



Fitoremediasi Limbah Laundry Kota Kendari Menggunakan Tanaman Pandan Wangi (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.)

Sri Ambardini^{1,*}, Sitti Wirdhana Ahmad², dan Andi Asrul Amir²

¹ Program Studi Bioteknologi Fakultas MIPA Universitas Halu Oleo Kendari, Indonesia.

² Program Studi Biologi Fakultas MIPA, Universitas Halu Oleo Kendari, Indonesia.

^{1,*} Corresponding Author Email: ambardiniwin@gmail.com

Diterima: 22 Agustus 2020 – Disetujui: 20 Oktober 2020 – Dipublikasi: 30 November 2020

© 2020 Jurusan Biologi FMIPA Universitas Halu Oleo Kendari

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan tanaman Pandan Wangi (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) mengakumulasi fosfat limbah laundry yang berasal dari kota Kendari dan untuk mengetahui mekanisme fitoremediasi limbah laundry dengan menghitung faktor biokonsentrasi (BCF) dan faktor translokasi (TF) fosfat dalam tanaman Pandan Wangi (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) yang ditanam pada media dengan variasi konsentrasi limbah laundry. Jenis penelitian eksperimental disusun berdasarkan pola Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari control P0 (1.000 mL air) dan empat perlakuan: P1 (250 mL limbah laundry + 750 mL air), P2 (500 mL limbah laundry + 500 mL air), P3 (750 mL limbah laundry + 250 mL air) dan P4 (1.000 mL limbah laundry). Data dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa akumulasi fosfat limbah laundry dalam tanaman Pandan Wangi, terbesar pada perlakuan P4 (0,071 %), kemudian P3 (0,063 %), P2 (0,061%), P1 (0,059 %) dan P0 (0,055 %). Berdasarkan uji Anova, rata – rata setiap perlakuan tidak berbeda nyata dengan kontrol terhadap akumulasi fosfat limbah laundry. Tanaman Pandan Wangi (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) bersifat indikator dan mampu melakukan fitoremediasi limbah laundry melalui mekanisme fitoekstraksi dengan nilai BCF < 1 dan TF > 1.

Kata Kunci: Fitoremediasi, Pandan Wangi, Biokonsentrasi, Translokasi, Limbah laundry.

Abstract

This study aims to determine how much the ability of Pandan Wangi (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) Plants to accumulate phosphate laundry waste from Kendari City and to determine the phytoremediation mechanism of laundry waste by calculating the bioconcentration factor (BCF) and translocation factor (TF) phosphate in Pandan plant wasplanted on media with varying concentrations of laundry waste. This type of experimental research was prepared based on the Completely Randomized Design (CRD) pattern consisting of control P0 (1,000 mL water) and four treatments: P1 (250 mL laundry waste + 750 mL water), P2 (500 mL laundry waste + 500 mL water), P3 (750 mL laundry waste + 250 mL water) and P4 (1,000 mL laundry waste). Data were analyzed using Analysis of Variance (ANOVA). The results showed that the largest accumulation of laundry waste phosphate in Pandan Wangi plants was in treatment P4 (0.071%), then P3 (0.063%), P2 (0.061%), P1 (0.059%) and P0 (0.055%). Based on the Anova test, the average of each treatment was not significantly different from the control of laundry waste phosphate accumulation. The Pandan Wangi plant (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) was able to phytoremediated laundry waste through a phytoextraction mechanism with BCF <1 and TF > 1 values.

Keywords: Phytoremediation, Pandan Wangi, Bioconcentration, Translocation, Laundry Waste.

PENDAHULUAN

Maraknya usaha jasa pencucian pakaian/laundry saat ini semakin menimbulkan kecemasan bagi masyarakat perkotaan, termasuk di kota Kendari karena usaha ini tidak dilengkapi dengan proses pengolahan limbahnya melainkan dibuang langsung ke selokan atau badan air terdekat. Air buangan sisa *detergen*/limbah laundry dapat menimbulkan masalah pencemaran air yang sangat berbahaya untuk kelestarian sungai dan tanah.

Detergen merupakan senyawa sabun yang terbentuk melalui proses kimia, yang mengandung fosfat sebagai *builders* (Hermawati, dkk., 2005). Bahan ini mampu menurunkan kesadahan air dengan cara mengikat ion kalsium dan magnesium, sehingga efektifitas dari daya cuci detergen meningkat (Hardayanti dan Rahayu, 2007). Umumnya detergen tersusun atas tiga komponen utama yaitu surfaktan (sebagai bahan dasar detergen) 20-30 %, *builders* (senyawa fosfat) 70-80 %, *filler* (pengisi) dan bahan aditif (pemutih) (Kukuh, 2012).

Detergen memiliki keuntungan terhadap daya cuci, tetapi jika bahan ini masuk di perairan dengan jumlah yang berlebihan akan menyebabkan suatu fenomena yang disebut eutrofikasi (pengkayaan nutrisi). Kondisi eutrofik ini sangat mendukung pertumbuhan alga dan tumbuhan air, baik yang berukuran mikro ataupun makro untuk tumbuh dan berkembangbiak dengan pesat. Hal ini dapat menghambat difusi oksigen dari udara ke permukaan badan air sehingga akan berdampak buruk bagi organisme yang hidup dan tinggal di dalamnya. Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air, total fosfat yang diizinkan yaitu 0,2 mg/L. Meskipun peraturan telah ada, tetapi kenyataannya yaitu masih ada

usaha/industri kecil *laundry* yang memiliki limbah cair dengan kadar fosfat yang tinggi yaitu mencapai 253,03 mg/L (Hardayanti dan Rahayu, 2007). Jika hal tersebut dibiarkan dan tidak ada pengolahannya, maka akan berdampak terhadap lingkungan yaitu terjadinya eutrofikasi dan penurunan kualitas dari lingkungan tersebut (Effendi, 2003).

Pemanfaatan tumbuhan dalam meremediasi lingkungan memiliki keunggulan karena paling efisien, mudah penerapannya dan memerlukan biaya yang relatif murah dalam penanganan masalah pencemaran lingkungan, oleh karena itu sangat diperlukan adanya eksplorasi sebanyak-banyaknya tumbuhan yang memiliki potensi untuk dijadikan sebagai agen fitoremediasi. Salah satu jenis tumbuhan yang diyakini memiliki kemampuan untuk dijadikan sebagai agen fitoremediasi tanah tercemar adalah Pandan Wangi. Tanaman Pandan Wangi dipilih sebagai agen fitoremediasi dalam penelitian ini berdasarkan observasi pada daerah genangan/buangan domestik banyak tumbuh Pandan Wangi secara alami sehingga diyakini tumbuhan ini memiliki daya adaptasi terhadap lingkungan air yang tercemar.

Mekanisme penyerapan dan akumulasi polutan oleh tanaman dapat dibagi menjadi tiga proses yaitu penyerapan polutan oleh akar, translokasi dari akar ke bagian tumbuhan dan lokalisasi pada bagian sel tertentu untuk menjaga agar tidak menghambat metabolisme tumbuhan (Connell dan Miller, 1995). Proses fitoremediasi dilakukan tumbuhan dengan memanfaatkan bahan kimia dalam limbah sebagai nutrisi untuk kehidupannya. Tanaman meremediasi polutan organik melalui tiga cara, yaitu menyerap secara langsung bahan kontaminan, mengakumulasi metabolisme

non fitotoksik ke sel-sel tanaman dan menyerap mineral pada daerah rizhosfer. Tanaman juga dapat menguapkan sejumlah uap air. Penguapan ini mengakibatkan migrasi bahan kimia. Pada penelitian ini akan diketahui seberapa besar kemampuan tanaman pandan wangi (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) mengakumulasi fosfat limbah laundry yang diberikan pada media tanam serta mengetahui faktor biokonsentrasi dan faktor translokasi fosfat tanaman pandan wangi (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) yang ditanam pada media dengan limbah laundry.

METODE PENELITIAN

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah : Kamera, Spektrofotometer Uv-Vis Oven, Lemari Asam, Timbangan Analitik, Timbangan Lion Star, Termometer, Soil tester, Erlemeyer, Pipet ukur, Botol berwarna gelap, Tabung reaksi, Ember Plastik, Jerigen dan Gunting. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: Tanaman Pandan Wangi (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.), Limbah cair laundry, H₂SO₄N, HCL 25%, H₂O₂, Pereaksi Fosfat Pekat, Aquadest, Air Keran, Aluminium foil, Plastik Seal dan tanah untuk media tanam.

Prosedur Penelitian terdiri dari beberapa tahapan, yaitu:

1. Penyiapan Media Tanam
2. Media tanam diambil di Kebun Raya Universitas Halu Oleo, yaitu tanah humus, sebelum tanah dimasukkan ke dalam *polybag* terlebih dahulu tanah digemburkan dan dibersihkan serasah-serasah yang terdapat pada tanah, setelah bersih kemudian dimasukkan ke dalam *polybag* 30 x 20 cm dan ditimbang seberat 6 kg.
3. Penyiapan Sampel Tanaman
Sampel tanaman diperoleh dari tunas tunggal pandan lain yang sudah

menghasilkan anakan dan berakar gantung, yang diambil di kompleks perumahan dosen Universitas Halu Oleo. Jumlah anakan tanaman yang diambil yaitu 15 individu, yang berukuran relatif sama dengan jumlah daun antara 13 - 15. Proses pengambilan anakan yang akan dijadikan sampel penelitian yaitu dengan cara memotong anakan tanaman yang melekat pada perakaran induk dengan menggunakan gunting.

4. Penanaman

Anakan tanaman yang sudah diperoleh kemudian ditanam di dalam *polybag*, masing-masing *polybag* berisi 1 individu. Setelah penanaman selesai, kemudian anakan tanaman/bibit tanaman disimpan selama 14 hari ditempat yang terhindar dari matahari langsung dengan tujuan untuk mencegah kelayuan atau kematian pada bibit tanaman. Perawatan bibit tanaman dilakukan setiap hari yaitu melakukan penyiraman air di pagi dan sore hari.

a. Aklimatisasi

Setelah penanaman, kemudian media dan bibit tanaman dipindahkan dalam ember perlakuan untuk dilakukan aklimatisasi di dalam *green house* selama 3 hari. Proses ini dilakukan dengan tujuan untuk penyesuaian tanaman terhadap lingkungan sebelum diperlakukan.

b. Perlakuan pada Tanaman

Sebelum tanaman diperlakukan, media tanam dan limbah cair laundry dianalisis terlebih dahulu secara terpisah dengan tujuan untuk mengetahui kadar fosfat awalnya. Setelah itu tanaman diberi perlakuan yaitu dengan cara media tanam di siram dengan limbah cair laundry dengan rincian sebagai berikut:

- P0 = 1.000 mL air; P1 = 250 mL limbah laundry + 750 mL air
P2 = 500 mL limbah laundry + 500

mL air P3 = 750 mL limbah laundry +
250 mL air
P4 = 1.000 mL limbah laundry

c. Pengukuran Faktor Lingkungan
Pengukuran faktor lingkungan di *green house* berupa suhu, kelembaban udara dan intensitas cahaya dengan menggunakan thermometer, temperatur dan lux meter. Pengukuran faktor lingkungan dilakukan pada hari- 0, 5, 10, 15 dan 20 saat dilakukan pengamatan pertumbuhan tanaman Pandan Wangi.

d. Pengukuran Kadar Fosfat Sampel Media Tanam dan Tanaman

1.) Pengumpulan Sampel Tanah

Seluruh sampel tanah yang terdapat pada media tanam diambil masing-masing 500g untuk keperluan analisis. Sampel tanah disebar di atas nampan yang dialasi kertas. Kemudian sisa- sisa akar atau sisa tanaman segar, kerikil dan kotoran lainnya dibuang, kemudian dimasukkan didalam oven 40 °C. Kemudian sampel tanah ditumbuk pada lumpang porselen dan diayak dengan ayakan 2 mm. Hasil ayakan masing-masing di masukkan kedalam plastik *seal*.

2.) Penetapan Kadar Air Mutlak

Sampel tanah ditimbang masing-masing 1 gram kemudian dibungkus menggunakan *aluminium foil*, *selanjutnya* dikeringkan di dalam oven pada suhu 105 °C selama 3 jam.

3.) Pembuatan Larutan Sampel

Setiap sampel tanah ditimbang 1 g, kemudian dimasukan dalam tabung reaksi, ditambahkan 10 ml HCl 25 %, dikocok selama 5 jam dan dibiarkan semalam. Pipet 0,5 ml ekstrak jernih kedalam tabung reaksi tambahkan 9,5 mL air bebas ion (pengenceran 20x) kemudian dikocok. Pipet 2 mL ekstrak sampel ke dalam tabung reaksi kemudian ditambahkan 10 mL larutan pereaksi pewarna P dan dikocok.

Dibiarkan selama 30 menit, larutan sampel kemudian diukur pada alat spektrofotometer pada panjang gelombang 693nm.

4.) Pengumpulan Sampel Tanaman

Seluruh tanaman pandan wangi dipanen setelah berumur 20 HST. Pandan wangi yang suda dipanen dibersihkan dengan aquadest hingga bersih dan dipisahkan bagian organnya yaitu akar dan tajuk. Setelah itu dimasukkan kedalam alumium foil untuk dikeringkan dalam oven selama 2 x 24 jam pada suhu 70 °C, setelah kering sampel digerus dengan halus menggunakan lumpang porselen, kemudian dimasukkan ke dalam plastik OPP Seal, selanjutnya untuk sampel tanaman ini juga dilakukan penetapan kadar air mutlak dan pembuatan larutan sampel untuk diukur kadar fosfatnya.

5.) Perhitungan Kadar Fosfat dalam Organ Tumbuhan dan Media Tanam dilakukan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Kadar P (\%)} = \text{ppm kurva} \times 0,2 \times \frac{31}{95} \times \text{fk}$$

Keterangan:

ppm kurva = Absorbansi

fk= Faktor koreksi kadar air = 100/ (100- % kadar air) (Agus,2005).

6.) Perhitungan Faktor Biokonsentrasi dan Faktor Translokasi

Perhitungan faktor biokonsentasi (BCF) diukur dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{BCF} = \frac{CP}{CS}$$

Keterangan:

BCF = Faktor Biokonsentrasi

Cp = Kadar fosfat pada akar tanaman

Cs = Kadar fosfat pada media tanam (Ghosh and Singh, 2005)

Perhitungan faktor bioakumulasi (BAF) diukur dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{BAF} = \frac{CP}{CS}$$

Keterangan:

BAF = Faktor Bioakumulasi

Cp = Kadar fosfat pada tajuk tanaman

Cs = Kadar fosfat pada media tanam, (Amriani dan Agus, 2011).

Perhitungan Faktor Translokasi

Perhitungan faktor translokasi (TF)

menggunakan rumus berikut :

$$TF = \frac{Cp}{Cs}$$

Keterangan:

TF= FaktorTranslokasi

Cp= Kadar fosfat pada tajuk tanaman

Cs= Kadar fosfat pada akar tanaman (Michael, dkk.,2013).

7). Analisis Data

Analisis data secara diskriptif ditampilkan melalui grafik dan tabel. Data serapan fosfat tanaman serta BCF dan TF dianalisis Berbasis Form Excel (Prog x 2018).

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Faktor Lingkungan

Pengukuran faktor lingkungan dilakukan di pagi, siang dan sore hari selama 20 hari masa perlakuan. Data lingkungan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rerata Hasil Pengukuran Faktor Lingkungan

No.	Hari Ke-	Faktor Lingkungan		
		Suhu (°C)	Kelembapan Udara (%)	Intensitas Cahaya (lux)
1	0 HST	33,06	73,33	1091
2	5 HST	29,56	78	521,66
3	10 HST	30,36	78,3	407,33
4	15 HST	27,6	83	598,33
5	20 HST	26,4	84	594

Sumber: Data Primer, 2019 Keterangan : HST (Hari Setelah Tanam)

Berdasarkan hasil pengukuran, rerata suhu lingkungan berkisar antara 26,4°C – 33,06 °C. Suhu tersebut sangat baik untuk pertumbuhan tanaman pandan wangi, dimana tumbuhan tersebut menghendaki suhu lingkungan sebesar >20 °C (IPTEK, 2007). Suhu sangat mempengaruhi kemampuan dalam penyerapan maupun angkutan mineral, peningkatan suhu dapat meningkatkan respirasi yang secara tidak langsung akan meningkatkan produksi energi yang sangat diperlukan untuk metabolisme (Sasmitamihardja dan Siregar, 1996). Kelembapan udara merupakan banyaknya kadar uap air di udara yang dapat dinyatakan sebagai kelembapan mutlak (Handoko, 1995 dalam Setiawan, 2009). Berdasarkan hasil pengukuran rerata kelembapan udara berkisar antara 73,33 – 84%, dengan kondisi ini dapat dikatakan bahwa kelembapan udara selama perlakuan terbilang tinggi. Hal ini

berdasarkan tanaman pandan wangi menghendaki kelembapan udara yaitu sebesar 70 % (IPTEK, 2007).

Cahaya mempengaruhi pengangkutan mineral, karena berkaitan dengan proses fotosintesis. Selain itu, cahaya dapat mempengaruhi membukanya stomata, saat stomata terbuka akan merangsang peningkatan transpirasi. Peningkatan transpirasi akan meningkatkan pengangkutan mineral (Sasmitamihardja dan Siregar, 1996). Berdasarkan hasil pengukuran rerata intensitas cahaya berkisar antara 407,33 lux - 1.091 lux. Nilai intensitas cahaya pada lingkungan sangat mempengaruhi nilai suhu dan nilai kelembapan udara.

B. Karakteristik MediaTanam

1. Kadar Air pada Media Tanam Pandan Wangi (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.)

Kadar air adalah perbedaan antara berat basah dan berat kering yang

dinyatakan dalam persen (Purbayanti dan Andani, 1991). Perhitungan kadar air pada

media tanam setelah fitoremediasi disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rerata kadar air media tanam pandan wangi (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.)

Perlakuan	Media Tanam		
	Berat Awal (g)	Berat Akhir (g)	Kadar Air (%)
P0	1	0,968	3,2
P1	1	0,949	5,066
P2	1	0,960	3,966
P3	1	0,944	5,566
P4	1	0,957	4,266

Sumber : Data Primer, 2019

Keterangan : P0 = 1.000 mL air keran, P1 = 250 mL limbah laundry + 750 air keran, P2 = 500 mL limbah laundry + 500 ml air keran, P3 = 750 mL limbah laundry + 250 mL air keran dan P4 = 1.000 mL limbahlaundry.

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa, nilai kadar air pada media sangat rendah yaitu berkisar antara 3,2 % - 5,566 %. Hal ini dikarenakan, air yang ada di dalam media tanam mengalami penguapan, karena tingginya suhu dan kelembapan saat perlakuan. Selain itu, tanaman pandan wangi juga terlibat dalam penyerapan air yang ada di dalam media tanam. Sehingga, pada saat pengeringan menggunakan oven kadar air yang diperoleh sangat rendah. Evaporasi adalah proses penguapan air pada media menuju ke atmosfer. Kehilangan air pada media,

disamping terjadi lewat proses absorpsi oleh tanaman juga lewat permukaan tanah yang disebut evaporasi. Evaporasi dipengaruhi oleh kondisi iklim, terutama temperatur, radiasi dan kecepatan angin. Terjadinya evaporasi maka kadar air media turun (Islami dan Utomo, 1995).

2. Kadar Fosfat pada Media Tanam Pandan Wangi (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.)

Kadar fosfat pada media tanam sebelum dan setelah fitoremediasi disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rerata dan persentase penyisihan kadar fosfat pada media tanam pandan wangi (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.)

Perlakuan	Fosfat mg/L			
	Hari Ke -0	Hari Ke-20	Selisih	Persentase (%)
P0	0,713	0,641	0,072	10,109
P1	0,721	0,626	0,095	13,176
P2	0,728	0,626	0,102	14,010
P3	0,736	0,591	0,145	19,701
P4	0,740	0,572	0,168	22,702

Sumber : Data Primer, 2019

Keterangan : P0 = 1.000 mL air keran, P1 = 250 mL limbah laundry + 750 air keran, P2 = 500 mL limbah laundry + 500 mL air keran, P3 = 750 mL limbah laundry + 250 mL air keran dan P4 = 1.000 mL limbah laundry.

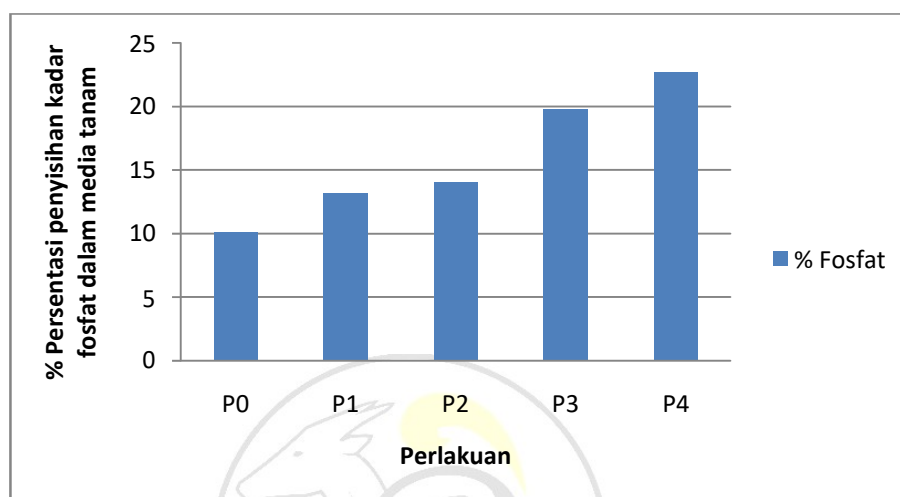
Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat bahwa, kadar fosfat pada media tanam setelah fitoremediasi mengalami

penurunan. Kadar fosfat rerata pada media sebelum fitoremediasi yaitu berkisar antara 0,713 mg/L - 0,740 mg/L, setelah

fitoremediasi selama 20 hari fosfat pada media mengalami penurunan yang berkisar antara 0,572 mg/L-0,641 mg/L. Jadi terdapat penurunan berkisar antara 0,094 mg/L–0,141mg/L. Perbandingan pada penelitian yang dilakukan oleh Hermawati, dkk (2005) melaporkan bahwa kadar fosfat dengan media tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) sebanyak 10 individu dengan waktu penelitian 14 hari mengalami penurunan dari 2,900 mg/L menjadi 2,121 mg/L, terjadi penurunan sebesar 0,779 mg/L. Terlihat bahwa penurunan kadar fosfat pada media perlakuan dalam penelitian ini lebih rendah dari penelitian perbandingan, hal ini disebabkan karena penelitian perbandingan menggunakan 10 individu, sedangkan pada penelitian ini hanya menggunakan satu individu

tanaman. Media tanam pada penelitian ini berkonsistensi cair, sehingga merujuk pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air, kadar fosfat yang diijinkan yaitu 0,2 mg/L. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada media perlakuan yang ditanami pandan wangi (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) setelah masa fitoremediasi selama 20 hari kadar fosfat yang tersisa pada media yaitu berkisar antara 0,572 mg/L - 0,0,641 mg/L dengan nilai penurunan berkisar antara 0,094 mg/L - 0,141 mg/L.

Berdasarkan Tabel 3 dibuat grafik persentase penyisihan fosfat pada media tanam pandan wangi (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.).



Gambar 1. Grafik persentase penyisihan fosfat pada media tanam pandan wangi (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) setelah fitoremediasi.

Gambar 1 menunjukkan fosfat pada media tanam, mengalami peningkatan seiring dengan volume limbah laundry pada perlakuan. Persentase penyisihan fosfat pada media, tertinggi terdapat pada perlakuan P4 yaitu sebesar 22,702 % dan terendah pada P0 yaitu 10,109 %. Berdasarkan uji statistik *Analysis Varians* menunjukkan pemberian perlakuan limbah laundry tidak berbeda

nyata terhadap persentase penyisihan fosfat pada media tanam, dimana F-hitung lebih kecil dari F- tabel dengan nilai F-hitung 1,6980 sedangkan F-tabel pada taraf kepercayaan 95% yaitu 3,478. Ada dua hal yang bisa menjelaskan hasil pada perlakuan ini tidak berbeda nyata, yang pertama adalah waktu pengamatan masih singkat sehingga tanaman pandan wangi masih menunjukkan kemampuan yang

sama dalam persentase penyisihan fosfatnya dan yang kedua adalah tanaman Pandan wangi memiliki rentang toleransi yang besar, sehingga masih belum terpengaruh dengan konsentrasi perlakuan yang diberikan.

Sumber fosfat yang ada di dalam tanah sebagai fosfat mineral yaitu batu kapur fosfat, sisa-sisa tanaman, dan bahan organik lainnya. Penyisihan fosfor pada tanah selain dilakukan oleh tumbuhan, ada pula mikroorganisme juga ikut terlibat (Isnaini, 2006). Tumbuhan melakukan absorpsi fosfor yang ada pada media tanam untuk proses metabolisme (Mangkoedihardjo dan Samudro, 2010). Selain itu, tidak semua fosfat di dalam tanah dimanfaatkan oleh tanaman. Umumnya tanaman hanya dapat memanfaatkan fosfat dalam bentuk ortofosfat primer (H_2PO_4) dan sebagian

kecil dalam bentuk ortofosfat sekunder (HPO_4^-) (Barker and Pilbeam, 2007). Fosfor selain diserap oleh tumbuhan, sebagian juga diubah menjadi berbagai bentuk yang tidak larut, seperti senyawa Fe-P dan Al-P pada tanah masam dan Ca-P pada tanah basah. Efisiensi serapan P pada tanah tidak lebih dari 20%. P hilang dari tanah melalui aliran permukaan dan erosi yang menghasilkan proses eutrofikasi (Mukhlis, 2011).

C. Karakteristik Jaringan pada Tanaman

1. Kadar Air pada Jaringan Tanaman Pandan Wangi (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.)

Perhitungan kadar air jaringan tanaman pandan wangi (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) setelah fitoremediasi disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Kadar air pada jaringan tanaman pandan wangi (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.)

Perlakuan	Akar			Tajuk		
	Berat Awal (g)	Berat Akhir (g)	Kadar Air (%)	Berat Awal (g)	Berat Akhir (g)	Kadar Air (%)
P0	1	0,222	77,8	1	0,208	79,166
P1	1	0,213	78,7	1	0,228	77,2
P2	1	0,245	75,433	1	0,227	77,233
P3	1	0,236	76,4	1	0,21	79
P4	1	0,279	72,066	1	0,216	78

Sumber : Data Primer, 2019

Keterangan : P0 = 1.000 mL air keran, P1 = 250 mL limbah laundry + 750 air keran, P2 = 500 mL limbah laundry + 500 mL air keran, P3 = 750 mL limbah laundry + 250 mL air keran dan P4 = 1.000 mL limbah laundry.

Berdasarkan Tabel 4 dapat dilihat bahwa kadar air pada jaringan tanaman pandan wangi (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) setelah fitoremediasi memiliki kadar air yang tinggi yaitu berkisar antara 72,066% - 78,7% pada akar. Pada tajuk yaitu berkisar antara 77,2 % - 79 %. Penurunan bobot dari jaringan tanaman ini berkaitan dengan adanya proses penguapan air serta senyawa yang mudah menguap di dalam daun yang terjadi selama proses pengeringan (Wiraguna, dkk., 2010). Penelitian yang dilakukan oleh

Purwanti, dkk (2018), melaporkan bahwa kadar air daun pandan wangi setelah pengeringan yaitu berkisar antara 55,4% - 96,5%, sehingga dapat dikatakan bahwa kadar air pada perlakuan tanaman pandan wangi terbilang normal.

2. Kadar Fosfat dalam Jaringan Tanaman Pandan Wangi (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.)

Kadar fosfat dalam tanaman pandan wangi (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) setelah fitoremediasi disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Kadar fosfat dalam tanaman pandan wangi (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.)

Perlakuan	Fosfat (%)		
	Akar	Tajuk	Total
P0	0,022	0,033	0,055
P1	0,026	0,033	0,059
P2	0,028	0,033	0,061
P3	0,030	0,033	0,063
P4	0,036	0,035	0,071

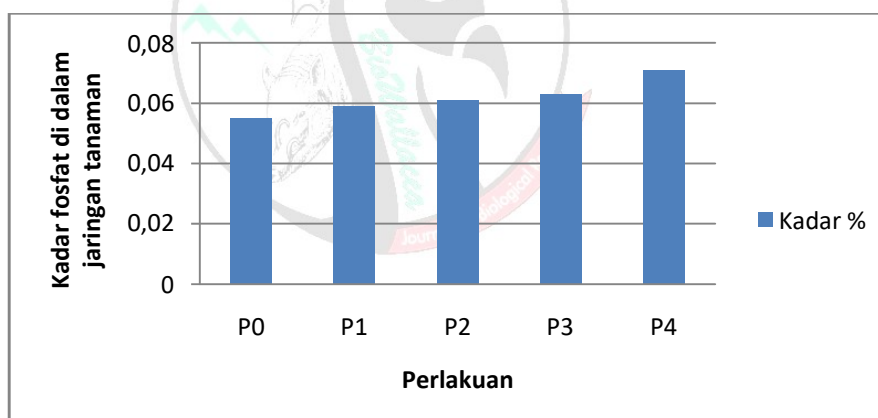
Sumber : Data Primer, 2019

Keterangan : P0 = 1.000 mL air keran, P1 = 250 mL limbah laundry + 750 air keran, P2 = 500 mL limbah laundry + 500 mL air keran, P3 = 750 mL limbah laundry + 250 mL air keran dan P4 = 1.000 mL limbah laundry.

Berdasarkan Tabel 5 dapat dilihat bahwa rerata kadar fosfat yang terdapat di dalam jaringan pandan wangi yaitu berkisar antara 0,022% - 0,036% pada akar dan 0,033%-0,035% pada tajuk. Kadar fosfat akar terbesar pada perlakuan P4 yaitu 0,036 % dan yang terkecil yaitu pada P0 yaitu 0,022 %, sedangkan kadar fosfat pada tajuk terbesar pada P4. Terlihat bahwa semakin besar kadar fosfat pada perlakuan maka semakin besar pula yang diserap dan terakumulasi di dalam jaringan tanaman. Penelitian ini menunjukkan secara umum kadar fosfat tertinggi terdapat pada tajuk dan juga terlihat relatif konstan. Hal ini dikarenakan fosfat adalah unsur hara esensial yang sangat dibutuhkan oleh tanaman dalam proses pertumbuhannya serta aktifitas-aktifitas metabolisme. Secara umum kadar

optimal fosfor untuk pertumbuhan vegetatif tanaman yaitu 0,3%-0,5% dari berat keringnya (Rosmarkan dan Yuwono, 2002).

Fosfor adalah hara makro esensial yang memegang peranan penting dalam berbagai proses, seperti fotosintesis, asimilasi, dan respirasi. Fosfor merupakan komponen struktural dari sejumlah senyawa molekul pentransfer energi ADP, ATP, NAD, NADH, serta senyawa sistem informasi genetik DNA dan RNA (Gardner, et al., 1991). Embleton et al. (1973) menyatakan bahwa P (fosfor) berperan dalam pertumbuhan tanaman. Fosfor dibutuhkan tanaman untuk pembentukan sel pada jaringan akar dan tunas. Berdasarkan tabel 5 dibuat grafik total fosfat dalam jaringan tanaman pandan wangi (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.).



Gambar 2. Grafik total kadar fosfat pada jaringan tanaman pandan wangi (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) setelah fitoremediasi.

Gambar 2 menunjukkan peningkatan kadar fosfat dalam jaringan tanaman pandan wangi mengalami peningkatan seiring perbedaan perlakuan yang diberikan. Kadar fosfat tertinggi terdapat pada perlakuan P4, sedangkan yang terendah pada perlakuan P0. Berdasarkan uji statistik *Analysis Varians* menunjukkan perbedaan perlakuan limbah laundry tidak berbeda nyata terhadap kadar fosfat pada jaringan tanaman

pandan wangi dimana F-hitung lebih kecil dari F-tabel dengan nilai F-hitung 1,8510 sedangkan F-tabel pada taraf kepercayaan 95% yaitu 3,478.

3. Persentase(%) Kadar Fosfat pada Jaringan Pandan Wangi (*Pandanus amaryllifolius*Roxb.)

Persentase kadar fosfat pada jaringan akar dan tajuk (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Persentase kadar fosfat dalam jaringan (*Pandanus amaryllifolius*Roxb.)

Perlakuan	Persentase Fosfat dalam Jaringan(%)	
	Akar	Tajuk
P0	40	60
P1	44	56
P2	46	54
P3	48	52
P4	51	49

Sumber: Data Primer, 2019

Keterangan : P0 = 1.000 mL air keran, P1 = 250 mL limbah laundry + 750 air keran, P2 = 500 mL limbah laundry + 500 mL air keran, P3 = 750 mL limbah laundry + 250 mL air keran dan P4 = 1.000 mL limbah laundry.

Tabel 6 menunjukkan bahwa persentase kadar fosfat dalam tajuk cenderung lebih besar dari akar. Hal ini dikarenakan tajuk merupakan organ pada tanaman yang sangat membutuhkan fosfor untuk keperluan aktifitas metabolismenya, terutama untuk melakukan fotosintesis yang dilakukan pada bagian tajuk tanaman. Selain itu fosfor merupakan komponen penting penyusun senyawa untuk transfer energi (ATP dan nukleoprotein lain), untuk sistem informasi genetik (DNA dan RNA), untuk membran sel (fosfolipid) dan fosfoprotein (Gardner *et al.*, 1991; Lambers *et al.*,2008).

D. Perhitungan dan Analisis Faktor Biokonsentrasi, Faktor Bioakumulasi, dan Faktor Translokasi

Perhitungan faktor biokonsentrasi (BCF), faktor bioakumulasi (BAF), dan faktor translokasi (TF) fosfat pada

tanaman pandan wangi (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Nilai BCF, BAF dan TF pada tanaman pandan wangi (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.)

Perlakuan	BCF	BAF	TF
	Akar	Tajuk	Tajuk
P0	0,034	0,051	1,5
P1	0,041	0,052	1,269
P2	0,044	0,052	1,178
P3	0,050	0,055	1,1
P4	0,062	0,061	0,972

Sumber : Data Primer, 2019

Keterangan : P0 = 1.000 mL air keran, P1 = 250 mL limbah laundry + 750 air keran, P2 = 500 mL limbah laundry + 500 mL air keran, P3 = 750 mL limbah laundry + 250 mL air keran dan P4 = 1.000 mL limbah laundry.

Akumulasi dan translokasi fosfat pada tanaman pandan wangi (*Pandanus*

amaryllifolius Roxb.) bisa dilihat dengan membandingkan kadar fosfat pada jaringan tanaman akar dan tajuk. Tanaman pandan wangi mampu beradaptasi dan mempunyai daya toleran terhadap fosfat pada limbah laundry hal ini dibuktikan selama penelitian masih mampu bertahan hidup. Besaran konsentrasi fosfat dari lingkungan yang diserap oleh jaringan akar yang disebar dan diakumulasikan ke jaringan lainnya dapat diketahui melalui tajuk tanaman dengan menggunakan pendekatan BAF dan TF. Tanaman yang memiliki nilai $BCF > 1$ dan $TF < 1$ tergolong dalam tanaman fitostabilisasi, sedangkan nilai $BCF < 1$ dan $TF > 1$ termasuk tanaman fitoekstraksi (Ghosh and Singh, 2005 dalam Nugrahanto, dkk., 2014).

Berdasarkan Tabel 7, nilai faktor biokonsentrasi fosfat pada akar berkisar antara 0,034–0,062 dengan nilai tertinggi pada perlakuan P4 dan terendah perlakuan P0. Umumnya nilai BCF tanaman pandan wangi (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) cenderung lebih rendah dibandingkan dengan nilai bioakumulasi (BAF) dan nilai tranlokasi (TF). Berdasarkan perbandingan nilai $BAF < 1$ dan $TF > 1$ maka tanaman pandan wangi termasuk tanaman fitoekstraksi. Sehingga hal ini menunjukkan fosfat lebih mudah ditranslokasi dari media menuju tajuk tanaman.

Nilai bioakumulasi (BAF) fosfat pada tajuk tanaman pandan wangi (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) berkisar antara 0,051–0,061. Umumnya nilai BAF tanaman pandan wangi (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) cenderung lebih besar dari nilai BCF. Hal ini dikarenakan fosfat merupakan unsur esensial yang digunakan oleh tanaman pandan wangi untuk proses metabolisme. Nilai translokasi (TF) fosfat dari akar ketajuk tanaman pandan wangi menunjukkan nilai berkisar antara 0,972–1,5. Adanya nilai translokasi

(TF) melebihi dari satu menunjukkan tingkat mobilitas fosfat di dalam jaringan tanaman pandan wangi tinggi yang menunjukkan mampu melakukan proses perpindahan dan distribusi fosfat ke dalam jaringan. Tanaman pandan wangi dapat digolongkan ke dalam kategori tanaman fitoekstraksi. Hal ini didasarkan atas kemampuannya dalam mengakumulasi dan mentranslokasikan fosfat ke dalam jaringannya. Fitoekstraksi merupakan tanaman hiperakumulasi terhadap polutan, mengumpulkan dalam jaringan khususnya pada tajuk tanaman yang diserap dari dalam tanah (Lamria dan Patricus, 2005).

Fosfat terdapat pada seluruh sel hidup tumbuhan dalam bentuk fosfat ester dan gula fosfat yang berperan penting dalam fotosintesis, membentuk asam nukleat (DNA dan RNA), respirasi seluler, merangsang pembelahan sel, dan membantu proses asimilasi (Hopkins, 1995). Fosfat masuk ke dalam tumbuhan melalui proses fitostabilisasi, proses naiknya fosfat menuju zona akar disebabkan oleh proses transpirasi. Kemudian fosfat didistribusikan ke dalam organ tanaman sejalan dengan aliran transpirasi (Mangkoedihardjo dan Samudro, 2010). Tumbuhan dapat menyerap kontaminan sedalam atau sejauh akar tumbuhan dapat tumbuh (Stefhany, dkk., 2016). Tanaman pada umumnya menyerap unsur-unsur hara melalui akar kemudian akan masuk ke batang melalui pembuluh angkut (*xilem*) yang kemudian akan diteruskan ke daun. Menurut Rusyani (2014), proses penyerapan zat-zat yang terdapat dalam media tanam dilakukan oleh ujung-ujung akar dengan jaringan meristem. Terjadi karena adanya gaya tarik-menarik oleh molekul-molekul air yang ada pada tumbuhan. Zat-zat yang diserap oleh akar akan masuk ke batang melalui pembuluh angkut (*xilem*) yang kemudian akan diteruskan ke daun.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka dapat disimpulkan yaitu:

1. Tanaman Pandan Wangi (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) mampu mengakumulasi fosfat dari media tanam yang menunjukkan sifat sebagai tumbuhan indikator karena mengakumulasi fosfat dalam tubuhnya semakin banyak dengan semakin meningkatnya pemberian konsentrasi limbah laundry di dalam media tanam. Akumulasi fosfat berturut – turut dari yang terbesar yaitu P4 (0,071 %), P3 (0,063 %), P2 (0,061 %), P1 (0,059 %) dan P0 (0,055%).
2. Berdasarkan analisis remediasi diperoleh nilai BCF < 1 dan TF >1, hal ini menunjukkan bahwa tanaman pandan wangi (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) mampu melakukan fitoremediasi limbah laundry melalui mekanisme fitoekstraksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, F., 2005, *Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk*, Balai Penelitian Tanah: Bogor.
- Amriani, B. H dan Agus, H., 2011, Bioakumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Seng (Zn) pada Kerang Darah (*Anadara granosa* L.) dan Kerang Bakau (*Polymesoda bengalensis* L.) di perairan teluk kendari, *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 9 (2).
- Barker, A.V and Pilbeam D.J., 2007, *Hand Book of Plant Nutrition*, CRC Press: New York.
- Connel dan Miller, 1995, *Kimia dan Eksitologi Pencemaran*, Indonesia University Press: Jakarta.
- Effendi, H., 2003, Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya Lingkungan Perairan, Penerbit Kanisius: Yogyakarta.
- Gardner F.P., Reece, R.B and Mitchell, R.L., 1991, *Fisiologi Tanaman Budidaya (Physiology of Crop Plants)*, UI – Press: Jakarta.
- Hardayanti, N dan Rahayu, S.S., 2007, Fitoremediasi Fosfat dengan Pemanfaatan Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) Studi Kasus pada Air Limbah Cair Industri Kecil Laundry, *Jurnal Presipitasi*, **2(1)** ISSN 1907-187X
- Hermawati, E., Wiryanto dan Solichatun., 2005, Fitoremediasi Limbah Detergen Menggunakan Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.) dan Genjer (*Limnocharis flava* L.), *Jurnal BioSMART*, **7(2)**: 115-124
- Hopkins, W.G., 1995, *Introduction to Plant Physiology*, New York: John Willey and Sons, Inc.
- IPTEK, 2007, Tanaman Obat Indonesia, <http://www.iptek.net.id.html>, 20 Oktober 2011.
- Isnaini, M., 2006, *Petanian Organik, Kreasi Wacana*: Yogyakarta.
- Kukuh, 2012. Toksisitas Merkuri (Hg) dan Tingkat Kelangsungan Hidup Pertumbuhan Gambaran Darah dan Kerusakan Organ pada Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*), *Jurnal Akuakultur Indonesia* **11(1)**: 38-48
- Lambers, H., Chapin, F.S and Pon, T.L., 2008, Direct and Indirect Effects of Soil Properties on Phosporus Retention Capacity, *Journal Soil Science Society of America*, 71: 95-100
- Lamria, S dan Patricus, S., 2015, Fitoremediasi Lahan Tercemar di Kawasan Industri medan dengan Tanaman Hias, *Jurnal Pertanian Tropik* **2(2)**: 178- 186
- Mangkoedihardjo, Sarwoko, Samudro dan Ganjar, 2010, *Fitoteknologi*

- Terapan, Graha Ilmu: Yogyakarta.
- Michael, T. A., Ambariyanto dan Bambang, Y., 2013, Pengaruh Pemberian Timbal (Pb) dengan Konsentrasi Berbeda Terhadap Klorofil, Kadar Timbal pada Akar dan Daun, Serta Struktur Histologi Jaringan Akar Anakan Mangrove *Rhizophora Mucronata*, *Journal Of Marine Research*, 2(2).
- Purbayanti, E.D dan Andani, S., 1991, Fisiologi Lingkungan Tanaman, Yogyakarta: UGM Press.
- Purwanti, N. M., Luliana, S dan Sari, N., 2018, Pengaruh Cara Pengeringan Simplisia Daun Pandan (*Pandanus amaryllifolius*) terhadap Aktivitas Penangkal Radikal Bebas DPPH (2,2-Difenil-1-Pikrilhidrazil), *Pharmacy Medical Journal*, 1(2): 63-72
- Rahayu, S.E dan Handayani, S., 2008, Keanekaragaman Morfologi dan Anatomi Pandanus (*Pandanaceae*) di Jawa Barat, *VIS VITALIS*, 1(2): 29-44
- Rosmarkan, A dan Yuwono, W. N., 2002, Ilmu Kesubuan Tanah, Kanisius; Yogyakarta.
- Rusyani, R., 2014, Potensi Tumbuhan Genjer Sebagai Agen Fitoremediasi pada Limbah yang Mengandung Logam Timbal (Pb), *Skripsi*, Jurusan Pendidikan Kimia Fakultas Matematika dan IPA Universitas Negeri Gorontalo.
- Sasmitamihardja, D dan Siregar, A., 1996, Fisiologi Tumbuhan, Proyek Pendidikan Tenaga Akademik Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan dan Kebudayaan: Bandung.
- Setiawan, E., 2009, Kajian Hubungan Unsur Iklim Terhadap Produktivitas Cabe Jamu (*Piper refractum* VAHL.) di Kabupaten Sumenep, *Jurnal AGROVIGOR*, 2(1): 4-5
- Siswandari, A.M., Hindun, I dan Sukarsono., 2016, *Ehinodorus paleaefolius* Sebagai Tanaman Fitoremediasi dalam Menurunkan Fosfat Limbah Cair Laundry, Seminar Nasional dan Gelar Produk, UMM.
- Siswandari, A.M., Hindun, I dan Sukarsono., 2016, Fitoremediasi Fosfat Limbah Cair Laundry Menggunakan Tanaman Melati Air (*Echinodorus paleaefolius*) dan Bambu Air (*Equisetum hyemale*) Sebagai Sumber Belajar Biologi, *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*, 2(3): 22-230
- Stefhany, C.A., Sutisna, M dan Pharmawaty, K., 2016, Fitoremediasi Fosfat dengan Menggunakan Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) pada Limbah Cair Industri Kecil Pencucian Pakaian (Laundry), *Jurnal Institut Teknologi Nasional*, 1(1): 1-11
- Wiraguna, I. G. N. P., Wartini, N. M dan Yoga, G. S., 2010, Pengaruh Metode dan Lama Curing terhadap Karakteristik Daun Pandan Wangi (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.), *Jurnal Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana*.