

Efektivitas Dan Adaptasi Tumbuhan Eceng Gondok Dalam Menurunkan Kadar BOD Dan COD Dalam Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit

Mutmainah¹, Zainudin Basri² dan Syamsuddin Laude²

mutmainah312@gmail.com

¹Mahasiswa Program Studi Magister Ilmu-Ilmu Pertanian Pascasarjana Universitas Tadulako

²Dosen Program Studi Magister Ilmu-Ilmu Pertanian Pascasarjana Universitas Tadulako

Abstract

This research was conducted to determine the effectivity of water hyacinth (Eichhornia crassipes (Mart.) Solms.) on reducing Biochemical Oxygen Demand (BOD) and Chemical Oxygen Demand (COD) content in Palm Oil Mill Effluent (POME) and find out water hyacinth's adaptation after contact to POME for 21 days. This research was conducted in September to November 2017 at PT. Manakarra Unggul Lestari, Mamuju, West Sulawesi. This research was arranged on Block Randomized Design, consist of four treatments: $P_0=0$ clumps of water hyacinth, $P_1=5$ clumps of water hyacinth, $P_2=10$ clumps of water hyacinth and $P_3=15$ clumps water hyacinth in stererofoam box contains 105,000 cm³ POME/box treatment and repeated 3 times, resulting 12 experimental units. Wet weight, dry weight, root volume, stomata index and chlorophyll content of water hyacinth were measured to determine the adaptation of water hyacinth after contact with liquid waste. The research results showed that water hyacinth is effective on reducing BOD and COD content in POME. P_3 was the largest BOD and COD decrease level, BOD was decreases to 97.36% and COD decreases to 97.50%. From the research can be concluded that water hyacinth plants were able to adapt when placed in the POME and did not show significant signs of stress

Keywords: BOD, COD, water hyacinth, palm oil mill effluent

Kelapa sawit merupakan salah satu komoditi hasil perkebunan yang mempunyai peran penting dalam kegiatan perekonomian di Indonesia. Kelapa sawit adalah komoditas ekspor Indonesia penghasil devisa negara selain minyak dan gas. Indonesia mempunyai potensi yang besar untuk pengembangan industri kelapa sawit. Pada saat ini perkembangan industri kelapa sawit tumbuh pesat (Manurung dan Renita, 2004). Luas areal perkebunan kelapa sawit di Indonesia selama enam tahun terakhir cenderung menunjukkan peningkatan, naik sekitar 2,77 sampai dengan 11,33 persen per tahun. Pada tahun 2010 lahan perkebunan kelapa sawit Indonesia tercatat seluas 8,55 juta hektar, meningkat menjadi 10,75 juta hektar pada tahun 2014 atau terjadi peningkatan 25,80 persen. Pada tahun 2015 diperkirakan luas areal perkebunan kelapa sawit meningkat sebesar 5,07 persen dari tahun 2014 menjadi 11,30 juta

hektar (BPS, 2015). Perkembangan industri yang sangat cepat saat ini menyebabkan limbah-limbah industri pun menjadi bertambah. Sebagai akibatnya limbah yang dibuang ke lingkungan semakin berat, padahal kemampuan alam untuk menerima beban limbah sangat terbatas, sehingga dipastikan bahwa *self purification* saat ini telah terlampaui (Taufiq, 2010).

Limbah yang dihasilkan oleh industri kelapa sawit termasuk kategori limbah berat dengan kuantitas yang tinggi dan kandungan kontaminan mencapai 8.200-35.000 mg/L untuk BOD (*Biological Oxygen Demand*) dan 15.103-65.100 mg/L untuk COD (*Chemical Oxygen Demand*), 1.330-50.700 mg/L untuk TSS (*TotalSuspended Solid*). Limbah cair menyumbang sekitar 50% dari keseluruhan limbah PKS per ton Tandan Buah Segar (Kep. Men LH no. 51 th 1995).

Tiap pabrik kelapa sawit biasanya memiliki sistem pengolahan limbah atau IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) untuk menurunkan beban pencemar yang terdapat di dalam limbah. Pengolahan limbah pada pabrik kelapa sawit meliputi beberapa tahapan fisika, kimia dan biologi. Meskipun sudah mengalami pengolahan, limbah yang dibuang ke sungai masih belum memenuhi baku mutu yang ditetapkan (Rahardjo, 2009). Hal ini terjadi karena IPAL belum berfungsi dengan baik (Azwir, 2006). Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem pengolahan limbah yang dapat memberikan hasil yang optimal dalam mengolah dan mengendalikan limbah sehingga dampaknya terhadap lingkungan dapat dikurangi. Teknik yang pernah diperkenalkan dalam pengolahan limbah adalah dengan penggunaan tumbuhan. Banyak penelitian yang sudah pernah dilakukan menunjukkan kemampuan tanaman air dalam mengurangi beban pencemar pada limbah cair.

Jenis limbah industri banyak macamnya, tergantung dari bahan baku yang dipakai dalam industri dan sesuai dengan proses dari masing-masing industri. Limbah cair yang dihasilkan oleh industri masih menjadi masalah bagi lingkungan sekitarnya, karena pada umumnya, industri terutama industri rumah tangga mengalirkan langsung air limbahnya ke selokan atau sungai tanpa diolah terlebih dahulu. Demikian pula dengan industri pabrik kelapa sawit yang pada umumnya merupakan industri yang banyak tersebar di kota-kota besar dan kota-kota kecil (Rossiana dkk, 2007). Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit (LCPKS) mengandung bahan organik yang tinggi sehingga potensial mencemari air tanah dan badan air (Rusmey, 2009). Hasil dari beberapa penelitian sebelumnya menyatakan bahwa konsentrasi BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) di dalam air limbah kelapa sawit cukup tinggi, yakni berkisar antara 5.000-10.000 mg/L, COD (*Chemical Oxygen Demand*) berkisar antara 7.000-10.000 mg/L serta mempunyai keasaman yang rendah yakni pH 4-5. Kandungan BOD dan COD dalam

limbah yang dihasilkan pabrik kelapa sawit apabila langsung dibuang ke lingkungan dapat menjadi pencemar lingkungan yang sangat potensial, terutama untuk perairan di sekitar pabrik tersebut (Kaswinarni, 2007). Mengingat tingginya potensi pencemaran yang ditimbulkan oleh limbah cair yang tidak dikelola dengan baik maka diperlukan pemahaman dan informasi mengenai pengelolaan limbah cair secara benar (Sari dkk, 2014).

Fitoremediasi merupakan teknologi pembersihan, penghilangan atau pengurangan zat pencemar dalam tanah atau air dengan menggunakan bantuan tumbuhan, salah satu tumbuhan yang efektif menjadi fitoremediator adalah Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms). Eceng Gondok merupakan salah satu jenis tumbuhan air yang memiliki kemampuan untuk menyerap dan mengakumulasi logam berat. Tumbuhan ini berpotensi dalam menyerap logam berat dan merupakan tumbuhan dengan toleransi tinggi walau ditempatkan tempat yang ekstrim misalnya dalam air limbah, pertumbuhannya cepat serta menyerap dan mengakumulasi logam dengan baik dalam waktu yang singkat. Eceng Gondok juga dapat menurunkan nilai BOD, COD dan TSS dalam limbah cair. Berbagai penelitian terdahulu telah menunjukkan berbagai manfaat Eceng Gondok, dalam penelitian terdahulu yang menjelaskan bahwa sebanyak 9 batang tumbuhan Eceng Gondok berkontak dengan air limbah selama 9 hari menghasilkan penurunan kadar Hg yang awalnya 0,22 ppm (sampel kontrol) turun menjadi 0,0037 ppm. Syahrul (1998) menyatakan bahwa Eceng Gondok mampu tumbuh dengan baik dan menyerap zat organik non *biodegradable* yang terkandung dalam air limbah domestik dengan kadar COD kurang lebih 400 mg COD/L dengan syarat dipenuhinya unsur-unsur hara yang dibutuhkan dan tingkat keasaman diatur maksimum pada pH kurang lebih 8. Nugraheni dan Trihadaningrum (2002) menjelaskan tingginya daya serap Eceng Gondok terhadap unsur Cd dan Hg, Nugraheni (2002) meneliti kemampuan

penyerapan Na sebesar 9,8% dari 228,6 mg/L Na dan Cl 19,3% dari 628,1 mg/L Cl. Penelitian lain yang dilakukan oleh Hasim (2003) menyatakan bahwa Eceng Gondok mampu menurunkan kadar besi (Fe).

Upaya untuk menangani limbah cair industri kelapa sawit yang ada di lingkungan dapat dilakukan dengan metode biologis. Fitoremediasi dapat dilakukan dengan menggunakan tumbuhan air yaitu Eceng Gondok yang memiliki kemampuan untuk menurunkan kandungan BOD, COD, NH₃, phospat, dan padatan tersuspensi yang merupakan tolak ukur pencemaran oleh zat-zat organik.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui efektivitas tumbuhan Eceng Gondok dalam menurunkan kadar BOD dan COD dalam LCPKS dan mengetahui bentuk adaptasi tumbuhan Eceng Gondok secara fisiologi dan anatomi setelah ditumbuhkan pada LCPKS.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Pabrik Kelapa Sawit PT. Manakarra Unggul Lestari, Mamuju Sulawesi Barat. Sejak bulan September sampai dengan November 2017. Pengujian kadar BOD, COD dan nilai pH LCPKS dilaksanakan di Laboratorium Analisis Sumberdaya Alam dan Lingkungan Fakultas Pertanian Universitas Tadulako, sedangkan pengujian pada Eceng Gondok seperti volume akar, berat basah, berat kering, indeks stomata dan kadar klorofil dilaksanakan di Laboratorium Bioteknologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tadulako

Alat yang digunakan dalam penelitian ini selain untuk pengukuran BOD dan COD ini adalah bak styrofoam berukuran 70x50x40 cm, mikroskop, lumpang alu, kaca objek, kaca penutup, scalpel, gelas ukur 50 ml, mistar, *spektrofotometer UV*, gelas kimia 100 ml, labu takar 100 ml, kuvet, pinset, *water bath*, pH meter, oven, *centrifuge* dan neraca analitik dengan ketelitian 0,1 mg. Adapun bahan yang

digunakan adalah tumbuhan Eceng Gondok, LCPKS milik PT. Manakarra Unggul Lestari, *aquadest*, air bersih, alkohol 96% dan tissue.

Penelitian ini disusun dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan perlakuan sebagai berikut :

P₀= kontrol (tanpa Eceng Gondok), P₁= 5 rumpun Eceng Gondok per bak styrofoam, P₂ = 10 rumpun Eceng Gondok per bak styrofoam P₃ = 15 rumpun Eceng Gondok per bak styrofoam. Setiap perlakuan diatas diulang sebanyak 3 kali sehingga jumlah satuan percobaan yang diamati adalah 12 unit perlakuan.

Prosedur Pelaksanaan Penelitian:

Aklimatisasi Eceng Gondok

Eceng Gondok diambil dari kolam dangkal di area sekitar pabrik sebelum ditumbuhkan di LCPKS terlebih dahulu tanaman Eceng Gondok diaklimatisasi, yaitu ditumbuhkan selama 5 hari di air bersih. Hal ini dilakukan agar tumbuhan Eceng Gondok tidak mengalami stress dan lebih optimal dalam penyerapan BOD dan COD dari limbah cair.

Pengambilan Sampel LCPKS

LCPKS diambil dari kolam limbah inlet milik PT. Manakarra Unggul Lestari yang kemudian di tempatkan di bak styrofoam yang berukuran 70x50x40 cm dengan total volume 140.000 cm³. Total volume limbah cair yang digunakan sebanyak 105.000 cm³/ box percobaan. Hal ini dilakukan agar tetap memberi ruang bagi tumbuhan Eceng Gondok yang akan dimasukkan ke dalam bak styrofoam.

Pelaksanaan Proses Fitoremediasi LCPKS dengan menggunakan Eceng Gondok

Proses fitoremediasi dilaksanakan sebagai upaya untuk mengembalikan kualitas limbah cair dengan mengurangi konsentrasi BOD dan COD dalam limbah dengan cara memasukan agen fitoremediasi (tumbuhan Eceng Gondok) yang telah diaklimatisasi selama 5 hari ke dalam bak perlakuan yang telah di isi dengan

limbah cair pabrik kelapa sawit. Sesuai dengan unit perlakuan. Proses fitoremediasi akan dilakukan selama 21 hari.

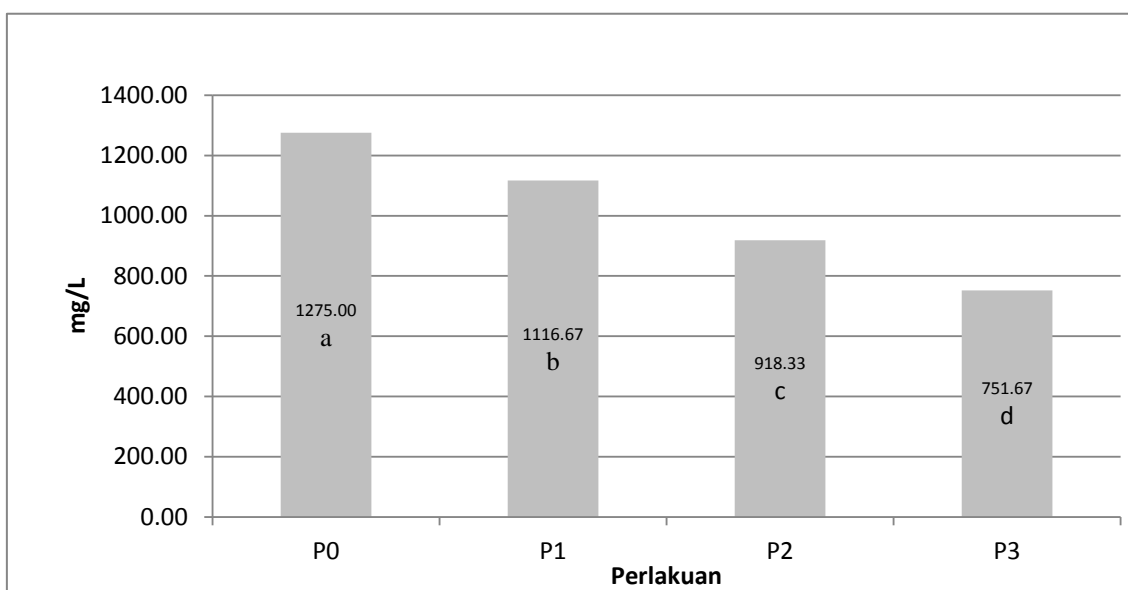
Analisis Data

Data-data yang diperoleh dari hasil pengamatan dianalisis dengan menggunakan Analisis Ragam (uji F 0,05) yang dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Jujur (BNJ 0,05).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Biochemical Oxygen Demand (BOD) pada Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit setelah Proses Fitoremediasi

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian Eceng Gondok dengan jumlah yang berbeda berpengaruh nyata terhadap penurunan BOD pada LCPKS. Rata-rata penurunan kadar BOD pada LCPKS disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Rata-Rata Kadar BOD pada LCPKS setelah diberi Eceng Gondok

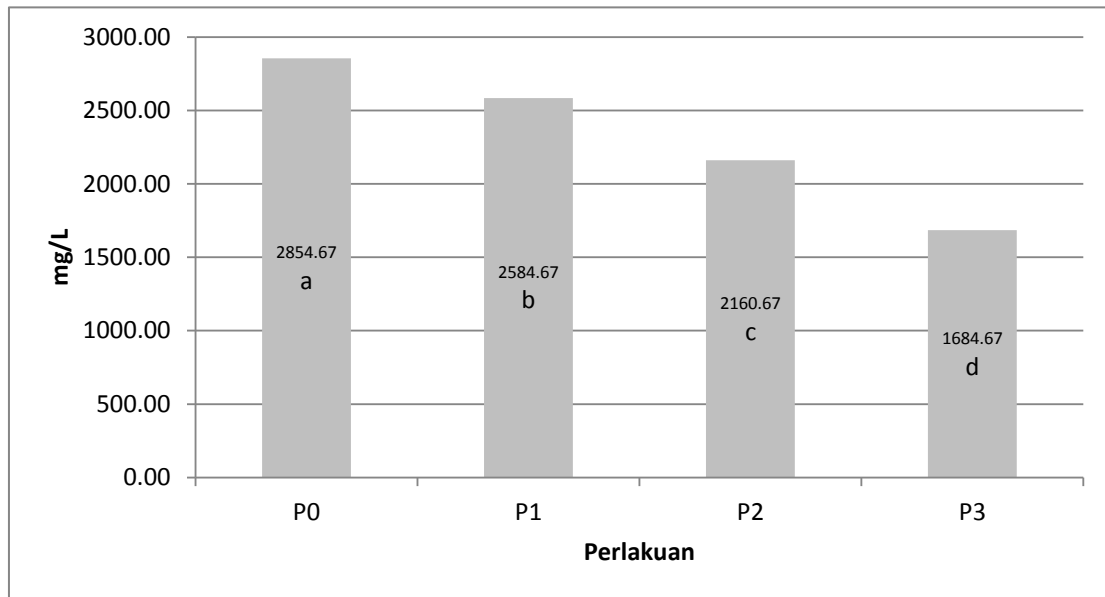
Gambar 1 menunjukkan bahwa pemberian Eceng Gondok dengan perlakuan yang semakin meningkat terlihat secara nyata menurunkan kadar BOD (mg/L), nilai rata-rata terendah terlihat pada P₃ (15 rumpun Eceng Gondok) yaitu sebesar 751,67 mg/L dengan penurunan kadar BOD sebesar 97,36% dan nilai rata-rata tertinggi terdapat pada kontrol P₀ (0 rumpun Eceng Gondok) sebesar 1275 mg/L. Hasil uji BNJ 0,05 menunjukkan bahwa pada pemberian 15 rumpun Eceng Gondok berbeda nyata dengan perlakuan lainnya serta menunjukkan semakin tinggi jumlah Eceng Gondok yang diberikan maka kadar BOD pada LCPKS semakin menurun. Terjadinya penurunan nilai BOD terkait dengan sifat Eceng Gondok

yang dapat menurunkan nilai BOD. Penurunan yang sangat nyata ini dikarenakan Eceng Gondok memiliki kemampuan ganda yakni menyerap berbagai bahan organik dalam bentuk ion hasil pemecahan mikroorganisme juga membebaskan oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk proses oksidasi. Oleh sebab itu, semakin banyak dan semakin lama waktu kontak Eceng Gondok, maka akan semakin banyak jumlah bahan organik dalam bentuk ion yang diserap sehingga berpengaruh pada tingkat penurunan BOD (Suardana, 2009).

Chemical Oxygen Demand (COD) pada Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit setelah Proses Fitoremediasi

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari analisis ragam dapat dilihat bahwa LCPKS yang telah diberi Eceng Gondok menunjukkan

pengaruh nyata terhadap penurunan kadar CODnya. Rata-rata penurunan kadar COD pada LCPKS disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Rata-Rata Kadar COD pada LCPKS setelah diberi Eceng Gondok

Gambar 2 menunjukkan bahwa pemberian Eceng Gondok dengan perlakuan dengan jumlah yang semakin meningkat terlihat secara nyata menurunkan kadar COD (mg/L), dengan nilai rata-rata terendah terlihat pada P₃ (15 rumpun Eceng Gondok) yaitu sebesar 1684,67 mg/L dengan presentase penurunan sebesar 97,50% dan nilai rata-rata tertinggi terdapat pada P₀ (0 rumpun Eceng Gondok) sebesar 2854,33 mg/L. Hasil uji BNJ 0,05 menunjukkan bahwa pada pemberian 15 rumpun Eceng Gondok berbeda nyata dengan perlakuan lainnya, serta menunjukkan semakin tinggi jumlah Eceng Gondok yang diberikan maka kadar COD pada LCPKS semakin menurun. Hal ini semakin membuktikan bahwa Eceng Gondok efektif dalam mereduksi kadar COD dalam LCPKS.

Perbedaan nilai COD pada sampel setiap perlakuan dipengaruhi karena Eceng Gondok yang diberikan pada LCPKS bervariasi. Senyawa-senyawa organik pada umumnya tidak stabil dan mudah teroksidasi secara biologis atau kimia menjadi senyawa stabil, antara lain

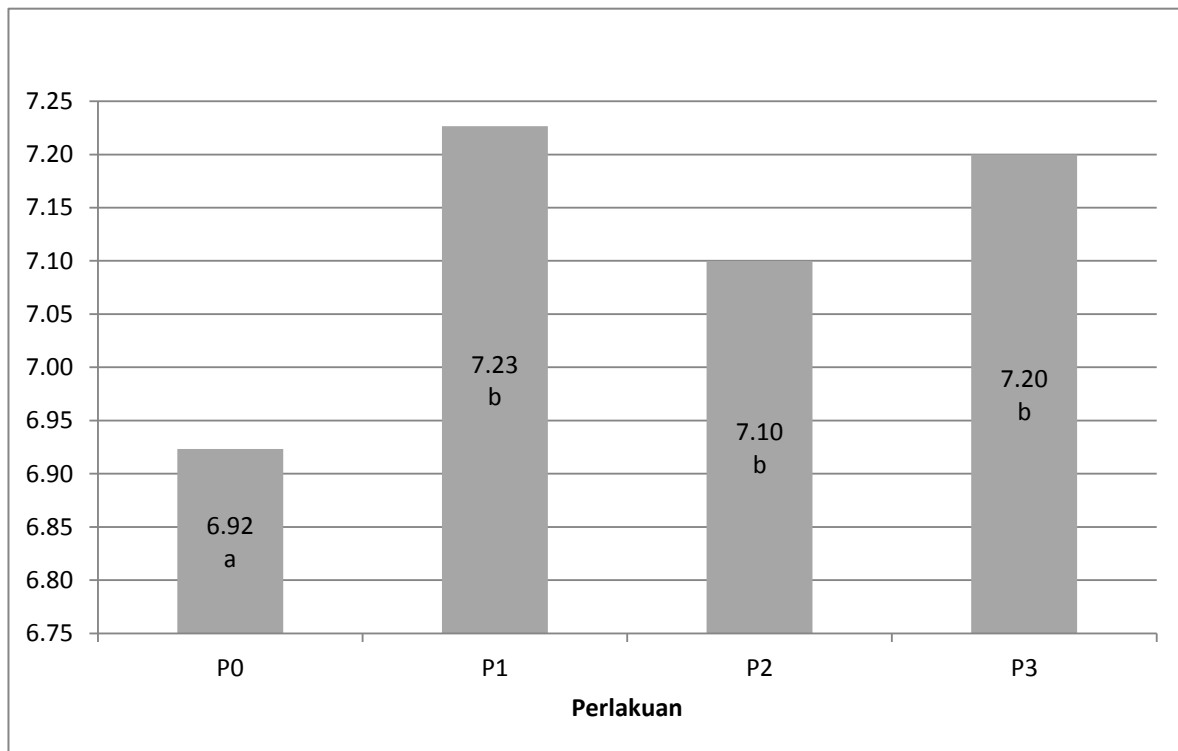
menjadi CO₂ dan H₂O, proses inilah yang menyebabkan konsentrasi oksigen terlarut dalam perairan akan menurun (Sugiharto, 1987 dalam Masittha, 2010).

Hariadi (2004) menyatakan bahwa BOD dan COD diperlukan sebagai parameter dalam baku mutu air limbah atau sebagai parameter pencemaran perairan, karena peranannya sebagai penduga pencemaran bahan organik dan kaitannya dengan penurunan kandungan oksigen terlarut perairan (oksigen penting bagi kehidupan biota air dan ekosistem perairan pada umumnya). Peranan BOD dan COD bukan sebagai penentu, tetapi setara dengan parameter lainnya yang menjadi parameter kunci sehubungan dengan dugaan pencemaran oleh kegiatan tertentu.

Derajat Keasaman (pH) Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari analisis ragam dapat dilihat bahwa LCPKS yang telah diberi Eceng Gondok berpengaruh

nyata ($P < 0,05$) terhadap perubahan nilai pHnya seperti tersaji pada Gambar 3.



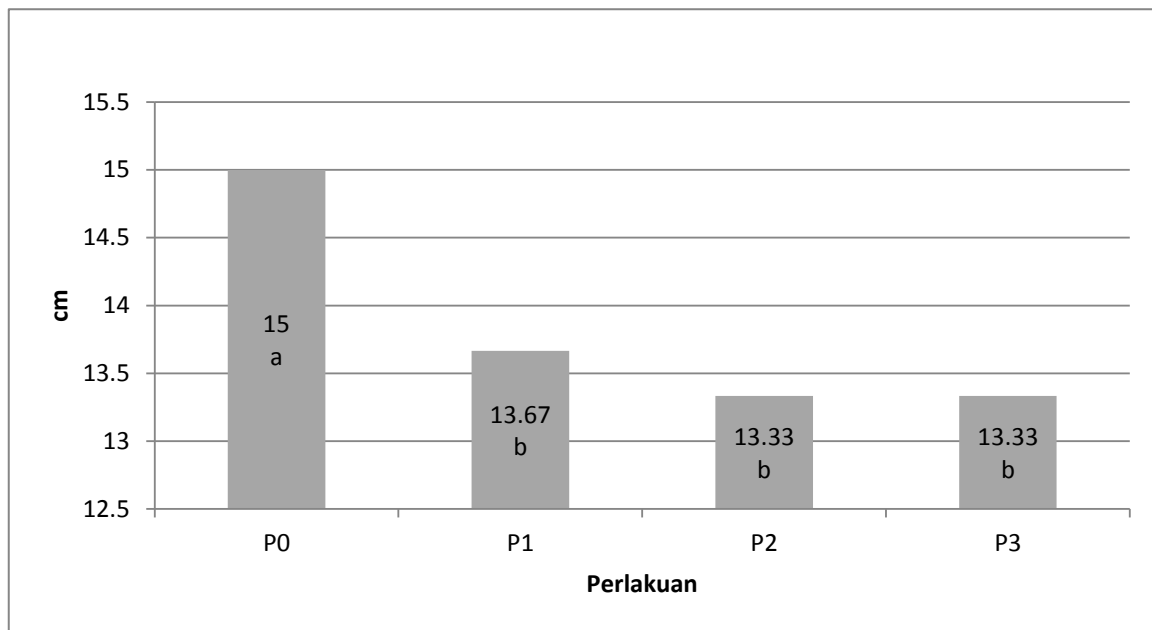
Gambar 3. Grafik Rata-Rata Nilai pH LCPKS Setelah Diberi Eceng Gondok

Gambar 3 menunjukkan bahwa pemberian Eceng Gondok pada LCPKS memberikan perubahan pada nilai pH dari LCPKS. Perlakuan 5 rumpun Eceng Gondok tidak berbeda dengan perlakuan 10 dan 15 rumpun, tetapi berbeda dengan perlakuan kontrol (tanpa Eceng Gondok). Adanya kecenderungan perubahan nilai pH diduga terkait dengan adanya Eceng Gondok dalam LCPKS memberikan kondisi yang optimum untuk pertumbuhan dan perkembangan mikroorganisme pengurai, khususnya yang menempel pada bagian akar dan batang Eceng Gondok dalam air. Proses pemecahan bahan organik tersebut akan menghasilkan karbondioksida (CO_2) di mana CO_2 merupakan gas yang bersifat asam (*acidic gas*) sehingga

CO_2 yang dihasilkan dari pemecahan bahan organik tersebut akan menetralkan nilai pH air limbah (Suardana, 2009). Nilai pH sangat mempengaruhi proses biokimiawi perairan, misalnya proses nitrifikasi akan berakhir jika pH rendah < 4 sebagian besar tumbuhan air mati karena tidak dapat bertoleransi terhadap pH rendah (Ratnani, 2011).

Pengukuran Tinggi Akhir Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari analisis ragam dapat dilihat bahwa pemberian Eceng Gondok dalam box yang berisi LCPKS berpengaruh terhadap perubahan tinggi akhir limbah cair seperti tertera pada Gambar 4.



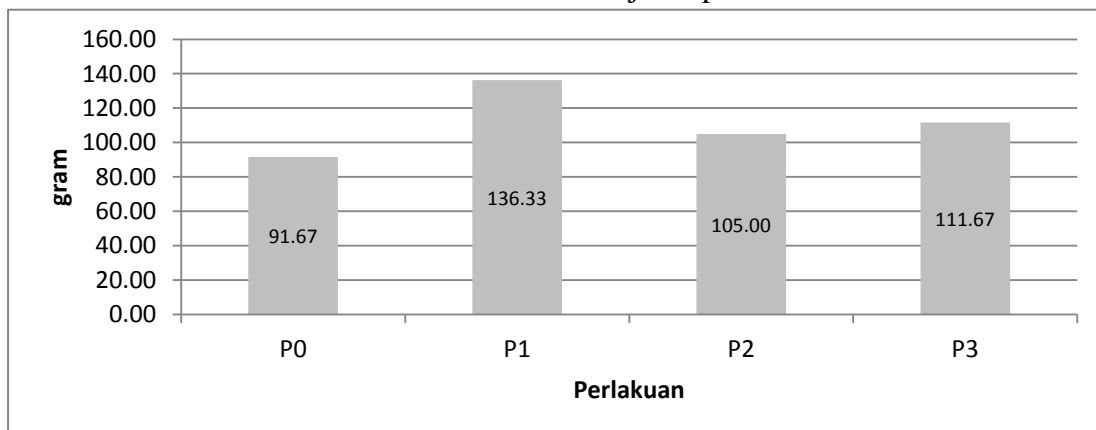
Gambar 4. Grafik Rata-Rata Tinggi Akhir LCPKS

Gambar 4 dapat dilihat bahwa perlakuan kontrol atau tanpa Eceng Gondok berbeda nyata dengan 3 jenis perlakuan yang diberikan, yaitu 5, 10, dan 15 rumpun Eceng Gondok. Tinggi limbah cair mengalami penurunan dari tinggi awal 15 cm hingga 13.67 cm pada perlakuan 5 rumpun Eceng Gondok, kemudian mengalami penurunan kembali pada perlakuan 10 dan 15 rumpun Eceng Gondok menjadi 13.33 cm, dari hasil penelitian ini menunjukkan perbedaan jumlah rumpun Eceng Gondok tidak berpengaruh terhadap tinggi akhir LCPKS. sedangkan pada box yang tidak ditempati Eceng Gondok tinggi limbah cair

tetap sama yaitu 15 cm. Hal ini menunjukkan bahwa selama 21 hari limbah cair diserap oleh Eceng Gondok sebagai bagian dari proses metabolismenya (Rukmi, 2013).

Berat Basah Eceng Gondok setelah Proses Fitoremediasi

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari analisis ragam dapat dilihat bahwa pemberian Eceng Gondok pada LCPKS tidak berpengaruh nyata terhadap perubahan berat basah Eceng Gondok, namun ada kecenderungan peningkatan pada berat basah Eceng Gondok. Rata-rata perubahan berat basah Eceng Gondok disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Rata-Rata Berat Basah Eceng Gondok

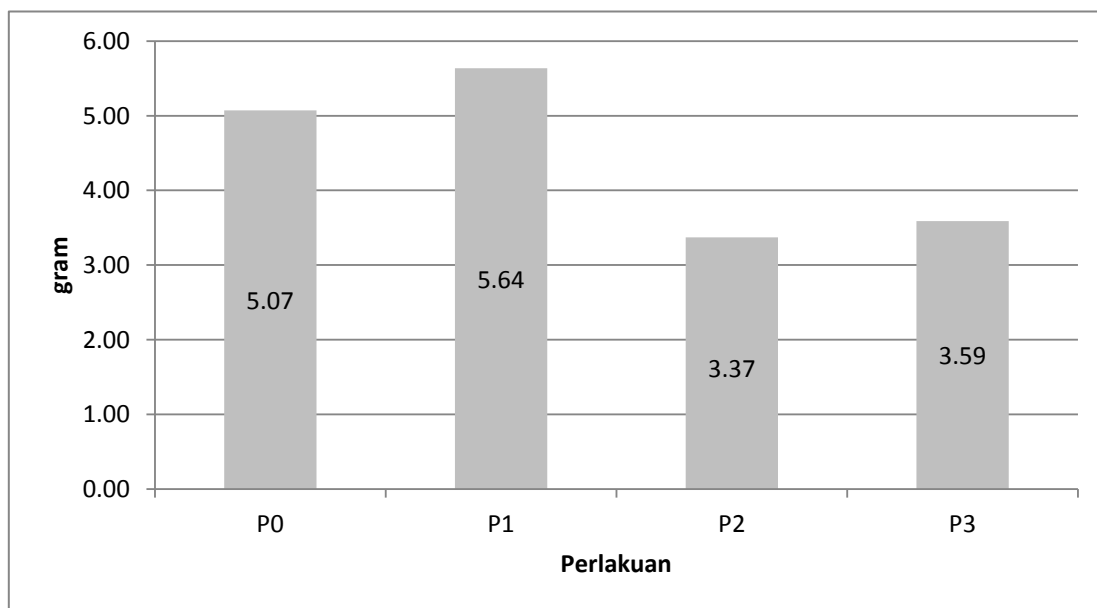
Gambar 5 menunjukkan bahwa terdapat peningkatan berat basah Eceng Gondok pada saat pra-penelitian (hari 0/sebelum ditempatkan pada LCPKS) yaitu sebesar 91,67 g dengan berat basah Eceng Gondok setelah proses fitoremediasi (hari 21) pada 3 perlakuan berbeda, yaitu sebesar 136,33 pada perlakuan 5 rumpun Eceng Gondok, sebesar 105 g pada perlakuan 10 rumpun Eceng Gondok, dan sebesar 111,67 g pada perlakuan 15 rumpun Eceng Gondok.

Hal tersebut diduga karena ada beberapa faktor yang mempengaruhi pertumbuhan. Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan yaitu faktor eksternal yang berupa iklim dan kondisi media tanam. Sedangkan faktor lain yaitu faktor internal yaitu pengaruh genetik. Media tempat tumbuh tanaman dalam hal ini merupakan faktor yang mempengaruhi terhadap

pertumbuhan tanaman. Media tempat tumbuh tanaman mempunyai pH yang berkisar antara 5,50 – 7,00 sehingga unsur hara yang diperlukan oleh tanaman Eceng Gondok ini lebih tersedia. Menurut Madkar dan Kurniadie (2003) bahwa pH optimum untuk pertumbuhan tanaman Eceng Gondok berada pada kisaran 5 – 8, meskipun Eceng Gondok dapat tumbuh pada media dengan pH 4 – 8 dan tumbuh optimal pada pH 6-7. Pertumbuhan tanaman Eceng Gondok juga dipengaruhi oleh suhu (Pujawati, 2006).

Pengukuran Berat Kering Eceng Gondok setelah Proses Fitoremediasi

Rata-rata berat kering Eceng Gondok disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Rata-Rata Berat Kering Eceng Gondok

Gambar 6 menunjukkan bahwa terdapat variasi pada berat kering Eceng Gondok, sebelum ditempatkan pada LCPKS (pra-penelitian) berat kering Eceng Gondok sebesar 5,07 gr berbeda dengan berat basah Eceng Gondok setelah ditempatkan pada LCPKS selama hari 21 pada perlakuan 5 rumpun Eceng Gondok yaitu sebesar 5,67 g, sebesar 3,37 g

pada perlakuan 10 rumpun Eceng Gondok, dan sebesar 3,59 g pada perlakuan 15 rumpun Eceng Gondok.

Hal ini disebabkan karena media tanam Eceng Gondok dalam penelitian ini yaitu LCPKS bukan merupakan media tanam yang ideal menyebabkan terhambatnya proses fotosintesis, sehingga kandungan senyawa-

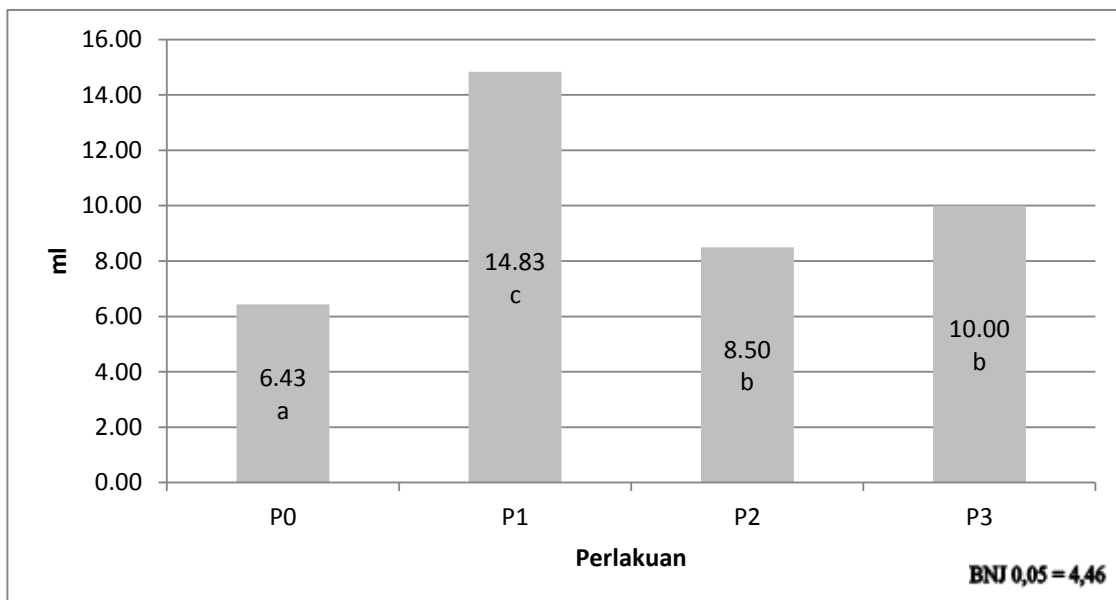
senyawa organik yang disintesis dari senyawa anorganik melalui proses fotosintesis akan berkurang (Aeni dkk, 2011).

Berat kering tanaman digunakan sebagai ukuran bagi pertumbuhan tanaman. Pengeringan dilakukan untuk menghilangkan kandungan air pada jaringan tanaman sehingga berat yang diperoleh merupakan berat keseluruhan jaringan yang terbentuk dari proses metabolisme tanaman. Berat basah yang tinggi tidak selalu diikuti dengan berat kering yang tinggi. Berat kering tanaman menunjukkan bahan yang dibentuk yaitu berupa polisakarida dan lignin pada dinding sel ditambah komponen

sitoplasma seperti protein, lipid dan asam amino. Sedangkan berat basah sangat dipengaruhi ketersediaan air pada media serta kondisi suhu dan kelembaban udara (Salisbury dan Ross, 1991).

Volume Akar Eceng Gondok setelah Proses Fitoremediasi

Berdasarkan hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian Eceng Gondok berpengaruh nyata terhadap volume akar Eceng Gondok. Hasil rata-rata pengukuran volume akar pada Eceng Gondok disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Rata-Rata Volume Akar Eceng Gondok

Gambar 7 menunjukkan rata-rata volume akar setelah 21 hari ditempatkan dalam LCPKS, perlakuan 5 rumpun Eceng Gondok mempunyai rata-rata volume akar Eceng Gondok terbesar yaitu 14.83 ml dibandingkan dengan perlakuan lainnya yang lainnya, pada perlakuan 10 rumpun Eceng Gondok volume akar 8,50 ml, dan volume akar 10,00 ml pada perlakuan 15 rumpun Eceng Gondok. Sedangkan pada pra penelitian (hari 0 atau sebelum rumpun Eceng Gondok dimasukkan kedalam box berisi LCPKS) merupakan rata-

rata berat kering Eceng Gondok terendah yaitu seberat 6.43 ml.

Penempatan Eceng Gondok di dalam box yang berisi LCPKS dapat meningkatkan volume akar, hal ini sesuai dengan uji lanjut menghasilkan nilai BNJ sebesar 2.30, yang menunjukkan ada perbedaan nyata dalam perhitungan volume akar sebelum dan sesudah perlakuan, bahwa dalam 21 hari ditempatkan dalam LCPKS Eceng Gondok dapat tumbuh dengan pesat. Perbedaan rumpun Eceng Gondok pada tiap box terhadap volume akar menunjukkan hasil berbeda nyata terhadap

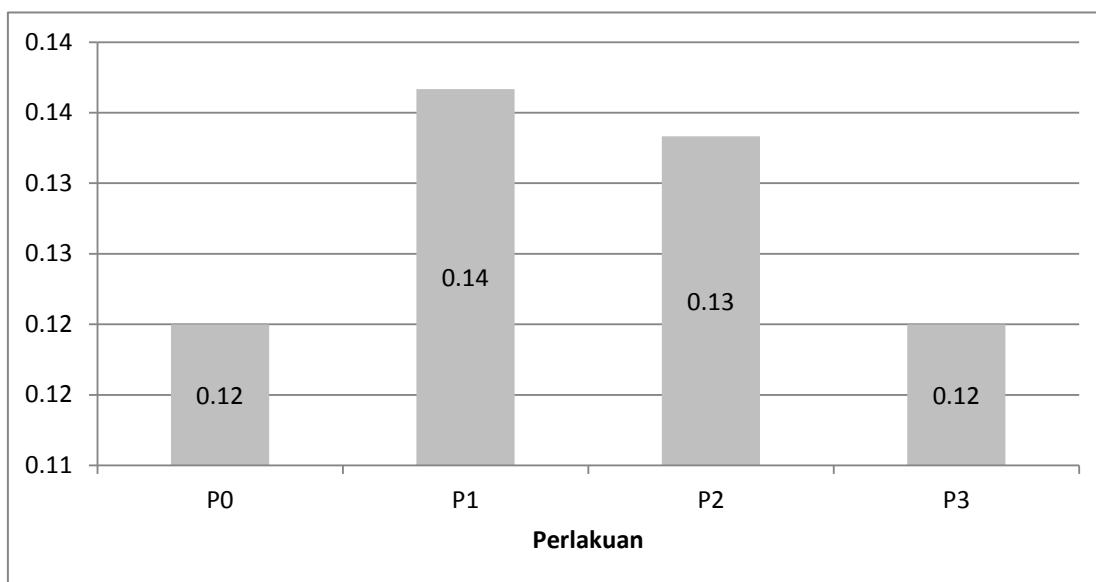
Eceng Gondok sebelum ditempatkan pada LCPKS.

Akar merupakan organ tanaman yang berfungsi sebagai alat penyerapan air dan hara mineral dari medium habitatnya. LCPKS sebagai media tumbuh dalam penelitian ini tidak hanya mengandung logam berat tetapi juga mengandung hara yang berguna bagi tanaman, diduga adanya magnesium dan kalium serta tingkat BOD dan COD yang tinggi dalam LCPKS dapat ditolerir Eceng Gondok sehingga tetap tumbuh dan beradaptasi dengan media tumbuh tersebut. Adanya perbedaan nyata pada perlakuan 5 rumpun terhadap 10 dan 15 rumpun

Eceng Gondok merupakan akibat dari kompetisi dalam penyerapan unsur hara. Semakin banyak Eceng Gondok dalam media tanam yang terbatas jumlahnya, semakin mempersulit penyerapan zat hara yang berdampak pada perkembangan volume akarnya.

Indeks Stomata Daun Eceng Gondok setelah Proses Fitoremediasi

Indeks Stomata Eceng Gondok setelah proses fitoremediasi selama 21 hari disajikan pada Gambar 8



Gambar 8. Grafik Rata-Rata Indeks Stomata Eceng Gondok

Gambar 8 menunjukkan bahwa terdapat variasi pada indeks stomata daun Eceng Gondok, pada Eceng Gondok pra-penelitian (hari 0) yaitu sebesar 0,12 dan indeks stomata daun Eceng Gondok setelah proses fitoremediasi (hari 21) ditempatkan dalam LCPKS yaitu sebesar 0,14 pada perlakuan 5 rumpun Eceng Gondok, sebesar 0,13 pada perlakuan 10 rumpun Eceng Gondok, dan 0,12 pada perlakuan 15 rumpun Eceng Gondok. Perlakuan 5 rumpun Eceng Gondok memberikan angka lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya.

Peningkatan jumlah epidermis dan stomata serta peningkatan indeks stomata merupakan salah satu respon tanaman terhadap cekaman tertentu seperti polutan misalnya (Satolom, 2013). Indeks stomata dan densitas stomata menunjukkan adaptasi tumbuhan terkait dengan transpirasi dan aktivitas fotosintesis (Rindyastuti dan Hapsari, 2017).

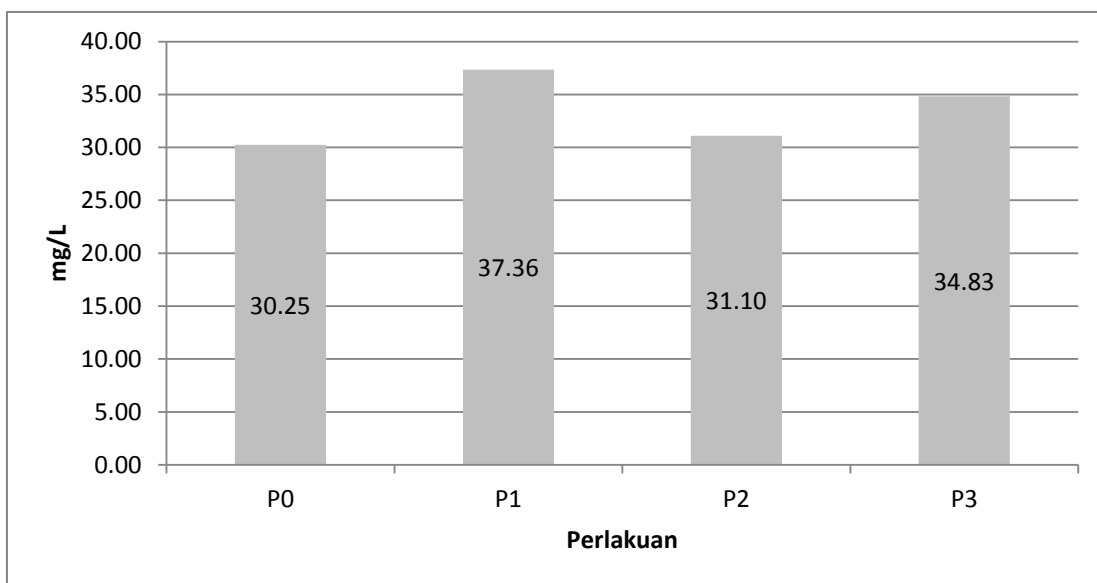
Indeks stomata dapat mempengaruhi dua proses penting pada tanaman yaitu fotosintesis dan transpirasi. Menurut Miskin *etal.*, (1972) tanaman "barley" yang mempunyai kerapatan stomata yang tinggi akan memiliki laju transpirasi yang lebih tinggi daripada tanaman

dengan indeks stomata yang rendah. Perlakuan 5 rumpun Eceng Gondok menghasilkan indeks stomata yang lebih tinggi dibanding perlakuan 10 dan 15 rumpun disebabkan karena pada perlakuan 5 rumpun jumlah Eceng Gondok lebih sedikit sehingga kompetisi antar tumbuhan Eceng Gondok untuk melakukan proses transpirasi tidak seberat kompetisi antar

tumbuhan Eceng Gondok pada perlakuan 10 dan 15 rumpun Eceng Gondok.

Kadar Klorofil Daun Eceng Gondok setelah Proses Fitoremediasi

Rata-rata kadar klorofil daun Eceng Gondok setelah proses fitoremediasi disajikan dalam grafik pada Gambar 9.



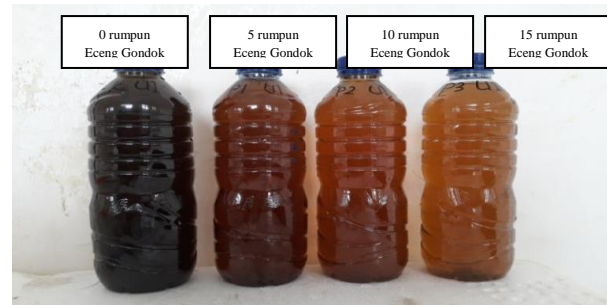
Gambar 9. Grafik Rata-Rata Kadar Klorofil Eceng Gondok

Gambar 9 menunjukkan bahwa terdapat variasi pada kadar klorofil (mg/L) pada Eceng Gondok sebelum ditempatkan pada LCPKS (P0) yaitu sebesar 30,25mg/L dan kadar klorofil daun Eceng Gondok setelah 21 hari ditempatkan dalam LCPKS yaitu sebesar 37,36 mg/L pada perlakuan 5 rumpun Eceng Gondok, 31,1 mg/L pada perlakuan 10 rumpun Eceng Gondok, dan 34,83 mg/L pada perlakuan 15 rumpun Eceng Gondok. Perlakuan 5 rumpun Eceng Gondok memberikan angka rata-rata kadar klorofil daun Eceng Gondok yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya.

Klorofil adalah pigmen berwarna hijau yang terdapat dalam kloroplas bersama-sama dengan karoten dan xantofil pada semua makhluk hidup yang mampu melakukan fotosintesis.(SEAFAST, 2012). Fotosintesis, yang terjadi di daun membutuhkan dua bahan

utama yaitu CO₂ dan H₂O. Reaksi utama fotosintesis terjadi di kloroplas dengan agen utamanya yakni klorofil. Pembentukan klorofil pada daun paling banyak dipengaruhi oleh cahaya matahari (Pratama dan Laily, 2008)

Sifat Fisik LCPKS Setelah Proses Fitoremediasi



Gambar 10. Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Setelah Proses Fitoremediasi

Dari gambar 10 terlihat perubahan warna yang sangat berbeda pada LCPKS pada tiap perlakuan. Pada gambar 7 warna LCPKS kontrol/P₀ (0 rumpun Eceng Gondok) terlihat sangat gelap. Hal ini mengindikasikan LCPKS yang tidak diberikan Eceng Gondok mengandung banyak partikel bahan tersuspensi sehingga menimbulkan warna gelap. Bahan-bahan yang menyebabkan warna gelap tersebut antara lain tanah, lumpur, bahan-bahan organik dan partikel-partikel kecil tersuspensi lainnya. Warna LCPKS setelah proses fitoremediasi tampak lebih jernih. Hal ini menunjukkan bahwa telah terjadi proses pengendapan, penguraian serta penyerapan bahan organik oleh Eceng Gondok. Terdapat tingkat kejernihan yang berbeda pada tiap perlakuan, perlakuan 15 rumpun Eceng Gondok merupakan yang paling jernih jika disbanding 2 perlakuan lainnya. Perlakuan 10 rumpun Eceng Gondok menunjukkan LCPKS yang lebih jernih dari perlakuan 5 rumpun, hal ini membuktikan bahwa jumlah rumpun Eceng Gondok yang berbeda pada setiap perlakuan mempengaruhi penyerapan partikel-partikel tersuspensi dalam LCPKS.

Kondisi Morfologis Eceng Gondok Setelah Ditempatkan pada LCPKS



Gambar 11. Kondisi Fisik Eceng Gondok Sebelum dan Sesudah Ditempatkan pada LCPKS

Gambar 11 menunjukkan bahwa dilihat dari kondisi morfologis tubuhan Eceng Gondok dapat diketahui bahwa Eceng Gondok dapat bertahan hidup pada LCPKS selama 21 hari tetapi Eceng Gondok sudah tidak efektif dalam melakukan penyerapan unsur-unsur dalam media tanamnya, hal ini ditandai dengan tumbuhan Eceng Gondok yang menunjukkan beberapa perubahan fisik, yakni batangnya menguning dan lama-kelamaan membusuk, daunnya juga mengering, serta terjadi penggumpalan pada akar Eceng Gondok pada gambar 12 terlihat terdapat perbedaan visual antara tumbuhan Eceng Gondok pada setiap perlakuan, pada perlakuan 5 rumpun Eceng Gondok tumbuhan Eceng Gondok hampir semuanya membusuk pada batang, daun mengering dan hampir mati.

Pada perlakuan 10 rumpun masih banyak daun yg tidak kering, begitu pula pada batangnya, perlakuan 15 rumpun menunjukkan masih ada Eceng Gondok yang segar walaupun tidak semuanya. Hal ini disebabkan karena jumlah Eceng Gondok mempengaruhi penyerapan zat-zat limbah. Berkaitan dengan penyerapan zat pencemar, perlakuan 5 rumpun Eceng Gondok yang menunjukkan Eceng Gondok setelah perlakuan yang lebih tinggi tingkat kerusakannya disbanding perlakuan lainnya, karena penyerapan zat pencemar dalam box LCPKS hanya pada 5 rumpun tumbuhan Eceng Gondok sangat mengganggu proses metabolismenya. Sesuai dengan yang dikemukakan oleh Haryanti (2009), bahwa hal ini disebabkan oleh sintesis klorofil yang berkurang akibat hambatan metabolisme oleh kandungan zat pencemar pada limbah tersebut. Daun Eceng Gondok menunjukkan kekeringan pada tepi-tepinya. Hal ini diduga terjadi penghambatan metabolisme pada se-sel tepi daun, sehingga kekurangan nutrisi dan akhirnya sel mati. Perlakuan fitoremediasi ini dilakukan di dalam ruangan yang terbuka kaca-kaca jendelanya, selain mendapat sinar matahari juga terdapat lampu untuk menjaga agar sistem metabolisme fotosintesis Eceng Gondok tetap dapat berjalan dengan baik.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil kajian pada penelitian ini, maka dapat ditarik kesimpulan :
Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart), Solms) efektif dalam menurunkan kadar *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) dalam Limbah Pabrik Kelapa Sawit (LCPKS), makin banyak jumlah Eceng Gondok makin tinggi penurunan kadar BOD dan COD. Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart), Solms) mampu hidup dan beradaptasi saat ditumbuhkan dalam LCPKS adaptasi tumbuhan Eceng Gondok dilihat dari penampakan morfologi, berat basah dan berat kering, volume akar, indeks stomata serta kadar klorofil.

Saran

Eceng Gondok dapat digunakan sebagai agen fitoremediasi ramah lingkungan karena dapat mereduksi kadar BOD dan COD pada LCPKS, Eceng Gondok juga dapat bertahan hidup dan tidak menunjukkan tanda-tanda stress saat ditempatkan pada LCPKS tetapi harus dikontrol dengan baik dalam pelaksanaannya karena Eceng Gondok dapat menyebabkan pendangkalan pada wilayah perairan.

UCAPAN TERIMAH KASIH

Penulis akui bahwa dalam pelaksanaan penelitian ini, penulis telah banyak mendapat bantuan, petunjuk dan arahan yang membangun dari berbagai pihak terutama kepada Ketua Tim Pembimbing Prof. Ir. Zainuddin Basri, Ph.D. dan Anggota Tim Pembimbing Dr. Syamsuddin Laude, M.P. semoga penelitian ini dapat menjadi sumbangan yang bermanfaat dan mendorong lahirnya karya ilmiah yang lebih baik dikemudian hari.

DAFTAR RUJUKAN

Aeni, R. N., Setyono, P., dan Utami, L. B. 2011. *Pengaruh Limbah Lumpur Minyak*

Mentah Terhadap Pertumbuhan Eceng Gondok (Eichhornia Crassipes (Mart .) Solms .). Ekosains, III(2), 88–104.

Azwir.2006. *Analisa Pencemaran Air Sungai Tapung Kiri oleh Limbah Industri Kelapa Sawit PT. Peputra Masterindo di Kabupaten Kampar*. Diperoleh dari eprints.undip.ac.id/15421

Badan Pusat Statistik Indonesia. 2015. *Statistik Kelapa Sawit Indonesia 2015*. Nomor Publikasi 05130.1603. ISSN/ISBN :2301-6817. Jakarta.

Hariadi, S. 2004. *BOD dan COD sebagai Parameter Pencemaran Air dan Baku Mutu Air Limbah*, (Pps 702), 1–12.

Haryanti, S., S. Nintya, B. H. Rini, D. H. Endah, dan N. J. Yulita.2009. *Respon Fisiologi dan Anatomi Eceng Gondok Eichornia crassipes di Berbagai Perairan Tercemar*. Jurnal Penelitian Sains dan Teknologi Vol.10, No.1:30 - 40, Jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Diponegoro Semarang

Hasim. 2003. *Eceng Gongok Pembersih Polutan Logam Berat*. Kompas dalam kolom Inspirasi. Jakarta

Kantor Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup 2004. *Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri (KEP-51/MENLH/10/1995)*.

Kaswinarni.F. 2007. *Kajian Teknis Pengolahan Limbah Padat dan Cair Industri Tahu*

Madkar, O.R dan D. Kurniadie. 2003. *Identifikasi Dan Pertumbuhan Berbagai Gulma Air Sebagai Bahan Biofilter Penyaring Air Limbah*. Jurnal Bionatura. 5(2):79-87 Moenandir,

Manurung, R. 2004. *Proses Anaerobik Sebagai Alternatif Untuk Mengolah Limbah Sawit*. Jurnal (Online). <http://library.usu.ac.id>.

Masittha, M., Iryani, D. A., Si, dan M., Nuraeni, F., (2010). *Efektivitas Eceng Gondok Terhadap Penurunan Kadar COD dan BOD pada Limbah Cair Industri Kembang Gula Lunak*

- Miskin, E.K., D.C. Rasmusson, and D.N. Moss. 1972. *Inheritance and Physiological Effects of Stomatal Frequency in Barley*. *Crop Science* 12: 780-783.
- Nugraheni P, dan Trihadaningrum, Y. 2002. *Pengaruh Sifat Payau Dan Kesadahan Sumber Air oleh Eceng Gondok*. *Jurnal Kimia Lingkungan*. Vol.3, No.2
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang *Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Dan Atau Kegiatan Industri Minyak Sawit*
- Pratama, A. J., dan Laily, A. N. 2008. *Analisis Kandungan Klorofil Gandasuli (Hedychium gardnerianum Shephard ex Ker-Gawl) pada Tiga Daerah Perkembangan Daun yang Berbeda*, 216–219.
- Pujawati, E. 2006. *Pertumbuhan Eceng Gondok (Eichornia crassipes Mart. Solm) Pada Air Bekas Penambangan Batubara*. (18): 94-103
- Rahardjo, P. N. 2009. *Permasalahan Teknis Instalasi Pengolahan Air Limbah Pabrik Minyak Kelapa Sawit*. Kedeputian: Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan
- Ratnani, R. D., Hartati, I., & Kurniasari, L. 2011. *Pemanfaatan Eceng Gondok (Eichornia Crassipes) Untuk Menurunkan Kandungan COD (Chemical Oxygen Demand), pH , Bau , dan Warna Pada Limbah*, 41–47.
- Rindyastuti, R., dan Hapsari, L. 2017. *Adaptasi Ekofisiologi Terhadap Iklim Tropis Kering : Studi Anatomi Daun Sepuluh Jenis Tumbuhan Berkayu*. *Biologi Indonesia*, 13(1), 1–14.
- Rossiana, N Titin, dan Yayat, D. 2007. *Fitoremediasi Limbah Cair Dengan Eceng Gondok (Eichornia crassipes (Mart) Solms) Dan Limbah Padat Industri Minyak Bumi Dengan Sengon (Paraserianthes falcataria L. Nielsen) Bermikroriza*. Laporan Penelitian. Universitas Padjajaran.
- Rukmi, D. P., dan Pujiati, R. S. (2013). *Efektivitas Eceng Gondok (Eichhornia crassipes) dalam Menurunkan Kadar Deterjen , BOD , dan COD pada Air Limbah Laundry (Studi di Laundry X di Kelurahan Jember Lor Kecamatan Patrang Kabupaten Jember)* The Effectiveness of Eichhornia crassipes to Decrea, 5.
- Rusmey, T 2009. *Korelasi Antara Biological Oxygen Demand (BOD) Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Terhadap pH, Total Suspended Solid (TSS), Alkalinitas Dan Minyak/ Lemak*. Tesis(Online) <http://repository.usu.ac.id>. Diakses 23 Maret 2017
- Salisbury, B. F. and C. W. Ross. 1991. *Fisiologi Tumbuhan Jilid I*. ITB. Bandung Septiana
- Sari, A. M., Rachmadiarti, F., dan Fitrihidayati, H. 2014. *Pengaruh Cekaman Kromium pada Limbah Cair Batik terhadap Pertumbuhan Eichornia crassipes dan Salvinia molesta The Effect of Chromium in Liquid Waste of Batik on The Growth of Eichornia crassipes and Salvinia molesta*. *Lentera Bio*, 3(1), 67–71.
- SEAFASST. (2012). *Hijau Klorofil. Pewarna Alami Untuk Pangan*, 58–69.
- Suardana, I. 2009. *Eceng Gondok Sebagai Teknik Alternatif Dalam Pengolahan Air Limbah Asal Rumah Pemotongan Hewan (RPH) Denpasar*. *Berita Biologi*, 9(September), 759–766.
- Syahrul M. 1998. *Pengaruh Waktu dan pH Terhadap Pengikatan Logam Berat Cd, Hg, dan Pb Oleh Eceng Gondok (Eichornia crassipes)*. Disertasi IPBUH
- Taufiq, M. 2010. *Pemanfaatan Abu Sekam Padi Dengan Metode Filterisasi Untuk Menurunkan Kandungan BOD dan COD Pada Limbah Cair RSUD Undata Palu*. Tugas Akhir Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Muhammadiyah Palu