriadi, Tri. 2008. Kombinasi Bakteri Dan Tumbuhan Air Sebagai Bioremediator Dalam Mereduksi Kandungan Bahan Organik Limbah Kantin. IPB. Bogor
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air*. Yogyakarta : Kanisiuus.
- Intansari, Kartika.K dan Mangkoedihardjo, S, 2014. Uji Removal BOD dan COD Limbah Cair Tahu dengan Fitoremediasi Sistem Batch Menggunakan Tumbuhan *Coontail (Ceratophyllum Demersum)*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Noverember.
- Kordi, K., Gufran, K. dan Tancung, A. 2007. Pengolahan Air Terpadu. Yogyakarta : Penerbit Andi.
- Mahdalena.2014. Pengaruh Suhu Terhadap Produksi Biogas Pada Proses Metanogenesis Berbahan Limbah Cair Kelapa Sawit. Medan, Universitas Sumatera Utara.
- Rahmah, H. 2014. Fitoremediasi Limbah Cair Mocaf Dengan Menggunakan Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes (Mart.) Solms*). Skripsi. Jember: Fakultas Teknologi Pertanian, Jurusan Teknik Pertanian Universitas Jember.
- Rossiana, N., Supriatun, T. dan Dhahiyat Y. 2007. Fitoremediasi Limbah Cair Dengan Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes (Mart.) Solm*) dan Limbah Padat Industri Minyak Bumi Dengan Sengon (*Paraserianthes Falcata L. Nielsen*) Bermikoriza. Laporan Penelitian. Bandung : FMIPA-Universitas Padjajaran.
- Utami Sri, Budiati, (2000), " Penurunan Kadar COD Limbah Cair Tekstil Dengan Proses Anaerob dan Anaerob Menggunakan Lumpur Aktif ",*Laporan Penelitian*, Teknik Kimia, Universitas Diponegoro.
- Widyotomo, S. 2012. *Potensi dan Teknologi Diversifikasi Limbah Kopi Menjadi Produk Bermutu Dan Bernilai Tambah*[Http://lccri.Net/Download/Pelita%20Perkebunan/Vol%2027%20No%201%20April%202011//5.%20sksn%20FINAL-Sksn%20%28Rev%29.pdf](http://lccri.Net/Download/Pelita%20Perkebunan/Vol%2027%20No%201%20April%202011//5.%20sksn%20FINAL-Sksn%20%28Rev%29.pdf).