

**PENGARUH JUMLAH TANAMAN CYPERUS ALTERNIFOLIUS DAN
WAKTU TINGGAL LIMBAH DALAM PENYISIHAN KADAR
AMMONIAK, NITRIT, DAN NITRAT**

(Studi Kasus : Pabrik Minyak Kayu Putih)

Paundra Sari^{*)}; Sudarno^{)} ; Irawan Wisnu^{**)}**

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Sudarto, S.H Tembalang - Semarang, Kode Pos 50275 Telp. (024)76480678, Fax (024) 76918157
Website : <http://enveng.undip.ac.id> - Email: enveng@undip.ac.id

Abstract

*The whole of human activity inevitably produce waste. More and more factories are built so the more waste discharged into the environment. This of course can cause environmental pollution that are harmful to living things around him. White Wood Oil Factory located in this Toroh produce wastewater which, if too often discharged into water bodies can cause contamination river water. Various existing wastewater treatment can be used to combat environmental pollution. Wetland method is a method of waste treatment which are now widely used. There are two types of artificial wetland system is a system of artificial wetlands and surface flow wetland system of artificial subsurface flow. In this study using an artificial wetland system subsurface flow. This method utilizes plants that were around the neighborhood. Application of wetland is very easy, inexpensive, and efficient. This wetland method using water as the plant is in a swamp. In this study, the plant used is *Cyperus alternifolius* to waste allowance ammonia, nitrite, and nitrate. The results obtained are these plants could remove ammonia levels , nitrite , and nitrate in wastewater eucalyptus oil with the help of sand media .*

*Keywords : Liquid waste , wetland , *Cyperus alternifolius**

Pendahuluan

Industri kayu putih adalah suatu proses produksi yang khusus menyuling daun kayu putih menjadi minyak atsiri, yang dikenal dengan sebutan minyak kayu putih. (Tri Megawati,2012). Limbah yang mengandung bahan polutan yang memiliki sifat racun dan berbahaya dikenal dengan limbah B3, yang dinyatakan sebagai bahan yang dalam jumlah relatif sedikit tetapi berpotensi untuk merusak lingkungan hidup dan sumberdaya (Ginting, 2007). Industri minyak kayu putih ini menghasilkan limbah akibat kegiatan pemasakan minyak kayu putih. Limbah adalah buangan yang kehadirannya pada suatu saat dan tempat tertentu tidak dikehendaki lingkungannya karena tidak mempunyai nilai ekonomi.

Permasalahan yang saat ini terjadi adalah adanya perubahan terhadap kualitas fisik air pada sungai di sekitar pabrik. Hal

ini dapat mengganggu warga di pemukiman penduduk. Adanya permasalahan tersebut maka diperlukan suatu teknologi alternatif untuk mengolah air limbah domestik tersebut yang tentu saja harus memenuhi beberapa syarat yaitu mudah, murah dan mempunyai efisiensi pengolahan yang cukup tinggi. Sistem Lahan Basah Aliran Bawah Permukaan (Sub Surface Flow – Wetlands) merupakan salah satu sistem pengolahan air limbah jenis Lahan Basah Buatan (Constructed Wetlands), dimana prinsip kerja sistem pengolahan limbah tersebut dengan memanfaatkan simbiosis antara tumbuhan air dengan mikroorganisme dalam media di sekitar sistem perakaran (Rhizosphere) tanaman tersebut. Bahan organik yang terdapat dalam air limbah akan dirombak oleh mikroorganisme menjadi senyawa lebih sederhana dan akan dimanfaatkan oleh tumbuhan sebagai nutrient, sedangkan

sistem perakaran tumbuhan air akan menghasilkan oksigen yang dapat digunakan sebagai sumber energi/katalis untuk rangkaian proses metabolisme bagi kehidupan mikroorganisme (Supradata, 2005). Menurut Tjitrosoepomo (2000:77), *Cyperus alternifolius* yang masuk ke dalam bangsa Cyperaceae pada umumnya menyukai habitat yang lembab, berair, dan berumpun. Memiliki batang segitiga yang tidak berongga. Dalam tanah terdapat rimpang yang merayap atau badan-badan seperti umbi dengan geragih yang merupakan alat perkembangbiakan vegetatif. Tanaman ini mempunyai tangkai berbentuk segitiga, dengan panjang batang dewasa 0,5 - 1,5 meter. Tangkai menyangga daun yang berbentuk sempit dan datar, mengelilingi ujung tangkai secara simetris membentuk pola melingkar mirip cakram. Panjang daun antara 12 – 15 cm dan pada bagian tengah-tengah daun tumbuh bunga-bunga kecil bertangkai, berwarna kehijauan. Tanaman hias jenis *Cyperus alternifolius* memiliki kinerja yang cukup baik dalam pengolahan air limbah rumah tangga dengan sistem Lahan Basah Buatan Aliran Bawah Permukaan (SSF-Wetlands) (Supradata, 2005:45).

Metodologi

Secara keseluruhan pelaksanaan penelitian dibagi dalam tiga tahapan, meliputi :

1. Tahap Persiapan

Reaktor yang digunakan dalam penelitian ini berjumlah delapan buah yang masing-masing berukuran panjang 120 cm, lebar 30 cm, dan tinggi 50 cm. Reaktor terbuat dari rangka kayu yang dilapisi plastik. Dua buah ember juga digunakan dalam penelitian ini.

2. Tahap Pelaksanaan

Setelah dilaksanakan uji pendahuluan, langkah selanjutnya adalah seleksi media. Pada seleksi media ini yang digunakan adalah pasir dan kerikil. Limbah dimasukkan ke dalam ember berisi pasir dan ember berisi kerikil. Selanjutnya

dilakukan seleksi tanaman setelah terpilih media pasir yang lebih efektif dalam penyisihan bahan organik terlarut yang terkandung dalam limbah minyak kayu putih. Pada seleksi tanaman yang digunakan adalah *Cyperus alternifolius* dan Bambu air. Hasil seleksi tanaman yang paling efektif adalah menggunakan *Cyperus alternifolius*. Terdapat delapan buah reaktor yang masing-masing diisi dengan media pasir dan jumlah tanaman yang berbeda-beda. Pada penelitian ini menggunakan sistem duplo yaitu reaktor 1A dan 1B berisi pasir dan 1 buah tanaman *Cyperus alternifolius*, reaktor 3A dan 3B berisi pasir dan 3 buah tanaman *Cyperus alternifolius*, reaktor 5A dan 5B berisi pasir dan 5 buah tanaman *Cyperus alternifolius*, Pasir A dan Pasir B berisi media pasir saja. Pada masing-masing reaktor diisi pasir dengan ketinggian 40cm, selanjutnya limbah dimasukkan ke masing-masing reaktor dengan ketinggian 35cm. Pengambilan sampel air limbah dari outlet dilakukan saat jam ke-0,3,6,9,24,48,96,144,192, dan 240. Setelah pengambilan sampel maka hasilnya diuji ke laboratorium. Sampel air limbah dimasukkan ke dalam botol plastik untuk kemudian dilakukan analisis kandungan amoniak, nitrit, dan nitrat dalam air tersebut. Selain pengujian parameter air limbah tersebut, juga akan dilakukan pengukuran pH dan suhu.

3. Tahap Analisis Data

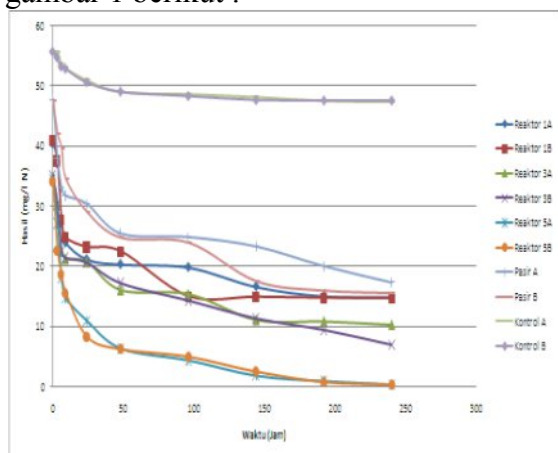
Pada tahapan ini dilakukan analisis data yang telah diperoleh sebelumnya dalam tahap pelaksanaan penelitian. Analisis data dilakukan untuk mengetahui seberapa besar penurunan konsentrasi nitrit dan nitrat dalam effluent IPAL Industri Minyak Kayu Putih serta pengaruh media dalam upaya peningkatan kualitas air dengan sistem batch dalam SSF-wetlands. Analisis data dilakukan dengan menggunakan microsoft excel . Analisis dengan microsoft excel dilakukan dengan membuat grafik hubungan konsentrasi masing-masing variabel (amoniak, nitrit dan nitrat) terhadap

waktu tinggal limbah di dalam reaktor dengan persamaan eksponensial.

Hasil dan Pembahasan

Hasil Pengukuran Konsentrasi Ammoniak

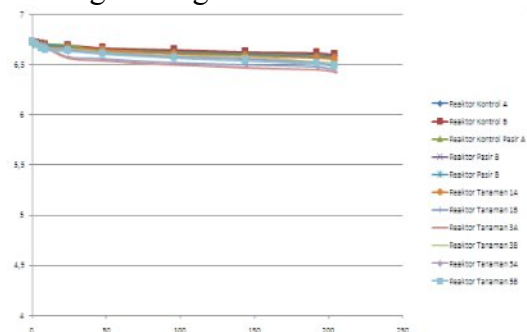
Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, didapatkan data penurunan ammoniak untuk masing-masing reaktor. Konsentrasi awal ammoniak pada hari ke-0 adalah 55,56 mg/L N. Dapat dilihat pada tabel 4.8 bahwa penurunan konsentrasi ammoniak tertinggi pada reaktor 5A dengan jumlah tumbuhan 5 yaitu sebesar 0,33 mg/l N. Kecepatan penyisihan paling besar terjadi pada jam ke-48 pada raktor 5A penurunannya adalah sebesar 0,19 mg/l N/jam. Pada reaktor 5B kecepatan penyisihan tertinggi terletak pada jam ke-24 penurunannya adalah sebesar 0,48 mg/l N/jam. Untuk semua reaktor kecepatan penyisihan tertinggi rata-rata terletak pada jam ke-9, ke-24 dan jam ke-48 karena tanaman masih mengalami fotosintesis yang baik. Terlihat dari kondisi fisik tanaman yang masih hijau. Hasil penurunan ammoniak dapat dilihat pada gambar 1 berikut :



Gambar 1. Hasil Penurunan Ammoniak pada Tiap Reaktor

Hasil menunjukkan adanya penurunan konsentrasi ammoniak terhadap waktu tinggal limbah di dalam reaktor. Efektivitas ditunjukkan dengan membandingkan efisiensi penurunan konsentrasi ammoniak antara reaktor berdasarkan jumlah tanaman *Cyperus alternifolius* serta laju degradasi ammoniak terhadap waktu tinggal limbah dalam

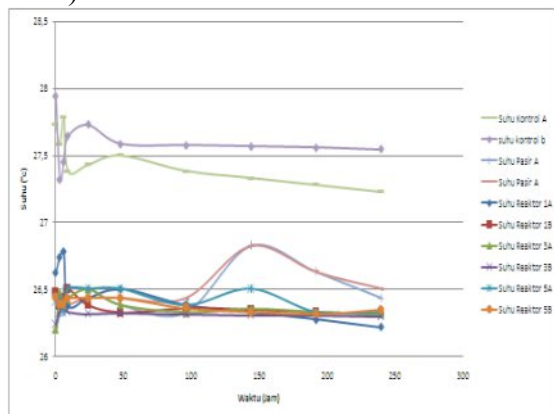
reaktor dengan media pasir dan kontrol. Hasilnya menunjukkan reaktor dengan tanaman *Cyperus alternifolius* berjumlah lima memiliki efektivitas lebih tinggi dalam penurunan konsentrasi ammoniak dibanding dengan media pasir dan kontrol saja. Pada reaktor dengan media pasir juga dapat menurunkan ammoniak karena pasir berperan sebagai adsorban dan filtrasi. Selain ammoniak parameter penting yang mempengaruhi pertumbuhan dan kinerja mikroorganisme kemudian pertumbuhan dari *Cyperus alternifolius* adalah pH dan suhu. Dengan Nilai pH air limbah yang netral maka proses fotosintesis dapat berjalan dengan baik (Abdulghani, 2013). Proses fotosintesis dari tanaman air akan menyebabkan kenaikan pH terhadap waktu tinggal limbah di dalam reaktor. Pengaruh pH terhadap penyisihan ini sangat penting karena mempengaruhi proses fotosintesis tanaman sehingga berpengaruh juga pada bakteri yang tinggal di dalam limbah. Oleh karena itu diperlukan pengukuran pH dan suhu, berikut gambar 2. Grafik penurunan pH masing-masing reaktor :



Gambar 2. Hasil Penurunan pH pada Tiap Reaktor

Dapat dilihat pada grafik dari data pH masing-masing reaktor, pada hari ke-0 dari masing-masing reaktor memiliki hasil yang sama. Hal tersebut dikarenakan hasil influent dari masing-masing reaktor bernilai sama. Selanjutnya untuk hari ke-3 hingga hari ke-10 pH pada masing-masing reaktor terbilang konstan, tidak ada perubahan secara drastis dari pH masing-masing reaktor. pH berkisar pada rentang 6,48 – 6,73. Sedangkan pH optimum untuk *Cyperus alternifolius* berkisar antara 5,25 – 7,25 (Bo Ah, 2007). Dengan Nilai pH air

limbah yang netral maka proses fotosintesis dapat berjalan dengan baik (Abdulghani, 2013). Proses fotosintesis dari tanaman air akan menyebabkan kenaikan pH terhadap waktu tinggal limbah di dalam reaktor. pH air dipengaruhi oleh total aktivitas respirasi semua organisme dan proses fotosintesis tanaman (Vymazal, 2007).



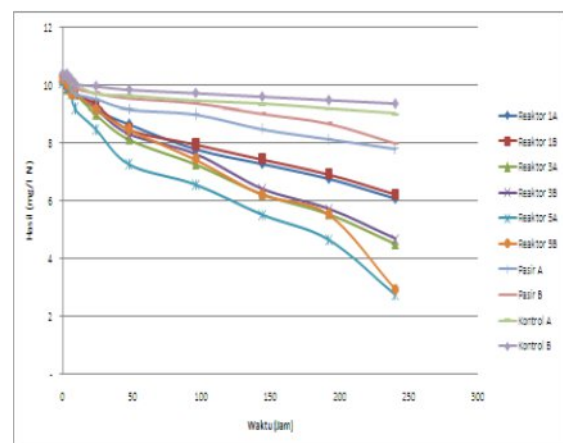
Gambar 3. Hasil Penurunan Suhu pada Tiap Reaktor

Dapat dilihat pada tabel suhu, terjadi penurunan suhu pada masing-masing reaktor pada jam 0 ke jam ke-3 kecuali pada beberapa reaktor. Terjadinya penurunan suhu pada masing-masing reaktor disebabkan karena kondisi cuaca pada saat pengambilan sampel yang tidak terlalu terik, sehingga membuat kondisi sampel menyamakan suhunya dengan lingkungan di greenhouse. Suhu dari tiap reaktor rata-rata berkisar antara 26,20°C – 27,94°C, sedangkan suhu optimum untuk tumbuhan *Cyperus alternifolius* adalah 26°C.

Hasil Pengukuran Konsentrasi Nitrit

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, didapatkan data penurunan Nitrit untuk masing-masing reaktor uji dan reaktor kontrol. Konsentrasi awal nitrit pada hari ke-0 adalah 10,40 mg/L N. Dapat dilihat pada tabel 4.10 bahwa penurunan konsentrasi nitrit tertinggi pada reaktor 5A dengan jumlah tumbuhan 5 yaitu sebesar 2,77 mg/l N. Pada reaktor 1A kecepatan penyisihan tertinggi terletak pada jam ke-96, besar penurunannya yaitu sebesar 0,017 mg/l N/jam. Pada reaktor 1B kecepatan penyisihan tertinggi terletak

pada jam ke-48, besar penurunannya yaitu sebesar 0,036 mg/l N/jam. Pada reaktor 3A kecepatan penyisihan tertinggi terletak pada jam ke-48, besar penurunannya yaitu sebesar 0,036 mg/l N/jam. Pada reaktor 3B kecepatan penyisihan tertinggi terletak pada jam ke-48, besar penurunannya yaitu sebesar 0,035 mg/l N/jam. Pada reaktor 5A kecepatan penyisihan tertinggi terletak pada jam ke-48, besar penurunannya yaitu sebesar 0,050 mg/l N/jam. Pada reaktor 5B kecepatan penyisihan tertinggi terletak pada jam ke-96, besar penurunannya yaitu sebesar 0,021 mg/l N/jam. Pada reaktor pasir A kecepatan penyisihan tertinggi terletak pada jam ke-144, besar penurunannya yaitu sebesar 0,01 mg/l N/jam. Pada reaktor pasir B kecepatan penyisihan tertinggi terletak pada jam terakhir yaitu ke-240, besar penurunannya yaitu sebesar 0,014 mg/l N/jam. Pada reaktor kontrol terjadi penurunan nitrit tetapi dalam waktu yang lama karena di dalam limbah terdapat bakteri yang dapat mendegradasi kandungan bahan organik terlarut seperti nitrosomonas dan nitrobacter. Bakteri ini berperan dalam proses nitrifikasi dan denitrifikasi sehingga bahan organik dalam limbah dapat menurun dengan sendirinya. Hasil penurunan ammoniak dapat dilihat pada gambar 2 berikut :



Gambar 4. Hasil Penurunan Nitrit pada Tiap Reaktor

Penurunan konsentrasi nitrit di dalam reaktor SSF wetland dipengaruhi oleh

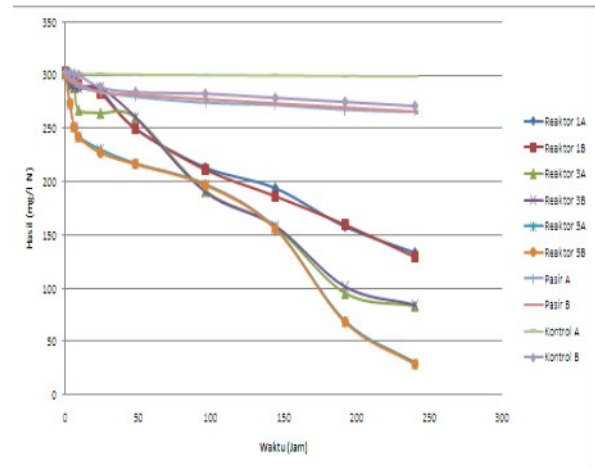
penyerapan oleh akar tanaman dan proses nitrifikasi. Jumlah tanaman juga mempengaruhi penurunan konsentrasi nitrit karena semakin banyak tanaman maka jumlah akar juga semakin banyak sehingga efektivitas penurunan lebih cepat.

Hasil Pengukuran Konsentrasi Nitrat

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, didapatkan data penurunan nitrat untuk masing-masing reaktor uji dan reaktor kontrol. Konsentrasi awal nitrat pada hari ke-0 adalah 303,11 mg/L N. Dapat dilihat pada tabel 4.11 bahwa penurunan konsentrasi nitrat terkecil pada reaktor 5B dengan jumlah tumbuhan 5 yaitu sebesar 29,36 mg/l N. Pada reaktor 1A kecepatan penyisihan tertinggi terletak pada jam ke-192, besar penurunannya yaitu sebesar 0,75 mg/l N/jam. Pada reaktor 1B kecepatan penyisihan tertinggi terletak pada jam ke-96, besar penurunannya yaitu sebesar 0,79 mg/l N/jam. Pada reaktor 3A kecepatan penyisihan tertinggi terletak pada jam ke-96, besar penurunannya yaitu sebesar 1,43 mg/l N/jam. Pada reaktor 3B kecepatan penyisihan tertinggi terletak pada jam ke-96, besar penurunannya yaitu sebesar 1,46 mg/l N/jam. Pada reaktor 5A kecepatan penyisihan tertinggi terletak pada jam ke-192, besar penurunannya yaitu sebesar 1,82 mg/l N/jam. Pada reaktor 5B kecepatan penyisihan tertinggi terletak pada jam ke-192, besar penurunannya yaitu sebesar 1,83 mg/l N/jam. Pada reaktor pasir A kecepatan penyisihan tertinggi terletak pada jam ke-96, besar penurunannya yaitu sebesar 0,11 mg/l N/jam. Pada reaktor pasir B kecepatan penyisihan tertinggi terletak pada jam terakhir yaitu ke-24, besar penurunannya yaitu sebesar 0,59 mg/l N/jam.

Pada reaktor kontrol terjadi penurunan nitrat tetapi dalam waktu yang lama karena di dalam limbah terdapat bakteri yang dapat mendegradasi kandungan bahan organik terlarut seperti nitrosomonas dan nitrobacter. Bakteri ini berperan dalam proses nitrifikasi dan denitrifikasi. Dari hasil dapat disimpulkan bahwa tanaman

yang jumlahnya lebih banyak dapat menurunkan kandungan nitrat di dalam limbah minyak kayu putih. Penurunan Konsentrasi nitrat terjadi pada reaktor uji dan bak kontrol. Hasil penurunan nitrat dapat dilihat pada gambar 3 berikut :



Gambar 5. Hasil Penurunan Nitrat pada Tiap Reaktor

Pada gambar 4.7 menunjukkan bahwa penurunan kandungan nitrat pada air limbah industri minyak kayu putih, dapat terjadi meskipun tanpa perlakuan. Efisiensi penurunan nitrat pada tanpa pengolahan (Kontrol) paling kecil dibandingkan dengan perlakuan yang lainnya. Efisiensi penurunan tersebut makin meningkat seiring dengan lamanya waktu tinggal. Penurunan kandungan nitrat paling cepat terdapat dalam reaktor 5B yaitu reaktor yang berisi media pasir dan tanaman yang berjumlah lima. Hal ini disebabkan akar tanaman yang banyak dapat mempercepat laju penurunan kandungan bahan organik di dalamnya. Menurut Khatuddin (2003) bahwa semakin banyak jaringan akar dalam tanah, maka makin luas zona rizhosfer yang terbentuk, sehingga kemampuan rawa untuk mendukung mikroorganisme semakin meningkat. Penurunan kandungan nitrat dalam proses Constructed Wetland sangat membutuhkan ketersediaan oksigen terlarut yang cukup yang akan dilepaskan oleh akar tumbuhan didalam zona rizhosfer untuk mikroorganisme dalam

menguraikan zat – zat organik dalam limbah.

Menurut Edy (2002), udara tanah menempati bagian pori-pori makro antara agregat sekunder tanah. Udara tanah tersebut sangat penting artinya bagi pernafasan akar tumbuhan dan kegiatan jasad hidup dalam tanah. Terutama jasad hidup dalam tanah yang aerobik sangat membutuhkan oksigen untuk menunjang aktivitasnya menguraikan bahan organik. Sedangkan untuk bak kontrol menunjukkan bahwa, penurunan nitrat terjadi karena proses fisik yaitu sedimentasi dan filtrasi oleh media pasir (Crites, dan Tchobanoglous, 1998).

Lamanya penelitian, padatan berkesempatan lebih besar untuk mengendap. Penghilangan padatan dengan filtrasi terjadi karena limbah melewati media berpori sehingga padatan tertahan dalam pori-pori media tersebut.

Adanya tumbuhan pada sistem lahan basah buatan dalam menurunkan zat organik menurut Wood dalam Tangahu dan Warmadewanthi (2001) terjadi karena adanya mekanisme aktivitas mikroorganisme dan tumbuhan, melalui proses oksidasi oleh bakteri aerob yang tumbuh disekitar rizhosfer tumbuhan maupun kehadiran bakteri heterotrof dalam air limbah.

Menurut Khiatuddin (2003), nitrogen adalah unsur utama dalam pembentukan asam amino yang selanjutnya membentuk senyawa kompleks protein yang sangat penting sebagai pembangun seluruh struktur tubuh makhluk hidup termasuk tanaman. Tumbuhan hanya dapat menyerap ion ammonium dan nitrat dalam bentuk larutan, akan tetapi nitrit tidak dapat diserap oleh akar tanaman, bahkan berbahaya. Menurut Cui, Ouyang, Yang, Chen, Zhou, dan Lou (2010), penurunan total nitrogen di dalam constructed wetland terjadi karena adanya kontak dan interaksi antara nutrien, substrat, dan akar tanaman.

Tanaman tidak dapat menyerap nitrit, bahkan nitrit berbahaya bagi tanaman.

Oleh sebab itu, proses nitrifikasi dan denitrifikasi berperan dalam penurunan konsentrasi nitrit di dalam reaktor SSF wetland. Nitrifikasi merupakan oksidasi biologi dari ammonium menjadi nitrat dengan nitrit sebagai reaksi intermediat (Vymazal, 2007). Terdapat dua proses dalam nitrifikasi. Pertama reaksi oksidasi ammonium menjadi nitrit dengan chemolithotropic bakteri seperti *Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*, dan *Nitrospira*. Tahap kedua adalah oksidasi nitrit menjadi nitrat oleh bakteri *Nitrobacter* dan *Nitrospira*. (Saeed dan Sun, 2012). Nitrifikasi berlangsung optimum dalam pH 6.6-8 (Cooper, et al, 1996 dalam Vymzal, 2007). Denitrifikasi merubah nitrit menjadi gas nitrogen, N_2O , dan NO dengan bakteri fakultatif *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Enterobacter*, *Micrococcus*, dan *Spirillum* (Kadlec dan Knight, 1996 dalam Saeed dan Sun, 2012).

Adanya proses nitrifikasi tersebut, terbentuk nitrat dari hasil oksidasi nitrit dengan bakteri *Nitrobacter* sehingga tanaman mampu menyerap nitrat. Konsentrasi nitrit semakin berkurang.

Penurunan konsentrasi nitrat di dalam reaktor SSF wetland dipengaruhi oleh penyerapan oleh akar tanaman dan proses nitrifikasi. Pada proses nitrifikasi, nitrat dioksidasi menjadi nitrat. Nitrat dan nitrat dapat diserap oleh tanaman (Khiatuddin, 2003).

Penurunan senyawa nitrogen dalam sistem lahan basah terjadi karena penyerapan senyawa nitrogen oleh tumbuhan secara langsung (Gersberg, 1985 dalam Abdulghani, 2013). Menurut Khiatuddin (2003), tumbuhan hanya dapat menyerap ion ammonium dan nitrat dalam bentuk larutan. Penyisihan nitrat dapat terjadi karena penyerapan secara langsung oleh tanaman serta adanya proses nitrifikasi dan denitrifikasi oleh mikroorganisme. Penyerapan nitrat oleh tanaman menyebabkan konsentrasi nitrat di dalam reaktor berkurang. Mikroorganisme yang diharapkan tumbuh dan berkembang dalam media SSF-Wetlands tersebut adalah jenis

heterotropik aerobik, karena pengolahan berlangsung lebih cepat dibandingkan dengan mikroorganisme anaerobik (Vymazal dalam Tangahu dan Warmadewanthi, 2001). Untuk menjamin kehidupan mikroorganisme tersebut dapat tumbuh dengan baik, maka transfer oksigen dari akar tanaman harus dapat mencukupi kebutuhan untuk kehidupan mikroorganisme. Kandungan oksigen dalam media akan disuplai oleh akar tanaman, yang merupakan hasil samping dari proses fotosintesis tanaman dengan bantuan sinar matahari. Dengan demikian, maka pada siang hari akan lebih banyak terjadi pelepasan oksigen. Kondisi aerob pada daerah sistem perakaran (Rhizosphere) dan ketergantungan mikroorganisme aerob terhadap pasokan oksigen dari sistem perakaran tanaman yang ada dalam SSF-Wetlands, akan menyebabkan jenis-jenis mikroorganisme yang dapat hidup pada Rhizosphere tersebut hanya jenis tertentu dan spesifik (Supradata, 2005).

Menurut Haberl dan Langergraber dalam Supradata (2005), bahwa proses fotosintesis pada tanaman air (hydrophyta), memungkinkan adanya pelepasan oksigen pada daerah sekitar perakaran (zona rhizosphere). Dengan kondisi zona rhizosphere yang kaya akan oksigen, menyebabkan perkembangan bakteri aerob di zona tersebut.

Pada aktivitas mikroorganisme maupun tumbuhan dalam penyediaan oksigen yang terdapat dalam sistem pengolahan limbah Lahan Basah Aliran Bawah Permukaan (SSF-Wetlands) ini, secara prinsip terjadi akibat adanya proses fotosintesis maupun proses respirasi. Fotosintesis merupakan suatu sifat fisiologi yang dimiliki oleh tumbuhan. Fotosintesis adalah penggunaan energi matahari oleh klorofil dari tumbuhan hijau untuk menggabungkan karbondioksida, air, dan senyawa anorganik lainnya untuk menjadi sel baru. Proses ini sering disebut asimilasi zat karbon. Pada waktu proses fotosintesis berlangsung, molekul-molekul air diambil

dari media tumbuhnya. Molekul-molekul air, karbondioksida diambil dari udara atau dari dalam air dalam bentuk karbondioksida terlarut. Oleh kloroplas tumbuhan, atom C, H dan O dari zat-zat tersebut diubah menjadi senyawa hidrat arang (gula atau pati). Sebagai hasil tambahan dari proses fotosintesis, tumbuhan mengeluarkan kelebihan oksigen ke udara dan perairan sehingga dapat dimanfaatkan oleh organisme air. (Sudjadi, 2005 dalam Abdulghani, 2013)

Penurunan konsentrasi bahan organik di dalam reaktor wetland dipengaruhi oleh aktivitas mikroorganisme dan penguraian bahan organik oleh tanaman. Proses abiotik (Fisik dan kimia) atau biotik (mikrobia dan tanaman) dan gabungan dari kedua proses tersebut berperan dalam sistem lahan basah buatan (USDA and ITRC dalam Supradata, 2005). Penurunan konsentrasi bahan organik dipengaruhi oleh fase pertumbuhan bakteri. Menurut Metcalf & Eddy (2003), terdapat empat fase pertumbuhan bakteri yaitu fase lag (lag phase), fase pertumbuhan (growth phase), fase stasioner (stationary phase), dan fase kematian (death phase). Pada proses aklimatisasi tanaman, terjadi fase lag dari bakteri yang merupakan fase awal pertumbuhan dan adaptasi dari bakteri. Kemudian pada proses pelaksanaan penelitian terjadi pertumbuhan bakteri yang cepat pada fase pertumbuhan. Hal ini yang menyebabkan terjadinya penurunan konsentrasi bahan organik yang diuraikan oleh bakteri. Hal ini yang menyebabkan terjadinya penurunan konsentrasi bahan organik yang diuraikan oleh bakteri. Reaktor yang digunakan adalah sistem batch, sehingga dalam penelitian ini tidak dilakukan penambahan nutrisi ke dalam reaktor. Semakin lama waktu tinggal limbah di dalam reaktor, penurunan konsentrasi bahan organik mulai melambat karena berkurangnya aktivitas mikroorganisme yang disebabkan oleh semakin berkurangnya nutrisi dan oksigen di dalam reaktor, hal ini terkait dengan pertumbuhan bakteri dimana terjadi

keseimbangan antara fase pertumbuhan dan kematian (fase stasioner).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Reaktor dengan media pasir memiliki efektivitas yang lebih tinggi dalam menurunkan konsentrasi amoniak, nitrit, dan nitrat dibanding dengan media kerikil pada reaktor SSF Wetland.
2. Reaktor dengan tanaman *Cyperus alternifolius* memiliki efektivitas yang lebih tinggi dalam menurunkan konsentrasi amoniak, nitrit, dan nitrat dibanding tanaman Bambu air.
3. Reaktor dengan media pasir dan tanaman *Cyperus alternifolius* yang berjumlah 5 memiliki efektivitas yang lebih tinggi dalam menurunkan konsentrasi amoniak, nitrit, dan nitrat dibanding media pasir saja dan tanaman berjumlah 1 dan 3 dalam reaktor SSF Wetland.

Saran

1. Pengelolaan effluent IPAL industri minyak kayu putih dengan SSF wetland untuk meminimasi pembuangan limbah ke badan air daan sebagai salah satu upaya penerapan teknologi bersih dengan tanaman *Cyperus alternifolius* dan media pasir.
2. Perlu dilakukan upaya pemanfaatan kembali effluent dari IPAL industri untuk meminimasi pembuangan limbah ke badan air karena daya dukung dan daya tampung badan air akan semakin berkurang seiring dengan peningkatan jumlah aktivitas dan buangan dari manusia.

Daftar Pustaka

Abdulgani, H. 2013. Perbaikan Kualitas Air Limbah Industri Kerupuk dengan Sistem Subsurface Flow Constructed Wetland Menggunakan Tumbuhan *Typha angustifolia*. Tesis Magister Ilmu

- Lingkungan, Universitas Diponegoro, Semarang
- Alaerts dan Sumestri, S. 1984. Metode Penelitian Air. Surabaya: Usaha Nasional
- Aria, F. P. 2010. Permodelan Adsorpsi Kromium Limbah Cair Laboratorium Kimia dengan Sistem SSF-Wetlands Menggunakan Tanaman Siprus (*Cyperus papyrus*, L.). Tesis Magister Ilmu Lingkungan, Universitas Diponegoro, Semarang
- Campbell, N. A., dan Reece, J.B. 2010. Biologi Edisi Kedelapan Jilid 1. Penerbit Erlangga : Jakarta
- Cui, L.; Ouyang, Y.; Lou, Q.; Yang, F.; Chen, Y.; Zhu, W.; dan Luo, S. 2010. Removal of nutrients from wastewater with *Canna indica* L. under different vertical-flow constructed wetland conditions.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Penerbit Kanisius : Yogyakarta
- Eko, A. S. 2009. Aplikasi Statistik dengan SPSS 16.0. PT. Pustaka Prestasi, Jakarta
- Faulwetter, J. L.; Gagnon, V.; Suberg, C.; Chazarenc, F.; Burr, M.D.; Brisson, J.; Camper, A. K.; dan Stein, O. R.. 2009. Microbial Processes Influencing Performance of Treatment Wetlands : A Review.
- Hartono. 2004. Statistik untuk Penelitian. Pustaka Pelajar, Pekanbaru
- Kamarudzaman, N.; Hafiz A.; Abdul, R. dan Faizal, M.. 2011. Study Accumulation of Nutrients and Heavy Metals in the Plant Tissue of *Limnocharis flava* Planted in Both Vertical and Horizontal Subsurface Flow Constructed Wetland. IACSIT Press, Singapore
- Khiatuddin, M.. 2003. Melestarikan Sumber Daya Air dengan Teknologi Rawa Buatan. Gadjah Mada University Pres, Yogyakarta.

- Konnerup, D. dan Brix, H. 2010. Nitrogen Nutrition of *Canna indica*: Effects of Ammonium versus Nitrate on Growth, Biomass Allocation, Photosynthesis, Nitrate Reductase Activity, and N Uptake Rates. *Aquatic Botany Journal*. 142-148. www.elsevier.com/locate/aquabot
- Mangkoedihardjo, S. dan Samudro, G.. 2010. *Fitoteknologi Terapan*. Jogjakarta : Graha Ilmu
- Metcalf & Eddy.1993. *Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse*. McGraw- Hill Comp
- Nurul, E. H. dan Aditya, W.. 2010. Potensi dan Pengaruh Tanaman pada Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Sistem Constructed Wetland. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan Vol.2 No.2 Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Surabaya*
- Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah No 5 Tahun 2012 tentang Perubahan atas Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 10 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Limbah
- Pratama, F. A.. 2010. *Permodelan Adsorpsi Kromium Limbah Cair Laboratorium Kimia dengan Sistem SSF-Wetlands Menggunakan Tanaman Siprus (Cyperus papyrus, L.)*. Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro, Semarang