



EFISIENSI PENYISIHAN BOD DAN PHOSPAT PADA AIR LIMBAH PENCUCIAN PAKAIAN (LAUNDRY) DENGAN MENGGUNAKAN FITOREMEDIASI TANAMAN KAYU APU (*Pistia stratiotes L.*)

Auliya Fairus Ramadhan^{*)}, Endro Sutrisno^{**)}, Sri Sumiyati^{**)}

Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Soedarto, SH Tembalang, Semarang, Indonesia 50275
E-mail: auliafairus@gmail.com

Abstrak

Tindakan manusia dalam pemenuhan kegiatan sehari-hari, secara tidak sengaja telah menambah jumlah bahan organik dan anorganik pada perairan sehingga dapat mencemari air. Misalnya, pembuangan detergen ke perairan dapat berakibat buruk terhadap organisme yang ada di perairan. Salah satu penyebabnya yaitu industri kecil laundry merupakan salah satu industri yang paling cepat berkembang. Industri kecil laundry biasanya membuang limbah langsung ke badan air. Hal ini dapat menyebabkan akumulasi zat pencemar yang ada di dalam limbah tersebut dalam hal ini BOD dan Phospat. BOD dapat menyebabkan meningkatnya kebutuhan oksigen bagi mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik sementara phospat akan mengakibatkan terjadinya eutrofikasi. Dalam mengurangi dampak tersebut perlu dilakukan suatu metode pengolahan limbah yang murah dan efisien. Pada penelitian kali ini digunakan metode fitoremediasi untuk mengurangi limbah menggunakan kayu apu (*Pistia Stratiotes L.*). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan panjang akar dan jumlah tanaman untuk mereduksi kandungan BOD dan Phospat pada limbah. Penelitian ini berlangsung selama 14 hari menggunakan aliran limbah secara kontinyu dengan debit 7,5 ml/l. Tanaman yang digunakan terbagi atas 6 reaktor A, B, C, D, E, dan F. Dengan perlakuan Reaktor G sebagai kontrol, Reaktor A, B, dan C memiliki panjang akar kurang dari 10 cm, reaktor D, E, dan F lebih dari 10 cm. Jumlah tanaman yang digunakan yaitu reaktor A dan D 8 tanaman, B dan E 12 tanaman, serta C dan F 16 tanaman. Hasil pada penelitian kali ini menunjukkan bahwa panjang akar dan jumlah tanaman mempengaruhi hasil dari pengolahan limbah laundry menggunakan proses fitoremediasi kayu apu (*Pistia Stratiotes L.*). Hasil paling optimum ditunjukkan oleh reaktor F dengan panjang akar lebih dari 10 cm dengan 16 jumlah tanaman pada hari ke-10 dengan efisiensi sebesar 75,36% BOD dan Phospat sebesar 86,10% pada hari ke-12. Hingga hari ke-14 tanaman kayu apu (*Pistia Stratiotes L.*) masih dapat bertahan hidup akan tetapi banyak yang kondisinya sudah tidak memungkinkan dan terjadi banyak kerontokan pada akar dan kelopak daun.

Kata kunci: Fitoremediasi, limbah laundry, kayu apu, BOD, phospat

Abstract

[Efficiency BOD and Phospat Elimination on Laundry Wastewater Using Water Lettuce Phytoremediation]. The development of a region can cause damage to the environment. Small industry like laundry as a rapidly progressing business generates wastewater every day and discharges it directly to the stream. The effect of this behavior is the accumulation of contaminants, for example BOD and phosphate, in water. Excessive amount of BOD and phosphate in water leads to not only water pollution but also air pollution (odor). In order to decrease these bad impacts, an effective and low-cost treatment process for laundry wastewater is needed. This study investigated the removal efficiency of BOD and phosphate from laundry wastewater using water lettuce (*Pistia stratiotes L.*) for phytoremediation. It also analyzed the influence of water lettuce's root length and its quantity on the removal of BOD and phosphate. This study was conducted in laboratory scale for 14 days using 6 water lettuce plant reactors/main reactors (reactor A, B, C, D, E, and F) and 1 control reactor (reactor G). Reactor A, B, and C contained water lettuce with less than 10 cm root length,



while reactor D, E, and F contained water lettuce with more than 10 cm root length. As previously mentioned, the influence of the number of water lettuce on removal efficiency is also observed in this study, so each reactor must have different number of plants within it. Reactor A and D contained 8 plants, reactor B and E contained 12 plants, and reactor C and F contained 16 plants. The results showed that root length and quantity of water lettuce influenced the removal efficiency of BOD and phosphate. Reactor F showed the optimum result for BOD removal, 75,36%, on the 10th day of experiment. As for phosphate removal, reactor F also showed the highest performance (86,10% phosphate removed), on the 12th day of experiment.

Keywords: Phytoremediation, laundry wastewater, water lettuce, BOD, phospat

1. Pendahuluan

Manusia dan makhluk hidup lainnya memerlukan air untuk menunjang kebutuhan hidupnya. Untuk mengatasi hal tersebut manusia dan makhluk hidup lainnya membutuhkan air yang layak dan bersih. Sumber air yang layak tersebut dapat berasal dari curah hujan, air tanah, sungai, waduk, danau dan es di kutub utara dan selatan. Menurut Effendi (2003), air yang dapat digunakan bagi konsumsi manusia jika ditinjau dari segi kualitasnya adalah sebesar 0,003% dari seluruh air yang ada. Padahal untuk menunjang kehidupannya manusia membutuhkan banyak sekali air yang layak untuk digunakan, tentu saja hal tersebut berbanding terbalik apabila mengetahui pencemaran yang ada di badan air yang di akibatkan oleh penggunaan air dari sektor rumah tangga, pertanian, perikanan, dan industri.

Saat ini banyak muncul industri kecil pencucian pakaian atau *laundry* di daerah-daerah yang memiliki tingkat kesibukan yang tinggi. Pertumbuhan tersebut tentu memiliki efek positif maupun negatif bagi masyarakat dan lingkungan. Salah satu dampak yang diakibatkan oleh hal tersebut yaitu industri tersebut membuang limbahnya langsung ke badan air. Berkaitan dengan hal tersebut serta kebutuhan sumber air tawar bagi kehidupan manusia, di Indonesia, pencemaran air tawar disebabkan oleh limbah domestik yang bersifat cair, 35 % mengandung bahan yang dapat dapat menyebabkan pencemaran lingkungan

karena dalam limbah tersebut mengandung bahan pencemar antara lain yaitu fosfat yang tinggi yang berasal dari detergen yang digunakan dalam proses pencucian pakaian (Sitorus, 1997).

Untuk menanggulangi pencemaran yang terjadi akibat dari limbah yang dihasilkan oleh industry *laundry*, maka pengolahan air limbah merupakan hal yang diperlukan. Metode pengolahan tersebut dapat berupa metode pengolahan secara fisika, kimia dan biologi. Dari ketiga metode tersebut yang dinilai paling efisien dalam menurunkan zat organik dalam air limbah dengan biaya relative murah adalah metode pengolahan biologis (Momon dan Meilani, 1997) dari beberapa metode pengolahan biologis, penggunaan tumbuhan air merupakan metode yang dipilih karena Tumbuhan air dapat memberikan tambahan oksigen dan menyerap zat pencemar secara langsung. Pengolahan limbah dengan menggunakan tumbuhan air memiliki beberapa kelebihan yaitu ramah lingkungan, dapat dikendalikan, serta mudah diaplikasikan. Salah satu pengolahan limbah yang sesuai adalah pengolahan limbah secara biologi yaitu menggunakan aktivitas mikroorganisme ataupun tumbuhan autotrof untuk mengabsorpsi bahan pencemar (Gower, 1980). Pada penelitian ini digunakan tanaman mengambang yaitu Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*).

Pada umumnya tumbuhan akan menyerap unsur-unsur hara yang larut dalam air dan dari tanah melalui akar-akarnya.

Semua tumbuhan mempunyai kemampuan menyerap yang memungkinkan pergerakan ion menembus membran sel, mulai dari unsur yang berlimpah sampai dengan unsur yang sangat kecil dibutuhkan tanaman dan ternyata dapat diakumulasi oleh tanaman (Wolverton dan Mcknown, 1975). Pada dasarnya semua tumbuhan air mempunyai potensi sebagai pengolahan limbah. Efektifitas dari masing-masing tumbuhan tergantung pada karakteristik air limbah yang diolah serta faktor lingkungan yang menjadi syarat tumbuhnya tanaman tersebut.

Penelitian ini dilakukan dengan skala laboratorium untuk mengetahui kemampuan akar dan jumlah tanaman dari kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) dalam mengolah limbah *laundry* terutama untuk menurunkan konsentrasi BOD dan Phospat yang dihasilkan oleh limbah *laundry*. (Kurniawan et al. 2010). Efektifitas dari masing-masing tumbuhan tergantung pada karakteristik air limbah yang diolah serta faktor lingkungan yang menjadi syarat tumbuhnya tanaman tersebut. Untuk itu perlu diketahui kemampuan dari tanaman tersebut dalam menurunkan toksisitas air limbah di perairan yang masih harus terus dikembangkan, untuk mencari sistem pengolahan air limbah yang aman bagi lingkungan dan mudah di dapat dari lingkungan sekitar kita.

2. Metode Penelitian

2.1 Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah *laundry* yang diperoleh dari laundry "X" Tembalang, tanaman kayu apu sebagai media fitoremediasi, buffer phospat, magnesium sulfat, kalsium klorida, feri klorida, kalium iodida, $MnSO_4$, thiosulfat, dan kanji untuk menganalisis kandungan BOD, asam sulfat, kalium antimoniltartrat, ammonium molibdat, dan asam askorbat untuk menganalisis kandungan phospat, serta nutrisi

hidroponik sebagai sumber nutrisi tanaman air. Sedangkan alat-alat yang digunakan adalah reaktor fitoremediasi untuk mengolah air limbah *laundry*, spektrofotometer untuk menganalisis kandungan phospat, serta BOD inkubator dan alat titrasi untuk menganalisis kandungan BOD. Reaktor fitoremediasi yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1 berikut.



Gambar 1. Reaktor Fitoremediasi Kayu Apu

Reaktor tersebut terdiri dari masing-masing variasi dari panjang akar dan jumlah tanaman. Terdiri dari reaktor A, B, C, D, E, F dan G. Reaktor A-C memiliki panjang akar kurang dari 10 cm sedangkan Reaktor D-F memiliki panjang akar lebih dari 10 cm. Sedangkan untuk Jumlah tanaman pada masing masing reaktor terdiri dari 8, 12 dan 16 tanaman dengan reaktor A dan D memiliki jumlah tanaman sebesar 8 lalu reaktor B dan E memiliki jumlah tanaman sebesar 12 tanaman. Reaktor C dan F berisi jumlah sebanyak 16 tanaman. Sedangkan G tidak berisi apa-apa hanya dialirkan limbah *laundry* sebagai control.

2.2 Aklimatisasi

Tahap aklimatisasi ini dilakukan sebagai upaya penyesuaian fisiologis (suhu, pH, dan kadar oksigen) dari tanaman kayu apu terhadap lingkungan baru yang akan dimasukinya, yaitu air limbah *laundry*.



Aklimatisasi dilakukan dengan mencampurkan air limbah dengan akuades, kemudian dimasukkan ke dalam reaktor fitoremediasi yang berisi tanaman kayu apu, dan ditambahkan nutrisi hidroponik. Tahap ini dilakukan selama tiga hari. Setelah diaklimatisasi, tanaman kayu apu ini akan digunakan pada proses fitoremediasi.

2.3 Fitoremediasi

Tahap fitoremediasi dengan menggunakan tanaman kayu apu ini dilakukan untuk menurunkan kandungan BOD dan fosfat dalam air limbah *laundry*. Air limbah tersebut dialirkan ke dalam reaktor fitoremediasi dengan waktu tinggal 24 jam. Pengambilan sampel hasil pengolahan air limbah untuk kemudian dianalisis kandungan BOD dan fosfat dilakukan sebanyak satu kali dalam dua hari. Selain pengambilan sampel untuk dianalisis, dilakukan juga pengukuran pertumbuhan tanaman kayu apu. Penelitian ini dilaksanakan selama 14 hari.

2.4 Analisa

2.4.1 Kandungan BOD

Uji kandungan BOD dilakukan berdasarkan SNI 6989.72 tahun 2009 tentang Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (*Biochemical Oxygen Demand/BOD*).

2.4.2 Kandungan Fosfat

Uji kandungan fosfat dilakukan berdasarkan SNI 06-2483-1991 tentang Metode pengujian kadar ortofosfat dan fosfat total dengan alat spektrofotometer secara asam askorbat.

2.4.3 Analisa Statistik (*One-Way Anova*)

Analisa statistik *one-way anova* dilakukan untuk menguji perbedaan tiga kelompok atau lebih berdasarkan satu variabel independen. Pada penelitian ini,

analisa ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan rata-rata antara kelompok data konsentrasi BOD dan Fosfat, pengaruhnya terhadap panjang akar dan jumlah tanaman. Pengujian statistik ini menggunakan SPSS, data tersebut diolah dengan melihat rata-rata perhitungan dari kandungan BOD dan Fosfat dengan standar deviasi yang dihasilkan. Setelah itu, melihat hasil uji homogenitas dengan *levene statistic* dengan sig dapat diterima atau variansi dari uji tersebut dengan nilai sig ($>0,05$) sehingga uji anova menggunakan uji F bisa dilakukan. Jika hasil uji F pada anova itu menunjukkan bahwa nilai sig ($<0,05$) berarti bahwa ada perbedaan dari variansi pada konsentrasi menurut jumlah tanaman dan panjang akar pada rata-rata konsentrasi BOD dan Fosfat

3. Pembahasan

3.1 Aklimatisasi

Aklimatisasi bertujuan untuk mendapatkan hasil yang optimal terhadap penyerapan zat organik yang dilakukan oleh akar tanaman. Aklimatisasi dilakukan dengan menempatkan kayu apu pada reaktor dengan variabel yang telah ditentukan dan telah berisi limbah *laundry* dengan waktu pelaksanaan selama 4 hari sebelum penelitian berlangsung dan mulai dialirkan kontinyu.

Pada hari kedua aklimatisasi warna dari kelopak daun belum mengalami perubahan akan tetapi kelopak daun lebih layu daripada awal aklimatisasi sedangkan akarnya masih tetap normal mengarah kebawah. Setelah aklimatisasi berlangsung selama 3 hari kelopak bunga pada reactor A-F mengalami perubahan warna rata-rata 2 kelopak daun di setiap tumbuhan menguning dan jumlah tanaman yang paling banyak menguning

yaitu pada reactor A dan yang paling sedikit mengalami perubahan yaitu pada reactor F. Hal ini terjadi karena pengaruh jumlah tanaman dan panjang akar yang menyebabkan perbedaan kondisi dari setiap reactor tersebut.

3.2 Fitoremediasi

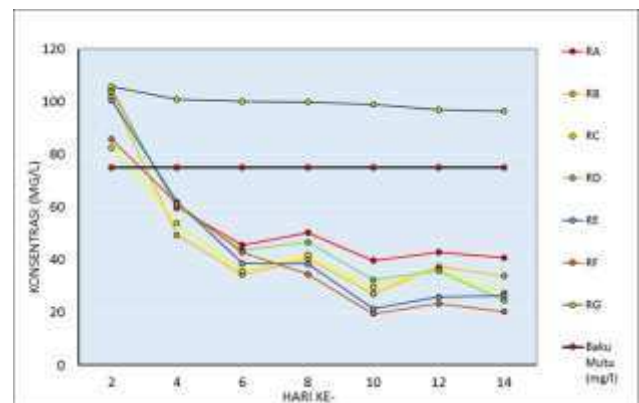
Proses fitoremediasi bermula dari akar tumbuhan yang menyerap bahan polutan yang terkandung dalam air. Kemudian melalui proses transportasi tumbuhan, air yang mengandung bahan polutan dialirkan ke seluruh tubuh tumbuhan, sehingga air yang menjadi bersih dari polutan. Tumbuhan ini dapat berperan langsung atau tidak langsung dalam proses remediasi lingkungan yang tercemar. Tumbuhan yang tumbuh di lokasi yang tercemar belum tentu berperan aktif dalam penyisihan kontaminan, kemungkinan tumbuhan tersebut berperan secara tidak langsung. Tahap Kedua setelah aklimatisasi yaitu masuk ke penelitian inti dari fitoremediasi dengan mengalirkan limbah *laundry* secara kontinyu dengan debit 7.5 ml/menit, proses ini berlangsung selama 14 hari. Air limbah *laundry* yang ada di bak penampung bawah dialirkan menggunakan pompa serta dihubungkan dengan pipa setinggi 173 cm. bak penampung ini menggunakan system resirkulasi yaitu air limbah yang berlebih akan dialirkan lagi ke bak penampung yang ada di bawah dengan tujuan untuk menjaga ketinggian air pada bak penampung atas sehingga limbah dapat dialirkan dengan cara gravitasi dari bak penampung atas ke reactor A-G. Pengisian limbah kedalam bak penampung dilakukan dengan rentan waktu 2 hari sekali. Limbah yang diambil dari sumber dimasukan kedalam bak penampung kemudian diencerkan sebanyak 4 kali. Pengenceran limbah

laundry sebanyak 4 kali dilakukan agar umur tanaman lebih dari 7 hari menurut penelitian terdahulu (Hermawati, 2005).

3.3 BOD

Konsentrasi BOD limbah *laundry* tanpa perlakuan apapun pada reactor G selama 14 hari masih tetap di atas baku mutu. Konsentrasi tersebut berkisar antara 94,37 mg/l – 105,84 mg/l. Nilai tersebut masih lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi pada reactor A sampai dengan reactor F selama 14 hari. Hasil analisis konsentrasi BOD pada proses fitoremediasi dapat dilihat lebih jelas pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil Analisis Konsentrasi BOD



Gambar 2. Grafik Hasil Analisis Konsentrasi BOD

Berdasarkan gambar 4.3 di atas dapat diketahui apabila variasi jumlah tanaman dan panjang akar akan semakin baik penurunannya apabila jumlah tanaman semakin banyak dan akar yang semakin panjang. Hal ini ditunjukkan pada grafik reaktor F yang mengalami konsentrasi paling rendah pada hari ke 8 sampai dengan hari ke 14 dengan konsentrasi 19,57-34,54 mg/l. Sementara hari ke 4 dan hari ke 6 penurunan paling besar terjadi pada reaktor B dengan konsentrasi paling rendah yaitu 49,40 mg/l dan 34,43 mg/l. Sedangkan hari ke 2 penurunan konsentrasi BOD paling tinggi terjadi pada reaktor C dengan

konsentrasi paling rendah pada hari kedua sebesar 82,43 mg/l.

Dalam penurunan konsentrasi BOD yang terjadi pada proses fitoremediasi tentu akan

Reaktor	*BM (mg/l)	konsentrasi BOD (mg/L) per hari						
		2	4	6	8	10	12	14
RA	75	104.38	59.75	45.59	50.32	39.73	42.87	40.81
RB	75	101.99	49.40	34.43	40.44	27.04	37.48	33.84
RC	75	82.53	53.82	35.64	41.85	29.49	36.30	27.37
RD	75	103.73	60.31	43.51	46.66	32.39	35.76	24.60
RE	75	100.49	61.95	38.61	38.42	21.35	25.89	26.35
RF	75	85.69	61.35	42.87	34.54	19.57	23.36	20.34
Kontrol	75	105.84	100.94	100.18	99.95	98.89	96.88	96.37

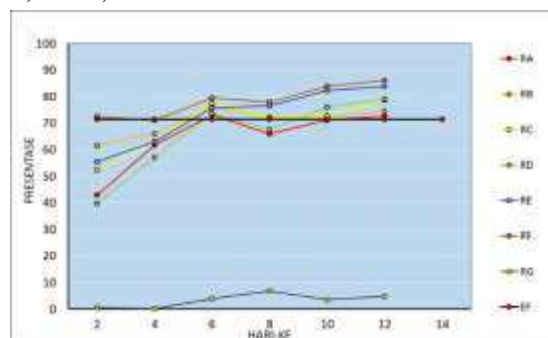
ada factor-faktor yang mempengaruhi. Diantara beberapa factor yang mempengaruhi, variasi jumlah tanaman dan panjang akar dari 6 reaktor akan berbeda beda. Kehidupan tanaman dalam air tergantung dari kemampuan air untuk mempertahankan konsentrasi O₂ minimal yang dibutuhkan untuk kehidupan. Waktu pengambilan data juga mempengaruhi kadar oksigen terlarut, dimana pengambilan data dilakukan pada siang hari. Menurut Connell dan Miller dalam Hermawati et al. (2005), bahwa kadar oksigen terlarut mencapai maksimum pada siang hari dan petang hari serta menurun terus sampai menjelang fajar. Kandungan oksigen terlarut maksimum pada siang hari karena pada saat itu tanaman aktif melakukan fotosintesis sehingga banyak dihasilkan oksigen. Angka BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan (mengoksidasikan) hampir semua zat organik yang terlarut dan sebagian zat-zat organik yang tersuspensi dalam air. Dari analisis konsentrasi tersebut maka kita dapat menghitung efisiensi yang didapat.

Tabel 2. Efisiensi Penyisihan BOD pada Proses Fitoremediasi

Reaktor	efisiensi BOD %						
	2	4	6	8	10	12	14
RA	4.68	41.88	53.67	49.73	58.55	55.94	57.66
RB	6.68	50.50	62.98	57.97	69.13	60.44	63.47
RC	22.89	46.82	61.97	56.79	67.09	61.42	68.86
RD	5.22	41.41	55.41	52.78	64.67	61.87	71.16
RE	7.92	40.04	59.49	59.65	73.88	70.09	69.71

RF	20.26	40.54	55.94	62.88	75.36	72.20	74.71
RG	3.46	7.55	8.19	8.37	9.26	10.93	11.36

Efisiensi penurunan Nilai konsentrasi BOD paling tinggi terjadi pada reaktor F di hari ke 10 yaitu 75,36% ini memperlihatkan bahwa panjang akar dan jumlah tanaman mempengaruhi hasil dari efisiensi yang terjadi selama penelitian. Pada reaktor A yang memiliki variasi jumlah tanaman yang paling sedikit dengan panjang akar kurang dari 10 cm efisiensi paling besar yaitu pada hari ke 10 dengan presentase sebesar 58,55%. Sementara itu reaktor control tanpa perlakuan yaitu reaktor G memiliki presentase berkisar antara 3,46-11,36%.



Gambar 3. Grafik Efisiensi Penyisihan BOD pada Proses Fitoremediasi

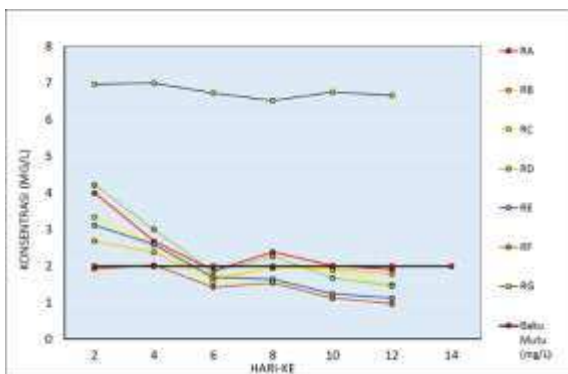
3.4 Phospat

Dapat diketahui apabila variasi jumlah tanaman dan panjang akar akan semakin baik penurunannya apabila jumlah tanaman semakin banyak dan akar yang semakin panjang. Ini sesuai dengan Hal ini ditunjukkan pada grafik reaktor F (hijau) yang mengalami konsentrasi paling rendah pada hari ke-2 sampai dengan hari ke-12 dengan konsentrasi paling tinggi sebesar 2.02 mg/l masih belum memenuhi baku mutu dan paling rendah yaitu 0.97 mg/l. Sementara konsentrasi yang paling tinggi dari semua reaktor proses fitoremediasi yaitu reaktor D (kuning) pada hari ke-2 dan 4 dengan konsentrasi sebesar 3,9 mg/l dan 2,67 mg/l, sedangkan untuk hari ke-6 sampai hari ke-12 maka konsentrasi paling tinggi ada pada reaktor A (biru muda). Dari beberapa

konsentrasi selama 14 hari tersebut tidak semua konsentrasi setelah pengolahan yang dapat di reduksi hingga dibawah baku mutu. Pada hari ke-2 hanya reaktor F (hijau) yang berhasil mereduksi limbah hingga dibawah baku mutu sebesar 1,92 mg/l. Selanjutnya untuk hari ke-4 konsentrasi dari semua reaktor masih di atas baku mutu. Sedangkan untuk hari ke-6 dan 12 semua reaktor berhasil mereduksi konsentrasi limbah hingga dibawah baku mutu.

Tabel 3. Hasil Analisis Konsentrasi Phospat

Reaktor	efisiensi Phospat %						
	2	4	6	8	10	12	14
RA	42.95	61.79	73.18	65.99	71.24	72.68	-
RB	61.65	66.11	76.28	72.16	72.44	74.44	-
RC	52.30	63.09	77.48	72.22	72.91	78.88	-
RD	39.84	57.09	73.66	67.64	76.03	79.11	-
RE	55.51	63.09	75.79	76.51	82.26	83.90	-
RF	72.44	71.14	79.59	77.95	83.94	86.10	-
RG	0.57	0.19	3.88	6.81	3.62	4.84	-



Gambar 4. Grafik Hasil Analisis Konsentrasi Phospat

Fitoremediasi fosfat dengan menggunakan tumbuhan kayu apu dapat menyerap fosfat (sebagai P total) dalam limbah laundry dalam jumlah yang cukup banyak. Pada proses fitoremediasi yang memegang peranan penting untuk mengurangi atau menyerap kandungan polutan di air limbah adalah akar. Tumbuhan dapat menyerap kontaminan sedalam atau sejauh

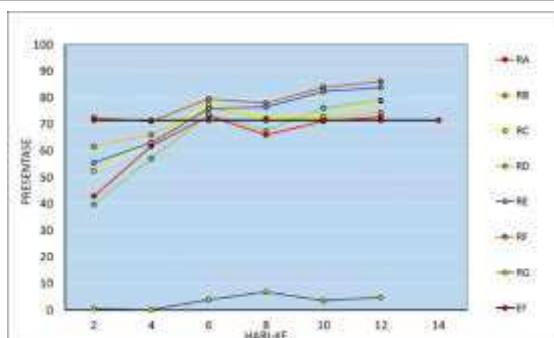
akar tanaman dapat tumbuh mempunyai akar yang banyak dan panjang sehingga luas permukaan kontak antara air limbah dan akar semakin besar (Rock, 1997).

Dari pembahasan sebelumnya mengenai data hasil uji dari parameter BOD reaktor F adalah reaktor yang paling efisien dalam menurunkan nilai BOD. Selain itu parameter phospat juga dihitung untuk mengetahui efisiensi yang dihasilkan oleh masing-masing reaktor dari hari ke-2 sampai dengan hari ke-14 hasil efisiensi tersebut tertuang dalam tabel dan gambar berikut ini :

Tabel 4. Efisiensi Penyisihan Phospat pada Proses Fitoremediasi

Reaktor	*BM (mg/L)	Konsentrasi Phospat per hari (mg/l)						
		2	4	6	8	10	12	14
RA	2	3.99	2.67	1.87	2.38	2.01	1.91	-
RB	2	2.68	2.37	1.66	1.94	1.92	1.78	-
RC	2	3.33	2.58	1.57	1.94	1.89	1.47	-
RD	2	4.21	3.03	1.84	2.26	1.67	1.44	-
RE	2	3.11	2.58	1.69	1.64	1.24	1.12	-
RF	2	1.92	2.02	1.42	1.54	1.12	0.97	-
RG	2	6.99	6.98	6.72	6.52	6.74	6.66	-

Dari tabel dan grafik di atas dapat dilihat bahwa efisiensi penurunan Nilai konsentrasi phospat paling tinggi terjadi pada reaktor F di hari ke 12 yaitu sebesar 86,10% ini memperlihatkan bahwa panjang akar dan jumlah tanaman juga mempengaruhi hasil dari efisiensi yang terjadi selama penelitian. Selain itu, pada reaktor A yang memiliki variasi jumlah tanaman yang paling sedikit dengan panjang akar kurang dari 10 cm efisiensi paling besar yaitu pada hari ke 6 dengan presentase sebesar 73,18 %. Sementara itu reaktor control tanpa perlakuan yaitu reaktor G memiliki presentase berkisar antara 0,57-6,81%.



Gambar 5. Grafik Efisiensi Penyisihan Phospat pada Proses Fitoremediasi

3.5 Kondisi Tanaman Selama Penelitian

Kemampuan tanaman kayu apu untuk tumbuh di dalam air sangat bervariasi tergantung dari kandungan unsur hara yang terkandung di dalamnya. Setelah dipergunakan sebagai pengolah limbah cair domestik kondisi tanaman sebagian kecil ada yang mati dan rusak. Hal ini diduga berhubungan dengan proses adaptasi *Pistia stratiotes L.* dengan lingkungan tumbuh yang baru dengan kandungan hara dan zat kimia yang berbeda dengan lingkungan asalnya (Priyono, 2007) Pada hari pertama sampai kedua terlihat bahwa akar dari semua tanaman yang ada didalam reaktor masih normal turun mengarah kebawah untuk kontak langsung dengan limbah *laundry*. Kondisi kelopak daun dari semua tanaman juga masih normal. Hanya pada reaktor E dan F memiliki masing-masing kerontokan satu kelopak daun pada 2 tanaman di masing-masing reaktor. Sedangkan kondisi reaktor kondisinya masih bening bersih hanya limbah *laundry* yang menyebabkan reaktor terlihat keruh.

Namun, pada hari ke-2 ini reaktor B mulai mengalami kerontokan pada akarnya. Sedangkan kelopak daun pada reaktor E ada yang rontok untuk 1 tanaman. Ada beberapa reaktor akarnya mulai naik keatas permukaan air dan terdapat gelembung-gelembung udara yang menempel pada tanaman. Serta di akar tanaman tanaman pada reaktor A-F diselubungi oleh semacam lendir yang menempel pada

akar tanaman-tanaman tersebut seperti menyerupai lapisan-lapisan.

Pelepasan oksigen oleh akar tumbuhan lahan rawa menyebabkan air atau tanah di sekitar rambut akar memiliki kadar oksigen yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan air atau tanah yang tidak ditumbuhi tumbuhan air dalam suatu lahan rawa, sehingga memungkinkan mikroorganisme pengurai seperti bakteri aerob dapat hidup. Diperkirakan oksigen yang dilepas oleh akar tumbuhan air di lahan rawa dalam satu hari berkisar antara 5 hingga 45 mg untuk setiap satu meter persegi luas akar (Reed et al., 1987). Hal tersebut yang menyebabkan akar pada reaktor dapat naik keatas permukaan air.

Pada hari ke-7 tanaman pada reaktor C dan D mulai terkena penyakit yang ditandai dengan bercak-bercak pada kelopak daun di masing-masing reaktor. Reaktor E menjadi reaktor yang paling sering mengalami kerontokan pada akar dan terkena penyakit, namun ada 2 tanaman pada reaktor ini yang berkembang biak dengan munculnya tanaman baru dengan stolon yang menempel pada induk tanaman yang terkena penyakit.



Gambar 6. Bercak yang terjadi di reaktor A (a) dan koloid yang menempel pada akar di reaktor F (b)

Di hari-hari terakhir yaitu hari ke 10 sampai hari ke 14 kondisi tanaman tidak banyak menunjukkan perubahan. Pada reaktor

B 4 tanaman terkena penyakit, reaktor C 2 tanaman, reaktor F 4 tanaman. Warna reaktor lebih hijau daari sebelumnya karena lumut yang tumbuh pada semua reaktor. perubahan pada kondisi fisik tanaman setelah digunakan dalam proses pengolahan seperti pada daun yang berwarna kekuningan dan juga kondisi akar yang menggumpal dan kotor dapat diakibatkan oleh beban polutan yang tinggi sehingga menurunkan kualitas dan kuantitas klorofil, sehingga menyebabkan daun berubah warna. Dalam kondisi seperti lingkungan yang tercemar limbah detergen, Hermawati et al. (2005) mengemukakan bahwa limbah detergen dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman karena limbah detergen merupakan racun pada tanaman jika dalam jumlah yang banyak, Limbah detergen selain mengandung unsur-unsur esensial (C, H, O, N, P, K, S, Ca, Mg dan Fe) juga mengandung unsur non esensial (Na, Si, Co dan Se). Limbah cair industri *laundry* yang semakin pekat akan meningkatkan jumlah unsur non esensial yang beracun dan dapat menyebabkan gangguan atau keracunan tanaman.



Gambar 7. Tanaman pada reactor F pada hari pertama (a) dan setelah proses fitoremediasi selama 14 hari (b)

Pada pengamatan morfologi akar diketahui bahwa akar kedua tumbuhan ini berwarna kemerahan dan beberapa tumbuhan muncul tunas baru, ini disebabkan oleh berkurangnya zat hara dalam air limbah dan terserapnya zat

toksik oleh tumbuhan. Haslam (1997) mengatakan bahwa perubahan warna daun menjadi kekuningan pada beberapa spesies dapat disebabkan oleh pencemaran bahan organik, tumbuhnya akar dan tunas baru sebagai cara tumbuhan ini untuk tetap bertahan hidup. Pada hari ke-14 (akhir perlakuan) kebanyakan seluruh daun kayu apu semakin hijau dan semakin kuning bahkan ada beberapa tumbuhan yang hampir mati. Akar tumbuhan kayu apu menjadi berwarna merah kecoklatan dan beberapa serabut akar rontok. Lebih banyak bagian yang terkena penyakit dari pada bagian yang sehat walaupun terlihat lebih keras dan tidak layu. Penyebabnya adalah keberadaan zat hara dalam air limbah yang semakin berkurang.

3.6 Faktor lain yang mempengaruhi

pH dan suhu merupakan parameter penting yang mempengaruhi pertumbuhan dan kinerja mikroorganisme (Gregory, 2006). Suhu merupakan salah satu faktor yang penting dalam penanganan limbah. Pada suhu yang tinggi oksidasi bahan organik lebih besar. Pada pengukuran suhu awal sebelum perlakuan fitoremediasi suhu limbah cair laundry yaitu hampir selalu lebih tinggi dibandingkan dengan suhu pada reaktor pengolahan itu terlihat dari reaktor G sebagai reaktor kontrol tanpa adanya perlakuan, suhu yang lebih rendah itu hanya terjadi pada hari pertama dengan suhu sebesar 29,4 °C. Selanjutnya suhu dari setiap reaktor berkisar antara 25-29 °C. Penurunan suhu dipengaruhi bentuk morfologi kayu apu yang tidak seluruhnya menutupi permukaan media, sehingga oksigen bebas dapat berdifusi dengan media. Difusi oksigen bebas ke dalam media dapat menyebabkan turunnya suhu air limbah.

Selain suhu factor lain yang mempengaruhi adalah pH, pH penting dalam fitoremediasi karena berpengaruh pada kelarutan unsur hara yang menyebabkan adanya pertumbuhan bagi tanaman. Ditinjau dari kondisi pH karakteristik awal limbah yaitu 9,43 dan reaktor G sebagai control berkisar antara 8,3-9 maka kondisi



tersebut merupakan kondisi pH yang kurang baik bagi tersedianya unsur P. Menurut Foth dalam Hermawati et al (2005), kondisi pH yang baik untuk penyerapan fosfat oleh tanaman antara 6-7. Di bawah atau di atas angka tersebut maka penyerapan unsur P akan terganggu. Dengan adanya perlakuan fitoremediasi menggunakan Kayu apu dapat menurunkan pH menjadi berkisar antara 7,3-8,3 pada akhir perlakuan, hal ini baik untuk penyerapan fosfat dan masih dalam kisaran pH untuk pertumbuhan kayu apu. Akan tetapi pada penurunan pH tidak terlalu jauh maka akan membuat penyerapan fosfat tidak maksimal.

3.7 One Way Anova

Dari analisis menggunakan SPSS dapat diketahui apabila hasil analisis secara statistik juga menunjukkan bahwa panjang akar dan jumlah tanaman cukup berpengaruh atau memiliki perbedaan terhadap konsentrasi BOD dan Fosfat antar variasi. Selain itu, dari analisis *one way anova* juga didapatkan nilai sig A. sebesar 0,000 atau $< 0,05$ sehingga dapat dikatakan bahwa panjang akar dan jumlah tanaman cukup signifikan terhadap konsentrasi BOD dan Fosfat dalam pengolahan limbah *laundry* menggunakan tanaman kayu apu. Adapun untuk parameter fosfat dapat terlihat di dalam tabel berikut ini.

4. Kesimpulan

Parameter BOD dan fosfat setelah melewati proses fitoremediasi menunjukkan bahwa panjang akar dan jumlah tanaman mempengaruhi hasil dari rendahnya konsentrasi BOD dan Fosfat. Dapat dilihat dari perbandingan pada panjang akar dan jumlah tanaman maka semakin panjang dan semakin banyak jumlah tanaman maka konsentrasi setelah pengolahan akan semakin

kecil. Dapat dilihat dari nilai konsentrasi BOD dan Fosfat dari hari ke-2 sampai hari ke-14, dari semua reaktor paling rendah yaitu reaktor F dengan konsentrasi BOD sebesar 19,57 mg/l pada hari ke 10 sedangkan fosfat sebesar 0,97 mg/l pada hari ke 12.

Penggunaan tanaman kayu apu dalam pengolahan limbah *laundry* secara fitoremediasi sudah efisien dalam menurunkan konsentrasi dari parameter BOD dan Fosfat. Hal tersebut dapat dilihat dari nilai efisiensi pada kedua parameter. Untuk parameter BOD hanya hari ke-2 yang nilai efisiensinya belum memenuhi baku mutu. Setelah itu efisiensi naik dan konsentrasi selaslu dibawah baku mutu. Sedangkan untuk parameter fosfat membutuhkan efisiensi hingga di hari ke 8 agar nilai konsentrasinya dibawah baku mutu, dari hari ke-8 sampai dengan hari ke-12 selalu dibawah baku mutu kecuali reactor A. efisiensi paling baik ditunjukkan oleh reactor F pada hari ke-12 dan untuk BOD efisiensi paling baik ditunjukkan oleh reactor F pada hari ke-10. Akan tetapi pengolahan dengan jangka waktu lebih dari 14 hari apabila melihat kondisi tanaman dari penelitian ini tidak memungkinkan karena tanaman terkena penyakit dan banyak dari tanaman mengalami kerontokan akar dan kelopak daun yang menguning.

5. Referensi

- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Cetakan Kelima. Yogyakarta : Kanisius.
- Gower, A. M. 1980. *Water Quality in Catchment Ecosystems*. John Willey & Sons. New York
- Gregory, Peter. 2006. *Plant Roots, Growth, Activity and Interaction with Soils*. Australia: Black Well.
- Haslam, S. M., *River Pollution, an Ecological Perspective*, Belhaven Press, London.1997
- Hermawaati, Ervina, Wiryanto, Soichatun. *Fitoremediasi Limbah Detergen Menggunakan Kayu Apu (Pistia Stratiotes*



- L.*) dan *Genjer (Limnocharis flava L.)*.
Jurnal ; 2005
- Kurniawan, M., M. Izzati, Y. Nurchayati.
2010. *Kandungan klorofil, karotenoid dan vitamin C pada beberapa spesies tumbuhan akuatik*. Buletin Anatomi dan Fisiologi
- Momon, M.H. dan L., Meilani. 1997. Tingkat pencemaran air limbah rumah tangga. *Jurnal Penelitian Pemukiman* 13 (1): 34-42.
- Priyono, Andika T. 2007. Pengaruh *PistiastratiotesL.* Dalam Peningkatan Kualitas Air. Skripsi. IPB. Bogor
- Reed, S. C., R. Bastian. dan W. Jewel., 1987. *Engineering Assessment of Aquaculture System for Wastewater Treatment*. Environmental Protection Agency. 9: 1-12.
- Rock, Steven A., (1998), *Standard Handbook of Hazardous Waste Treatment and Disposal* . second edition, McGraw-Hill, New York
- Sitorus, H. 1997. Uji hayati toksisitas detergen terhadap ikan mas (*Cyprinus carpio L.*). *Majalah Ilmiah Visi* 5 (2): 63-75.
- Wolverton, B.C. and M.M. Mcknown. 1975. *Water hyacinth for removal of phenol from polluted water*. *Journal Aquatic Botany* (10): 72721.