

FITOREMEDIASI PADA LIMBAH LAUNDRY MENGGUNAKAN TANAMAN BAMBU AIR (*Equisetum hyemale*) DENGAN SISTEM HIDROPONIK

Katarina Putu Dian Rusmala¹⁾, Ida Ayu Astarini^{1,2*)}, I Wayan Budiarsa Suyasa^{1,3)}

¹⁾Program Studi Magister Ilmu Lingkungan, Pascasarjana, Universitas Udayana, Jl. PB Sudirman, Denpasar, Bali

²⁾Program Studi Biologi, FMIPA, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Badung, Bali

³⁾Program Studi Kimia, FMIPA, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Badung, Bali

²⁾ *Email: iaastarini@unud.ac.id

ABSTRACT

PHYTOREMEDIATION OF LAUNDRY WASTE USING WATER BAMBOO PLANTS (*Equisetum hyemale*) WITH A HYDROPONIC SYSTEM

The laundry industry has grown rapidly, leading to an increase in waste production. Waste management can be achieved through water-bamboo phytoremediation. The purpose of this study was to analyze the effect of filtration time, to evaluate the effect of plant spacing, to analyze the effect of treatment on the amount of pollutant, and to analyze the effect of different treatment combinations on reducing surfactant, COD, pH, and phosphate levels. This research uses a hydroponic system with several variations in treatment, such as variations in plant spacing, variations in waste levels, and variations in contact time. This research found that contact time affects pollutant absorption. At closer plant spacings, water bamboo has a better ability to absorb waste. Plants' ability to absorb pollutants was better with less waste. The best absorption capacity was obtained from a combination of 10 cm plant spacing and 10% waste. Retention time influences the reduction in surfactant, COD, pH, and phosphate levels, with day three being the best contact time. Plant spacing affects reducing surfactant, COD, pH, and phosphate levels. A plant spacing of 10 cm is best. Differences in concentration affect the parameter values of surfactant, COD, pH levels, and phosphate; laundry waste concentration of 10% is the highest removal efficiency. Different treatment combinations affected reducing surfactant, COD, pH, and phosphate levels; the treatment combination of 10% waste concentration and 10 cm plant spacing was the best.

Keywords: COD, Phosphate, Plant Spacing

1. PENDAHULUAN

Meningkatnya jumlah penduduk, mengakibatkan peningkatan jumlah pakaian yang dibutuhkan, tentu hal ini juga berbanding lurus dengan kebutuhan akan pakaian yang bersih sehingga layak untuk digunakan. Perkembangan perekonomian yang cepat menuntut masyarakat untuk bertindak cepat juga, berbagai pilihan yang ditawarkan untuk mendapatkan pakaian bersih secara cepat salah satunya adalah laundry, hal ini menjadi peluang usaha

laundry untuk berkembang dengan cepat, karena permintaan yang juga meningkat. Meningkatnya usaha laundry mengakibatkan peningkatan limbah yang dihasilkan.

Peningkatan limbah laundry tidak beriringan dengan kesadaran untuk mengolah limbah laundry tersebut. Limbah laundry lebih banyak langsung dibuang ke saluran perairan terdekat. Limbah laundry yang tidak dikelola dengan baik tentunya akan menimbulkan masalah lingkungan. Limbah laundry mengandung surfaktan, *carboxyl methyl cellulose*, kalsium, fosfat, P, SiO_3^{2-} pemutih pakaian (Kusuma *et al.*, 2019). Industri laundry dapat menghasilkan limbah

dengan nilai COD antara 488-2847 mg/l dan padatan tersuspensi antara 38-857 mg/l namun konsentrasi tersebut bergantung pada kapasitas produksi laundry (Seo *et al.*, 2001). Surfaktan pada deterjen dapat menimbulkan busa yang akan menutupi permukaan perairan dan berdampak pada proses difusi oksigen dari udara menjadi terhambat, sehingga konsentrasi oksigen terlarut pada air menjadi berkurang dan mengganggu kehidupan ekosistem perairan, terutama pada ikan (Tanjung *et al.*, 2019). Senyawa fosfat dalam deterjen di perairan dapat menyebabkan eutrofikasi, yang menyebabkan tanaman perairan menjadi subur dan pertumbuhan alga menjadi lebih tinggi dan dapat menyebabkan *blooming* (Larasati *et al.*, 2021).

Beberapa tanaman yang termasuk ke dalam jenis tanaman hiperakumulator adalah melati air, eceng gondok, cana merah, pisang mas, *spider lily* dan bambu air (Rony Irawanto, 2020). Pada penelitian ini digunakan bambu air. Beberapa keunggulan tanaman bambu air antara lain tanaman ini dapat tumbuh dimana saja, mudah perawatannya. Tanaman bambu air memiliki batang dengan kandungan silikat yang tinggi, yang berguna untuk mengikat partikel yang terserap oleh akar tanaman (Suharto *et al.* 2011). Tanaman bambu air diuji di dalam reaktor (media tanam) dengan menggunakan variasi jumlah limbah yang berbeda-beda untuk menganalisa kemampuan tanaman bambu air dalam mereduksi limbah. Jarak tanam yang berbeda dicobakan untuk mendapatkan kerapatan bambu yang optimal dalam mereduksi limbah.

Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh waktu perlakuan filtrasi, mengevaluasi pengaruh jarak tanam, menganalisis pengaruh perlakuan jumlah limbah, menganalisis pengaruh perbedaan kombinasi perlakuan, terhadap penurunan nilai surfaktan, COD, pH dan fosfat.

2. METODOLOGI

2.1 Tempat dan waktu penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Februari – April 2023 di Canggu, Badung, Bali. Pengambilan sampel limbah cair dilakukan di laundry area Desa Canggu, Kabupaten Badung, Bali. Analisa kimia dilakukan di UPT Laboratorium Analitik, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Badung, Bali.

2.2 Metode Penelitian

Limbah *laundry* yang digunakan diambil sebanyak sembilan kali, diperoleh dari salah satu usaha *laundry* yang berada di sekitar Desa Canggu. Limbah *laundry* yang digunakan berasal dari proses pencucian pertama sehingga limbah masih pekat. Tanaman bambu air yang digunakan dalam penelitian ini diaklimatisasi selama 10 hari sebelum diberikan perlakuan limbah. Proses fitoremediasi menggunakan sistem *batch* dengan teknik penanaman hidroponik dilakukan dengan cara memberikan perlakuan limbah terhadap tanaman dengan menggunakan variasi penanaman dengan jarak 10 cm dan 15 cm serta dengan variasi limbah 10%, 20% dan 30%. Variasi limbah 10%, 20% dan 30% merupakan persentase limbah berbanding dengan 5000 ml air dalam reaktor, sehingga secara berurutan limbah yang digunakan adalah sebanyak 500 ml untuk 10%, 1000 ml untuk 20% dan 1500 ml untuk 30%. Satu reaktor berisikan empat ikat bambu air. Satu ikat bambu air berisikan 15 tanaman bambu air.

Perlakuan dilakukan selama kurun waktu 10 hari dan dilakukan pengambilan sampel dan pengukuran kadar pH, COD pada hari ke-0, ke-3, ke-6, dan ke-9. Pengukuran fosfat dan surfaktan dilakukan seminggu setelah sampel dibawa ke laboratorium.

2.2. Analisa Data

2.2.1 Penentuan Pengaruh waktu

Penentuan pengaruh waktu perlakuan filtrasi sistem tanaman bambu air terhadap penurunan kadar COD, Surfaktan, Fosfat, pH

serta kondisi akar dan batang tanaman dilakukan dengan menganalisa waktu terbaik/optimal tanaman bambu air dalam menurunkan kadar parameter yang ingin diuji.

2.2.2 Penentuan Pengaruh Jarak Tanam

Penentuan pengaruh jarak tanam bambu air terhadap penurunan kadar COD, surfaktan, fosfat, pH serta kondisi akar dan batang tanaman. Penentuan jarak tanam dengan jarak 5, 10 dan 15 cm. Penentuan ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh jarak antar tanaman dalam mereduksi limbah laundry.

2.2.3 Penentuan Pengaruh Jumlah Limbah Laundry

Penentuan pengaruh jumlah limbah laundry terhadap nilai efisiensi penurunan COD, surfaktan dan fosfat limbah laundry serta kondisi akar dan batang tanaman. Komposisi persentase ini ada 10%, 20% dan 30% dari air limbah.

2.2.4. Efisiensi penurunan COD, Surfaktan dan Fosfat

Nilai efisiensi penyisihan dapat dihitung dengan persamaan (Zakaria *et al.* 2021):

$$Efisiensi = \frac{(awal-akhir)}{awal} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

Efisiensi = efisiensi penurunan (%)

Awal = nilai konsentrasi awal (mg/l)

Akhir = nilai konsentrasi akhir (mg/l)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil

3.1.1. Pengaruh Perlakuan Terhadap Kandungan COD dari Limbah Laundry

Berdasarkan Tabel 1, semakin tinggi konsentrasi limbah yang diberikan berbanding terbalik dengan kemampuan bambu air dalam menyerap polutan, dapat terlihat dari parameter COD yang nilai penyisihannya semakin rendah seiring dengan meningkatnya konsentrasi limbah yang diberikan. Pada reaktor dengan jarak tanam 10 cm kemampuan penyisihan COD tertinggi yaitu pada reaktor RA1 dengan nilai 13,54 mg/l. Pada reaktor dengan jarak tanam 15 cm kemampuan penyisihan COD tertinggi yaitu pada reaktor RB1 dengan nilai 10,53 mg/l. RC yang merupakan reaktor tanpa tanaman menunjukkan kemampuan penyisihan COD yang lebih rendah bila dibandingkan dengan RA dan RB.

Tabel 1. Kandungan COD pada waktu perlakuan yang berbeda

Waktu Tinggal	Nilai COD (mg/l)								
	RA1	RA2	RA3	RB1	RB2	RB3	RC1	RC2	RC3
Hari ke 0	17,197	26,933	37,185	17,172	26,958	37,170	17,180	26,978	37,156
Hari ke 3	12,282	23,147	34,267	13,325	24,205	35,207	15,687	25,656	35,669
Hari ke 6	7,764	19,422	31,545	9,759	21,220	33,461	14,429	24,413	34,546
Hari ke 9	3,656	16,034	29,059	6,642	18,704	31,609	13,044	22,931	33,170

Keterangan:

RA1= reaktor dengan jarak tanam 10 cm dan jumlah air limbah 10%, RA2= reaktor dengan jarak tanam 10 cm dan jumlah air limbah 20%, RA3= reaktor dengan jarak tanam 10 cm dan jumlah air limbah 30%, RB1= reaktor dengan jarak tanam 15 cm dan jumlah air limbah 10%, RB2= reaktor dengan jarak tanam 15 cm dan jumlah air limbah 20%, RB3= reaktor dengan jarak tanam 15 cm dan jumlah air limbah 30%, RC1= reaktor tanpa tanaman dengan jumlah air limbah 10%, RC2= reaktor tanpa tanaman dengan jumlah air limbah 20%, RC3= reaktor tanpa tanaman dengan jumlah air limbah 30%.

Berdasarkan Tabel 2 nilai efisiensi penurunan kadar COD menurun seiring dengan bertambahnya konsentrasi limbah. Nilai efisiensi pada reaktor dengan jarak

tanam 10 cm hari ke 3 tertinggi yaitu pada reaktor RA1 dengan nilai 28,58% sementara yang terendah yaitu pada reaktor RA3 dengan nilai 7,85%. Pada hari ke 6 dan ke 9

reaktor RA1 mengalami peningkatan nilai efisiensi yang semakin tinggi dan mengalami puncaknya pada hari ke 9 dengan nilai efisiensi 52,91%.

Nilai efisiensi pada reaktor dengan jarak tanam 15 cm di hari ke 3 tertinggi yaitu pada reaktor RA1 dengan nilai 28,58%. Pada hari ke 6 dan ke 9 reaktor RB1 mengalami

peningkatan nilai efisiensi yang semakin tinggi dan mengalami puncaknya di hari ke 9 dengan nilai efisiensi 31,94%. Nilai efisiensi pada reaktor dengan tanpa tanaman yang merupakan kontrol, mengalami penurunan yang terendah bila dibandingkan dengan reaktor dengan jarak tanam 10 cm dan 15 cm.

Tabel 2. Nilai Efisiensi Penurunan Kadar COD

Waktu Tinggal	Nilai Efisiensi (%)								
	RA1	RA2	RA3	RB1	RB2	RB3	RC1	RC2	RC3
Hari ke 3	28.58	14.06	7.85	22.40	10.21	5.28	8.69	4.90	4.00
Hari ke 6	36.79	16.09	7.94	26.76	12.33	4.96	8.02	4.84	3.15
Hari ke 9	52.91	17.44	7.88	31.94	11.86	5.53	9.60	6.07	3.98

Keterangan:

RA1= reaktor dengan jarak tanam 10 cm dan jumlah air limbah 10%, RA2= reaktor dengan jarak tanam 10 cm dan jumlah air limbah 20%, RA3= reaktor dengan jarak tanam 10 cm dan jumlah air limbah 30%, RB1= reaktor dengan jarak tanam 15 cm dan jumlah air limbah 10%, RB2= reaktor dengan jarak tanam 15 cm dan jumlah air limbah 20%, RB3= reaktor dengan jarak tanam 15 cm dan jumlah air limbah 30%, RC1= reaktor tanpa tanaman dengan jumlah air limbah 10%, RC2= reaktor tanpa tanaman dengan jumlah air limbah 20%, RC3= reaktor tanpa tanaman dengan jumlah air limbah 30%.

3.1.2 Pengaruh Perlakuan Terhadap Kandungan Surfaktan dari Limbah Laundry

Berdasarkan Tabel 3 semakin tinggi konsentrasi limbah yang diberikan berbanding terbalik dengan kemampuan bambu air dalam menyerap limbah, hal ini ditunjukkan dari parameter surfaktan yang nilai penyisihannya semakin rendah seiring dengan meningkatnya konsentrasi limbah yang diberikan. Pada reaktor dengan jarak

tanam 10 cm kemampuan penyisihan surfaktan tertinggi yaitu pada reaktor RA1 dengan nilai 0,191 mg/l. Pada reaktor dengan jarak tanam 15 cm kemampuan penyisihan surfaktan tertinggi yaitu pada reaktor RB1 dengan nilai 0,156 mg/l. RC yang merupakan reaktor tanpa tanaman menunjukkan kemampuan penyisihan surfaktan yang lebih rendah bila dibandingkan dengan RA dan RB.

Tabel 3. Nilai Kandungan Surfaktan Terhadap Waktu

Waktu Tinggal	Nilai Kandungan Surfaktan (mg/l)								
	RA1	RA2	RA3	RB1	RB2	RB3	RC1	RC2	RC3
Hari ke 0	0,314	0,625	0,926	0,313	0,620	0,925	0,316	0,618	0,943
Hari ke 3	0,252	0,566	0,878	0,262	0,575	0,897	0,298	0,602	0,928
Hari ke 6	0,184	0,511	0,835	0,209	0,527	0,868	0,281	0,584	0,909
Hari ke 9	0,123	0,459	0,790	0,157	0,468	0,847	0,268	0,567	0,892

Keterangan:

RA1= reaktor dengan jarak tanam 10 cm dan jumlah air limbah 10%, RA2= reaktor dengan jarak tanam 10 cm dan jumlah air limbah 20%, RA3= reaktor dengan jarak tanam 10 cm dan jumlah air limbah 30%, RB1= reaktor dengan jarak tanam 15 cm dan jumlah air limbah 10%, RB2= reaktor dengan jarak tanam 15 cm dan jumlah air limbah 20%, RB3= reaktor dengan jarak tanam 15 cm dan jumlah air limbah 30%, RC1= reaktor tanpa tanaman dengan jumlah air limbah 10%, RC2= reaktor tanpa tanaman dengan jumlah air limbah 20%, RC3= reaktor tanpa tanaman dengan jumlah air limbah 30%.

Berdasarkan Tabel 4 nilai efisiensi penurunan kadar surfaktan menurun seiring dengan bertambahnya konsentrasi limbah. Nilai efisiensi pada reaktor dengan jarak tanam 10 cm hari ke 3 tertinggi yaitu pada reaktor RA1 dengan nilai 19,75% sementara yang terendah yaitu pada reaktor RA3 dengan nilai 5,18%. Pada hari ke 6 dan ke 9 reaktor RA1 mengalami peningkatan nilai efisiensi yang semakin tinggi dan mengalami puncaknya pada hari ke 9 dengan nilai efisiensi 33,15%.

Nilai Efisiensi pada reaktor dengan jarak tanam 15 cm di hari ke 3 tertinggi yaitu pada reaktor RB1 dengan nilai 16,29%. Pada hari ke 6 dan ke 9 reaktor RB1 mengalami peningkatan nilai efisiensi yang semakin tinggi dan mengalami puncaknya di hari ke 9 dengan nilai efisiensi 24,88.

Nilai efisiensi pada reaktor dengan tanpa tanaman yang merupakan kontrol, mengalami penurunan yang terendah bila dibandingkan dengan reaktor dengan jarak tanam 10 cm dan 15 cm.

Tabel 4. Nilai Efisiensi Penurunan Kadar Surfaktan

Waktu Tinggal	Nilai Efisiensi (%)								
	RA1	RA2	RA3	RB1	RB2	RB3	RC1	RC2	RC3
Hari ke 3	19.75	9.44	5.18	16.29	7.26	3.03	5.70	2.59	1.59
Hari ke 6	26.98	9.72	4.90	20.23	8.35	3.23	5.70	2.99	2.05
Hari ke 9	33.15	10.18	5.39	24.88	11.20	2.42	4.63	2.91	1.87

Keterangan:

RA1= reaktor dengan jarak tanam 10 cm dan jumlah air limbah 10%, RA2= reaktor dengan jarak tanam 10 cm dan jumlah air limbah 20%, RA3= reaktor dengan jarak tanam 10 cm dan jumlah air limbah 30%, RB1= reaktor dengan jarak tanam 15 cm dan jumlah air limbah 10%, RB2= reaktor dengan jarak tanam 15 cm dan jumlah air limbah 20%, RB3= reaktor dengan jarak tanam 15 cm dan jumlah air limbah 30%, RC1= reaktor tanpa tanaman dengan jumlah air limbah 10%, RC2= reaktor tanpa tanaman dengan jumlah air limbah 20%, RC3= reaktor tanpa tanaman dengan jumlah air limbah 30%.

3.1.3 Pengaruh Perlakuan Terhadap Kandungan Fosfat dari Limbah Laundry

Berdasarkan Tabel 5 semakin tinggi konsentrasi limbah yang diberikan berbanding terbalik dengan kemampuan bambu air dalam menyerap limbah, hal ini ditunjukkan dari parameter fosfat yang nilai penyisihannya semakin rendah seiring dengan meningkatnya konsentrasi limbah

yang diberikan. Pada reaktor dengan jarak tanam 10 cm kemampuan penyisihan fosfat tertinggi yaitu pada reaktor RA1 dengan nilai 0,281 mg/l. Pada reaktor dengan jarak tanam 15 cm kemampuan penyisihan fosfat tertinggi yaitu pada reaktor RB1 dengan nilai 0,205 mg/l. RC yang merupakan reaktor tanpa tanaman menunjukkan kemampuan penyisihan surfaktan yang lebih rendah bila dibandingkan dengan RA dan RB.

Tabel 5. Nilai Kandungan Fosfat Terhadap Waktu

Waktu Tinggal	Kandungan Fosfat (mg/l)								
	RA1	RA2	RA3	RB1	RB2	RB3	RC1	RC2	RC3
Hari ke 0	0,420	0,798	1,228	0,423	0,801	1,221	0,420	0,805	1,224
Hari ke 3	0,322	0,720	1,170	0,352	0,745	1,045	0,399	0,790	1,199
Hari ke 6	0,227	0,641	1,118	0,296	0,686	1,011	0,376	0,766	1,175
Hari ke 9	0,139	0,566	1,059	0,218	0,635	0,973	0,357	0,750	1,157

Keterangan:

RA1= reaktor dengan jarak tanam 10 cm dan jumlah air limbah 10%, RA2= reaktor dengan jarak tanam 10 cm dan jumlah air limbah 20%, RA3= reaktor dengan jarak tanam 10 cm dan jumlah air limbah 30%, RB1= reaktor dengan jarak tanam 15 cm dan jumlah air limbah 10%, RB2= reaktor dengan jarak tanam 15 cm dan jumlah air limbah 20%, RB3= reaktor dengan jarak tanam 15 cm dan jumlah air limbah 30%, RC1= reaktor tanpa tanaman dengan jumlah air limbah 10%, RC2= reaktor tanpa tanaman dengan jumlah air limbah 20%, RC3= reaktor tanpa tanaman dengan jumlah air limbah 30%.

Berdasarkan Tabel 6 nilai efisiensi penurunan kadar fosfat menurun seiring dengan bertambahnya konsentrasi limbah. Nilai efisiensi pada reaktor dengan jarak tanam 10 cm hari ke 3 tertinggi yaitu pada reaktor RA1 dengan nilai 23,33% sementara yang terendah yaitu pada reaktor RA3 dengan nilai 4,72%. Pada hari ke 6 dan ke 9 reaktor RA1 mengalami peningkatan nilai efisiensi yang semakin tinggi dan mengalami puncaknya pada hari ke 9 dengan nilai efisiensi 38,77%.

Nilai Efisiensi pada reaktor dengan jarak tanam 15 cm di hari ke 3 tertinggi yaitu pada reaktor RB1 dengan nilai 16,78%. Pada hari ke 6 dan ke 9 reaktor RB1 mengalami peningkatan nilai efisiensi yang semakin tinggi dan mengalami puncaknya di hari ke 9 dengan nilai efisiensi 26,35%. Nilai efisiensi pada reaktor dengan tanpa tanaman yang merupakan kontrol, mengalami penurunan yang terendah bila dibandingkan dengan reaktor dengan jarak tanam 10 cm dan 15 cm.

Tabel 6. Nilai Efisiensi Penurunan Kadar Fosfat

Waktu Tinggal	Nilai Efisiensi (%)								
	RA1	RA2	RA3	RB1	RB2	RB3	RC1	RC2	RC3
Hari ke 3	23.33	9.77	4.72	16.78	6.99	14.41	5.00	1.86	2.04
Hari ke 6	29.50	10.97	4.44	15.91	7.92	3.25	5.76	3.04	2.00
Hari ke 9	38.77	11.70	5.28	26.35	7.43	3.76	5.05	2.09	1.53

Keterangan:

RA1= reaktor dengan jarak tanam 10 cm dan jumlah air limbah 10%, RA2= reaktor dengan jarak tanam 10 cm dan jumlah air limbah 20%, RA3= reaktor dengan jarak tanam 10 cm dan jumlah air limbah 30%, RB1= reaktor dengan jarak tanam 15 cm dan jumlah air limbah 10%, RB2= reaktor dengan jarak tanam 15 cm dan jumlah air limbah 20%, RB3= reaktor dengan jarak tanam 15 cm dan jumlah air limbah 30%, RC1= reaktor tanpa tanaman dengan jumlah air limbah 10%, RC2= reaktor tanpa tanaman dengan jumlah air limbah 20%, RC3= reaktor tanpa tanaman dengan jumlah air limbah 30%.

3.1.4 Pengaruh Perlakuan Terhadap Nilai pH dari Limbah Laundry

Berdasarkan Tabel 7 pH pada reaktor yang berisi tanaman secara keseluruhan mengalami penurunan baik dari hari ke 3 sampai hari ke 9. Penurunan pH yang paling tinggi dialami oleh reaktor RA1 dengan besar

penurunan mencapai 0,8 poin dan yang terkecil pada reaktor RB3 dengan besar penurunan mencapai 0,3. Reaktor yang tidak berisi tanaman yaitu pada reaktor RC juga mengalami penurunan pH dan penurunan pH terbesar yaitu pada reaktor RC3 yang mencapai 0,4.

Tabel 7. Nilai pH Terhadap Waktu

Waktu Tinggal	Nilai pH								
	RA1	RA2	RA3	RB1	RB2	RB3	RC1	RC2	RC3
Hari ke 0	7,8	8	8,3	7,7	8,1	8,3	8,3	8,5	8,8
Hari ke 3	7,5	7,8	8,1	7,5	7,9	8,2	8,2	8,5	8,6
Hari ke 6	7,3	7,5	7,9	7,4	7,8	8,1	8,1	8,4	8,5
Hari ke 9	7	7,3	7,8	7,2	7,7	8	8,1	8,3	8,4

Keterangan:

RA1= reaktor dengan jarak tanam 10 cm dan jumlah air limbah 10%, RA2= reaktor dengan jarak tanam 10 cm dan jumlah air limbah 20%, RA3= reaktor dengan jarak tanam 10 cm dan jumlah air limbah 30%, RB1= reaktor dengan jarak tanam 15 cm dan jumlah air limbah 10%, RB2= reaktor dengan jarak tanam 15 cm dan jumlah air limbah 20%, RB3= reaktor dengan jarak tanam 15 cm dan jumlah air limbah 30%, RC1= reaktor tanpa tanaman dengan jumlah air limbah 10%, RC2= reaktor tanpa tanaman dengan jumlah air limbah 20%, RC3= reaktor tanpa tanaman dengan jumlah air limbah 30%.

3.1.5 Pengaruh Perlakuan Terhadap Morfologi Tanaman Bambu Air

Tanaman bambu pada seluruh reaktor mengalami perubahan morfologi yang berbeda antara satu dengan lainnya, namun pada hari terakhir pengamatan reaktor RA1 menjadi reaktor yang tanamannya paling sedikit mengalami kekuningan dan kering, sementara untuk reaktor lainnya justru mengalami penguningan pada daun dan kering lebih banyak dibanding reaktor RA1. Perubahan paling tinggi terlihat di hari ke sembilan pengamatan.

3.2. Pembahasan

3.2.1. Pengaruh Waktu Perlakuan Filtrasi terhadap Penurunan Kadar Surfaktan, COD, pH, fosfat.

Pada hasil penelitian terungkap bahwa waktu berpengaruh terhadap penurunan kadar surfaktan dalam air. Seluruh reaktor menunjukkan penurunan seiring dengan bertambahnya waktu. Untuk parameter COD, seluruh reaktor mengalami penurunan nilai COD pada hari ke 3 hingga hari ke sembilan pengukuran. Untuk parameter pH, seluruh reaktor yang ditanami bambu air mengalami penurunan pH. Untuk parameter fosfat dan surfaktan juga terdapat mengalami penurunan. Penurunan nilai COD tertinggi terjadi di hari ke 3, dengan nilai penurunan sebesar 2,72 mg/l. Penurunan nilai pH tertinggi juga terjadi di hari ke 3, dengan nilai penurunan sebesar 0,167. Penurunan nilai fosfat tertinggi terjadi di hari ke 3, dengan nilai penurunan sebesar 0,055 mg/l. Penurunan nilai surfaktan tertinggi terjadi di hari ke 6 dengan nilai penurunan sebesar 0,039 mg/l, namun penurunan di hari ke 6 tidak terlalu berbeda jauh dengan penurunan hari ke 3 yang sebesar 0,038 mg/l. Penurunan tertinggi di hari ke 3 ini juga didukung oleh pengamatan morfologi yang menunjukkan bahwa secara umum tanaman pada hari ke 3 masih segar. Hal ini diduga tanaman masih bisa beradaptasi dengan lingkungan yang terkontaminasi limbah, namun pada hari ke 6 dan hari ke 9, tanaman menunjukkan tanda keracunan, dimana daun dan batang mulai

menguning dan bahkan di hari ke 9 terdapat tanaman yang mulai mengering.

Penelitian oleh Yulianto *et al.* (2021) yang menggunakan eceng gondok untuk meremediasi LAS (*linier alkyl benzene sulphonate*) yang ada dalam detergen menemukan bahwa selama 7 hari eksperimen fitoremediasi, eceng gondok mampu menurunkan kadar LAS pada media air eksperimen dari konsentrasi awal 20 ppm menjadi kisaran 0.033-0.037 ppm. Penelitian oleh Firmansyah dan Situmorang (2019) menggunakan eceng gondok dan kiambang sebagai fitoremediator untuk limbah cair pencuci pakaian, mendapatkan pengaruh yang tidak signifikan antara waktu kontak tanaman eceng gondok dengan nilai COD yang dihasilkan. Sementara untuk parameter fosfat menunjukkan hal yang berbeda, dinyatakan bahwa waktu kontak tanaman eceng gondok berpengaruh signifikan terhadap fosfat. Waktu kontak tanaman kiambang tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai COD. Penelitian Nugroho *et al.* (2019) menggunakan eceng gondok sebagai fitoremediator untuk mereduksi kadmium pada air larutan pupuk buatan mendapatkan semakin lama waktu kontak maka semakin besar angka penurunan kadar kadmium. Semakin lama kontak tanaman maka akan semakin meningkat penyerapan kontaminan dalam air sampai batas titik jenuh tanaman melakukan proses penyerapan karena tanaman akan lebih banyak peluang untuk menyerap polutan yang terkandung dalam air irigasi. Penelitian oleh Oktavia *et al.* (2016) menggunakan tanaman kiambang sebagai fitoremediator logam kadmium pada limbah cair industri batik, mendapatkan lama waktu kontak berpengaruh terhadap penurunan kadar kadmium pada air limbah batik, yang ditunjukkan dengan semakin lama waktu kontak semakin besar penurunan kadar kadmium.

Penelitian oleh Ruzzi *et al.* (2023) menggunakan tanaman *Salvinia molesta* dan *Eichornia crassipes* sebagai fitoremediator limbah cair tahu mendapatkan hasil lamanya waktu kontak dapat menurunkan COD lebih tinggi, yang artinya zat organik yang

terkandung dalam media berkurang seiring dengan bertambahnya waktu kontak antara tanaman dengan limbah. Adanya pengurangan nilai COD tersebut diakibatkan proses biodegradasi. Biodegradasi merupakan proses degradasi zat organik oleh mikroorganisme. Degradasi senyawa organik akibat proses biodegradasi, akan menurunkan nilai COD namun hal tersebut memerlukan waktu yang lama. Hal ini disebabkan oksigen terlarut di dalam air dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mendegradasi polutan organik. Sedangkan menggunakan tanaman menurunkan nilai COD lebih efektif jika dibandingkan tanpa menggunakan tanaman.

Penelitian oleh Vidyawati dan Fitrihidajati (2019) menggunakan eceng gondok sebagai fitoremediator limbah cair tahu menemukan bahwa selama waktu 7 hari, eceng gondok mampu meningkatkan pH yang awalnya 4,21 menjadi 7,34. Limbah tahu menjadi asam disebabkan oleh saat proses pembuatan tahu ditambahkan asam cuka. Sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan hanya bisa mentoleransi pH dengan nilai 7-8,5. Naiknya kadar pH pada limbah terjadi akibat mikroorganisme yang membantu proses pemecahan bahan organik pada limbah cair tahu (Caroline dan Moa, 2015).

Penelitian oleh Silviana dan Rachmadiarti (2023) menggunakan *Lemna minor* dan *Azolla macrophylla* sebagai fitoremediator limbah fosfat dari deterjen sintetis menemukan bahwa selama 7 hari eksperimen fitoremediasi, tanaman *Azolla microphylla* sangat baik dalam menyerap fosfat, hal ini disebabkan tumbuhan ini membentuk simbiosis hereditas permanen dengan *Cyanobacterium* pembentuk nitrogen (Van dan Lejuene, 2012). Kombinasi *Lemna minor* dan *Azolla microphylla* menunjukkan tingkat fitoremediasi yang lebih baik dibandingkan *Lemna minor* saja, namun masih belum melebihi tingkat fitoremediasi *Azolla microphylla*. Penelitian oleh Sari *et al.* (2021) menggunakan melati air (*Echinodorus palaefolius*) sebagai fitoremediator fosfat yang terkandung dalam limbah laundry menemukan bahwa selama 14 hari

eksperimen fitoremediasi melati air yang berumur lebih tua memiliki kemampuan untuk mereduksi fosfat dengan lebih baik, hal ini karena tanaman berumur dewasa maka memiliki luas permukaan daun yang lebih lebar dan akar yang lebih panjang untuk melakukan proses penguapan dan penyerapan.

Penelitian oleh Fitrihidajati *et al.* (2020) yang menggunakan *Sagittaria lancifolia* sebagai agen fitoremediator mendapatkan bahwa tanaman ini memiliki kemampuan yang tinggi dalam menyerap Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS). Pada kondisi konsentrasi deterjen yang tinggi selama 14 hari, tanaman ini memiliki tingkat kematian yang rendah, namun tanaman menunjukkan klorosis dan nekrosis.

3.2.2. Pengaruh Jarak Tanaman terhadap Penurunan Kadar Surfaktan, COD, pH, Fosfat Serta Kondisi Akar dan Tanaman Bambu Air

Pada hasil penelitian terungkap bahwa kerapatan berpengaruh terhadap penurunan surfaktan, COD, pH. RA merupakan reaktor yang paling rapat dengan penanaman yang diberi jarak 10 cm sementara RB 15 cm. Reaktor dengan penanaman yang diberi jarak 10 cm menyerap lebih banyak polutan dibandingkan dengan 15 cm. Hal ini ditunjukkan pada pengujian terakhir di hari ke 9, reaktor dengan jarak tanam 10 cm mendapatkan nilai lebih kecil untuk seluruh parameter. Untuk reaktor terbaik yang menyerap polutan tertinggi yaitu pada reaktor RA1 dengan penurunan sebesar 13,541 untuk parameter COD, 0,191 mg/l untuk parameter surfaktan, 0,281 mg/l untuk parameter fosfat, 0,8 untuk parameter pH. Hal ini diduga disebabkan oleh penanaman dengan kerapatan yang lebih tinggi maka akan banyak individu yang terdapat dalam satu reaktor, sehingga akan lebih banyak polutan yang terserap seiring dengan pertambahan jumlah individu.

Penelitian oleh Raissa (2017) yang menggunakan eceng gondok dan kayu apu sebagai fitoremediator menemukan reaktor dengan kerapatan yang lebih besar mampu

mereduksi lebih banyak konsentrasi fosfat dan juga terbukti pada nilai BOD dan COD. Hal ini disebabkan oleh kebutuhan nutrisi yang besar untuk menunjang pertumbuhan seluruh tumbuhan dalam satu reaktor. Ion fosfat merupakan sumber P bagi tanaman. Ion fosfat diambil oleh akar tanaman eceng gondok dan kayu apu sebagai nutrisi bagi tanaman sehingga semakin lama tanaman hidup dalam media limbah, semakin kecil konsentrasi fosfat dalam limbah.

3.2.3 Pengaruh jumlah limbah laundry terhadap nilai efisiensi penurunan surfaktan, COD, pH, fosfat serta kondisi akar dan tanaman bambu air

Pada hasil penelitian terungkap bahwa konsentrasi limbah laundry berpengaruh terhadap penurunan kadar surfaktan dalam air, seluruh reaktor mengalami penurunan kandungan surfaktan di akhir eksperimen. Reaktor RA1, RB1 dan RC1 merupakan reaktor dengan pemberian limbah sebanyak 10%, Reaktor RA2, RB2 dan RC2 merupakan reaktor dengan pemberian limbah sebanyak 20%. Reaktor RA3, RB3 dan RC3 merupakan reaktor dengan pemberian limbah sebanyak 30%. Parameter COD, surfaktan, fosfat dan pH seluruhnya mengalami kenaikan nilai COD. Reaktor dengan pemberian limbah sebanyak 10% menunjukkan penyerapan limbah yang lebih optimal dibandingkan dengan 20% dan 30%, hal ini diduga berkaitan dengan batas kemampuan tanaman untuk menyerap dan mentoleransi konsentrasi limbah dalam air. Konsentrasi limbah yang lebih kecil memungkinkan tumbuhan untuk beradaptasi dengan lebih baik dibandingkan dengan konsentrasi limbah yang lebih tinggi.

Penelitian oleh Silviana dan Rachmadiarti (2023) yang menggunakan *Azolla microphylla* dan *Lemma minor* melakukan eksperimen fitoremediasi dengan perbedaan konsentrasi deterjen yaitu 10 ppm dan 20 ppm dan menemukan bahwa konsentrasi mempengaruhi penurunan fosfat. Penelitian menunjukkan pada tanaman *Azolla microphylla* konsentrasi deterjen 20 ppm

mengalami penurunan lebih baik dari pada konsentrasi 10 ppm. Hal ini diakibatkan oleh secara alami, *Azolla microphylla* memang dapat menyerap lebih banyak fosfat dibanding dengan *Lemma minor*, sehingga konsentrasi deterjen 20 ppm lebih optimal. Penelitian oleh Adistiara *et al.* (2019) yang menggunakan *Sagittaria lancifolia* dan *Echinodorus radicans* dengan metode rancangan acak kelompok, menyatakan bahwa tanaman tersebut efektif sebagai agen fitoremediator limbah deterjen. Tanaman *Sagittaria lancifolia* dan *Echinodorus radicans* beradaptasi dengan baik pada konsentrasi limbah yang berbeda, hal tersebut menjadikan kedua tanaman ini bisa menjadi agen fitoremediasi yang baik.

3.2.4. Kombinasi Perlakuan yang Paling Efektif Menurunkan Cemaran Limbah Laundry

Pada penelitian ini terungkap bahwa reaktor RA1 yang merupakan kombinasi perlakuan 10 cm jarak tanam dan 10% limbah paling efektif dalam menurunkan cemaran limbah pada air. Untuk parameter COD menunjukkan nilai efektivitas penurunan sebesar 78,74%, untuk parameter surfaktan sebesar 60,82%, untuk parameter fosfat sebesar 66,9% dan untuk parameter pH sebesar 10,25%. Kombinasi antara 10 cm jarak tanam dan 10% limbah diduga memudahkan untuk tanaman dalam mengikat cemaran limbah karena dengan tingkat cemaran yang rendah dan jumlah individu yang lebih banyak memudahkan tanaman untuk beradaptasi karena stres yang diterima tanaman bambu air akan lebih rendah dibandingkan dengan kombinasi yang konsentrasi limbahnya lebih banyak dan individu yang lebih sedikit.

Penelitian oleh Kalsum *et al.* (2014), yang menggunakan eceng gondok, hydrilla dan rumput payung sebagai fitoremediator *grey water* dan menggunakan variasi konsentrasi limbah sebanyak 4 yaitu 25%, 50%, 75%, dan 100%, menemukan bahwa konsentrasi limbah 25% menjadi perlakuan yang paling efektif untuk parameter COD. Eceng gondok menurunkan sebesar 82% nilai

COD, *Hydrilla* sp. sebesar 79% dan rumput payung sebesar 77%. Hal ini dapat terjadi karena pada konsentrasi limbah lebih rendah yaitu 25% stress yang diterima oleh tanaman lebih rendah dibandingkan dengan konsentrasi limbah yang lebih tinggi, sehingga proses remediasi limbah berlangsung dengan lebih baik. Penelitian oleh Al-Idrus *et al.* (2020) mendapatkan bahwa kombinasi tanaman *Eichornia crassipes* dan *Ipomoea aquatica* merupakan kombinasi perlakuan yang terbaik diantara semua perlakuan. Kombinasi perlakuan ini mampu menurunkan kadar deterjen sebanyak 73,60% dan waktu kontak terbaik sehingga tanaman dapat secara maksimal menurunkan polutan adalah 7-14 hari. Penelitian oleh Siswoyo *et al.* (2019) menemukan bahwa kombinasi adsorpsi dan fitoremediasi mampu menurunkan COD sebanyak 77,5%, fosfat sebanyak 54,3% dan surfaktan 99,9%. Fitodegradasi dan fitoekstraksi diduga menjadi mekanisme utama oleh tumbuhan, karena targetnya adalah polutan organik. Kedua kombinasi bisa dipertimbangkan menjadi alternatif teknologi untuk limbah *laundry* dimasa mendatang.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, baku mutu air sungai untuk parameter surfaktan adalah 0,2 mg/l, COD adalah 10 mg/l, pH adalah 6-9 dan fosfat adalah 0,2 mg/l. Untuk nilai parameter surfaktan pada penelitian ini, reaktor RA1 dan RB1 telah berada di bawah baku mutu, sementara untuk reaktor lainnya masih diatas baku mutu. Untuk nilai parameter COD pada penelitian ini, reaktor RA1 dan RB1 telah berada bawah baku mutu, sementara untuk reaktor lainnya masih diatas baku mutu. Untuk parameter fosfat pada penelitian ini, reaktor RA1 saja yang sudah di bawah baku mutu, sementara reaktor lainnya belum memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan. Nilai pada parameter pH semua reaktor dari pengukuran awal memang sudah memenuhi standar baku mutu, namun hal yang perlu di garis bawahi

adalah reaktor RA1 dan RB1 menunjukkan pH ke arah yang lebih netral yaitu 7 dan 7,2.

4. SIMPULAN DAN SARAN

4.1. Simpulan

Waktu kontak berpengaruh terhadap penurunan kadar surfaktan, COD, pH, dan fosfat. Hari ke 3 menjadi waktu kontak yang terbaik dibandingkan hari ke 6 dan hari ke 9. Jarak tanam berpengaruh terhadap penurunan kadar surfaktan, COD, pH dan fosfat. Pada jarak tanam 10 cm menjadi yang terbaik, khususnya reaktor RA1. Perbedaan konsentrasi berpengaruh terhadap nilai pada parameter surfaktan, COD, pH, dan fosfat. Konsentrasi pencemaran optimum dengan hasil penyisihan terbaik adalah 10%, khususnya reaktor RA1. Perbedaan kombinasi perlakuan berpengaruh terhadap penurunan kadar surfaktan, COD, pH dan fosfat. Kombinasi perlakuan konsentrasi limbah 10% dan jarak tanaman 10 cm menjadi yang terbaik, khususnya reaktor RA1.

4.1. Saran

Saran untuk penelitian lebih lanjut adalah melakukan analisis BCF untuk menentukan apakah bambu air merupakan tanaman hiperakumulator atau tidak.

DAFTAR PUSTAKA

- Adistiara, V.Y., Kustiyaningsih, E., and Irwanto, R. 2019. Phytoremediation of Domestic Wastewater (Detergent) with Arrowhead and Burhead Plants in Purwodadi Botanic Garden. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences* 259: 1-7
- Al-Idrus, S. W., Rahmawati, R., Hadisaputra, S., and Qudratuddarsi, H. 2020. Phytoremediation of Detergent Levels in Waters Using Water Plants: *Eichornia crassipes*, *Ipomoea aquatica*, *Pistia stratiotes* and Their Combination. *European Journal of Advanced Chemistry Research* 1: 1-5

- Firmansyah, R. D. M. L. dan Situmorang, C. 2019. Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Efektifitas Fitoremediasi Fosfat dan COD dengan Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) dan kiambang (*Salvinia natans*) pada Limbah Cair Pencucian Pakaian. *Jurnal TechLINK* 3(1): 17-23
- Fitrihadajati, H., Rachmadiarti, F., Khaleyla, F., and Kustiyaningsih, E. 2020. Effectiveness of *Sagittaria lancifolia* as Detergent Phytoremediator. *Nature Environment and Pollution Technology* 19(4): 1723-1727.
- Caroline, J. dan Moa, G.A. 2015, Fitoremediasi Logam Berat Timbal (Pb) Menggunakan Tanaman Melati air (*Echinodorus palaefolius*) Pada Limbah Industri Peleburan Tembaga Dan Kuningan. Seminar Nasional Sains Teknologi Terapan III. Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, hal. 733-743.
- Kalsum, SY.U., A. Napoleon dan Yudono, B. 2014. Efektivitas Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*), Hydrilla (*Hydrilla verticillata*) dan Rumput Payung (*Cyperus alternifolius*) dalam Pengolahan Limbah Grey Water. *Jurnal Penelitian Sains* 17(1): 20-25.
- Kusuma, D. A., Fitria L., Kadaria, U. 2019. Pengolahan Limbah Laundry Dengan Metode Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR). *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah* 2(1):1 - 10
- Larasati, N. N., Wulandari, S. Y., Maslukah, L., Zainuri, M., dan Kunarso. 2021. Kandungan Pencemar Deterjen Dan Kualitas Air Di Perairan Muara Sungai Tapak, Semarang. *Indonesian Journal of Oceanography* 3(1): 1-13.
- Nugroho, A.A., Wahyuningsih, N.E., dan Ginandjar, P. 2019. Pengaruh Lama Kontak dan Kerapatan Tanaman Eceng Gondok dalam Mereduksi Kadmium pada Air Larutan Pupuk Buatan. *Jurnal Kesehatan Masyarakat* 7(1): 374-380.
- Oktavia, Z., Budiyono. dan Dewanti, N. A. Y. 2016. Pengaruh Variasi Lama Kontak Fitoremediasi Tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*) terhadap Kadar Kadmium (Cd) pada Limbah Cair *Home Industry* Batik “X” Magelang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat* 4(5): 238-246.
- Raissa, D.G. 2017. “Fitoremediasi Air yang Tercemar Limbah Laundry dengan Menggunakan Eceng Gondo (*Eichhornia crassipes*) dan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*)” (Skripsi). Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November
- Ruzzi, F., Irawan, A., dan Lisha, S. Y. 2023. Uji Efektivitas Tanaman *Salvinia molesta* dan *Eichhornia crassipes* dalam Menurunkan Kadar BOD, COD, dan TSS pada Limbah Cair Tahu. *Journal of Civil Engineering and Vocational Education* 10(1): 311-329.
- Sari, I. D. M., Eri, I.R. Thohari, I. 2021. Pengaruh Fitoremediasi Tanaman Melati Air (*Echinodorus palaefolius*) Terhadap Penurunan Kadar Fosfat Pada Limbah Laundry. *Suara Forikes, Jurnal Penelitian Kesehatan* 12(1): 10-13.
- Seo, T. G., Lee, T.S., Moon, B.H. and Lim. J.H. 2001. Ultrafiltration Combined with Ozone for Seo, T. G., Lee, T.S., Moon, B.H. and Lim. J.H. 2001. Ultrafiltration Combined with Ozone for Domestic Laundry Waste Water Reclamation and Reuse. *Water Science and Technology: Water Supply*. 1(5): 387-392
- Silviana, L., dan Rachmadiarti, F. 2023. Fitoremediasi Fosfat dari Deterjen Sintesis dengan Menggunakan *Lemna minor* dan *Azolla microphylla*. *Jurnal Lentera Bio*. 12(3): 281-289.
- Siswoyo, E., Utari, A. W., and Mungkari, L. G. N. 2019. Adsorption Combined Phytoremediation System for Treatment of Laundry Wastewater. *MATEC Web of Conferences*. 280
- Suharto, B., Kurniati, E., Mishbahul, A. 2011. Penurunan Kandungan Logam Pb dan Cr Leachate Melalui Fitoremediasi Bambu Air (*Equisetum*

- hyemale*) dan Zeolit. AGROINTEK 5(2): 133-143.
- Tanjung, R. H.R., B. Hamuna dan Alianto. 2019. Konsentrasi Surfaktan dan Minyak di Perairan Depapre, Kabupaten Jayapura, Provinsi Papua. *Buletin Oseanografi Marina*. 8(1): 49-54.
- Vidyawati, D. S., dan Fitrihidajati, H. 2019. Pengaruh Fitoremediasi Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) melalui Pengenceran terhadap Kualitas Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal Lentera Bio*. 8(2): 113-119.
- Yulianto, M. R., Safitri, E., Sintya, I., Savira, W., Fitrihidajati, H., Rachmardiarti, F., Lailani, I. 2021. Kemampuan Enceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Sebagai Agen Fitoremediasi LAS (*Linier Alkyl Benzene Sulphonate*) Detergen. Prosiding SEMNAS BIO 2021 Universitas Negeri Padang. ISSN: 2809-8447.
- Van, H.C and Lejuene, A. 2012. The Azolla: anabaena symbiosis. *In Biology and Environment: Proceedings of the Royal Irish Academy*; 102(1): 23-26.