

Studi Fitoremediasi Tumbuhan Akuatik *Pistia Stratiotes* di Kebun Raya Purwodadi

Halidha Nelly Zakia¹, Rony Irawanto^{1,2}

¹ Jurusan Budidaya, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Jl. Veteran, Malang, Indonesia

² Balai Konservasi Tumbuhan Kebun Raya Purwodadi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jl. Raya Surabaya-Malang Km. 65 Purwodadi, Pasuruan, Indonesia

Email: halidhanelly165@gmail.com

Abstrak

Studi fitoremediasi tumbuhan akuatik *Pistia stratiotes* bertujuan untuk mengetahui nilai Range Finding Test (RFT) atau nilai konsentrasi maksimal pada tanaman *Pistia stratiotes* sebagai fitoremediator limbah domestik organik. Pengamatan dilakukan dengan melihat perubahan morfologi tanaman setelah diberi perlakuan dengan beberapa tahapan nilai RFT. Hasil *Pistia stratiotes* sebagai fitoremediator limbah domestik organik (detergen) bahwa tanaman tersebut toleran pada konsentrasi 50 ppm hingga 70 ppm. Apabila diatas batas nilai RFT tersebut tanaman dapat mengalami gejala klorosis, nekrotis, hingga tanaman mati.

Kata Kunci

Fitoremediasi, *Pistia stratiotes*, Toleransi

PENDAHULUAN

Fitoremediasi merupakan suatu teknologi pembersihan, penghilang atau pengurang zat pencemar dalam tanah atau air dengan menggunakan bantuan tanaman. Dalam hal ini, fitoremediasi dapat dilakukan salah satunya dengan tumbuhan air atau tumbuhan akuatik. Tumbuhan air merupakan tumbuhan yang hidup di dalam maupun dekat air atau tumbuhan hidup yang bergantung pada lingkungan berair atau sebagian besar siklus hidup berada di lingkungan berair. Tumbuhan akuatik juga memiliki manfaat ekologis yang cukup tinggi. Salah satunya sebagai pengelola polutan atau limbah cair dalam lingkungan, sehingga dengan adanya tumbuhan akuatik maka pencemaran air dapat diatasi dan kualitas air mampu dipulihkan kembali menjadi lebih baik.

Keberadaan tumbuhan akuatik dalam penataan taman yang estetik dapat memberikan kesan alami dan indah dipandang, meskipun sebagai fitoremediasi tumbuhan akuatik memiliki berbagai macam manfaat selain digemari masyarakat sebagai tanaman hias, tumbuhan akuatik juga dapat digunakan sebagai bahan pembuat minyak, obat, bahan makanan juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan untuk membuat kerajinan. *Pistia stratiotes* atau dikenal dengan nama lokal kayu apu, selada air, atau kubis air yang merupakan salah satu tanaman akuatik. Tanaman tersebut merupakan tumbuhan yang berasal dari afrika atau amerika selatan, yang tumbuh secara alami atau bisa juga dibawa oleh manusia. Di Amerika Selatan, terdapat pada semenanjung Florida dan menuju ke barat hingga Texas. Di Florida, di dokumentasikan di sepanjang danau danau, aliran sungai, pantai, rawa, rawa yang dalam, rawa yang dangkal dan komunitas yang kasar. Tanaman akuatik ini dapat dijadikan fitoremediator yaitu tumbuhan yang memiliki kemampuan untuk mengolah limbah, baik itu berupa logam berat, zat anorganik maupun zat organik seperti detergen. Manfaat tumbuhan

air seperti *Pistia stratiotes* dapat mengurangi konsentrasi limbah cair dalam limbah dapat dilakukan dengan proses fitoremediasi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai Range Finding Test atau batas konsentrasi maksimal tanaman *Pistia stratiotes* sebagai fitoremediator limbah domestik organik detergen. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadikan acuan dasar bahwa tanaman *Pistia stratiotes* dapat digunakan sebagai fitoremediator limbah domestik organik detergen.

METODE

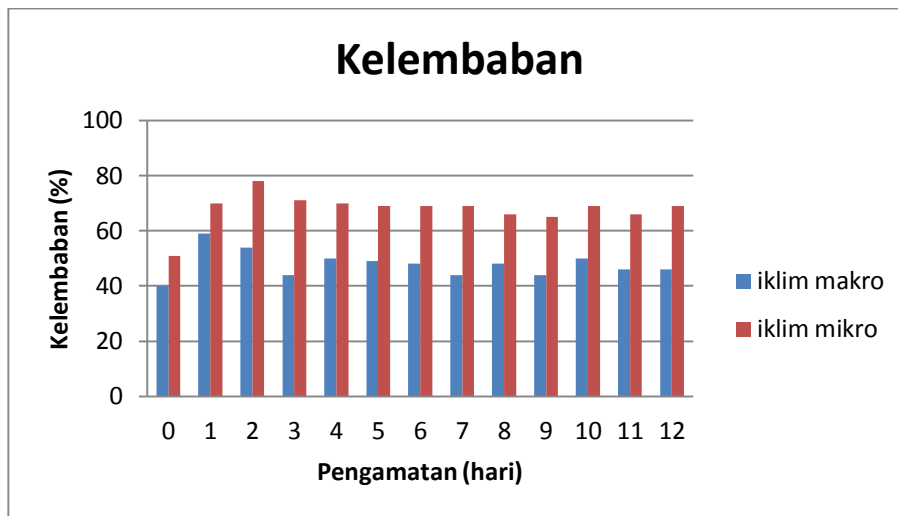
Penelitian dilaksanakan pada tanggal 17 Juni sampai dengan 2 Agustus 2019, di Rumah Kaca Pembibitan Kebun Raya Purwodadi - LIPI. Alat yang digunakan pada kegiatan ini antara lain, alat tulis, botol plastik 1,5 L, gelas ukur, gunting, spidol, batang pengaduk, spatula, timbangan, kertas, cawan petri, lux meter, termohigro analog dan termohigro. Serta bahan yang digunakan pada kegiatan ini antara lain ada tanaman *Pistia stratiotes*, detergen, dan air.

Percobaan dilakukan dengan mengamati faktor lingkungan makro dan mikro seperti kelembaban dan suhu, serta intensitas cahaya matahari sebagai data pendukung fitoremediasi. Selain itu, pada tanaman *Pistia stratiotes* dilakukan pengamatan morfologi selama percobaan. Pengamatan dilaksanakan empat tahap dengan masing-masing tahap dilakukan dua kali ulangan, tahap pertama dilaksanakan dengan nilai konsentrasi 1000 ppm, 2000 ppm, 3000 ppm, dan 4000 ppm. Pada tahap ke dua dengan nilai konsentrasi 200 ppm, 400 ppm, 600 ppm, dan 800 ppm. Pada tahap ke tiga dengan nilai konsentrasi 40 ppm, 80 ppm, 120 ppm, dan 160 ppm. Dan pada tahap ke 4 dengan nilai konsentrasi 50 ppm, 60 ppm, 70 ppm. Pengamatan dilakukan pada hari ke 0 hingga hari ke 12.

HASIL DAN PEMBAHASAN

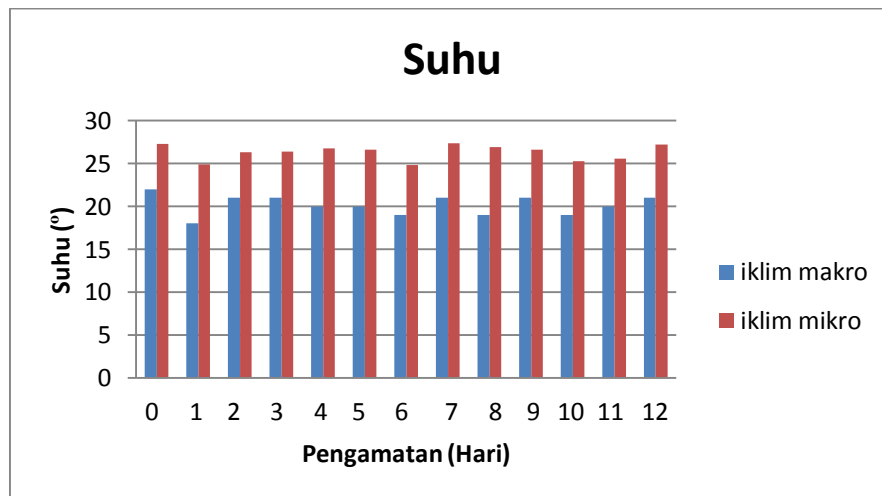
Pengukuran Faktor Lingkungan

Pengukuran faktor lingkungan dilakukan pada rumah kaca pembibitan di Kebun Raya Purwodadi antara pukul 09.00 WIB hingga 10.00 WIB sebagai tempat percobaan fitoremediasi. Faktor lingkungan yang diukur ada kelembaban makro dan mikro, suhu makro dan mikro, serta intensitas cahaya. Pengamatan faktor lingkungan salah satunya ada kelembaban makro lingkungan percobaan atau di rumah kaca sedangkan kelembaban mikro dilakukan pada tempat percobaan sekitar tanaman dengan hasil pengamatan (Gambar 1). Pengukuran faktor lingkungan selama pengamatan, kelembaban dilakukan pengamatan pada kelembaban makro dan mikro. Hasil pengamatan kelembaban makro menunjukkan antara 40% hingga 59 % sedangkan untuk kelembaban mikro berkisar antara 51% hingga 78%. Hal ini menunjukkan bahwa kelembaban makro dan mikro pada pengamatan ke 0 hingga pengamatan ke 12 mengalami perubahan pada beberapa pengamatan, seperti pada pengamatan ke 0 mengalami kenaikan hingga pengamatan ke 3 dan mengalami penurunan sampai pengamatan ke 5 dan konstan hingga pengamatan ke 7. Pada umumnya perubahan tersebut tidak signifikan karena cenderung konstan.



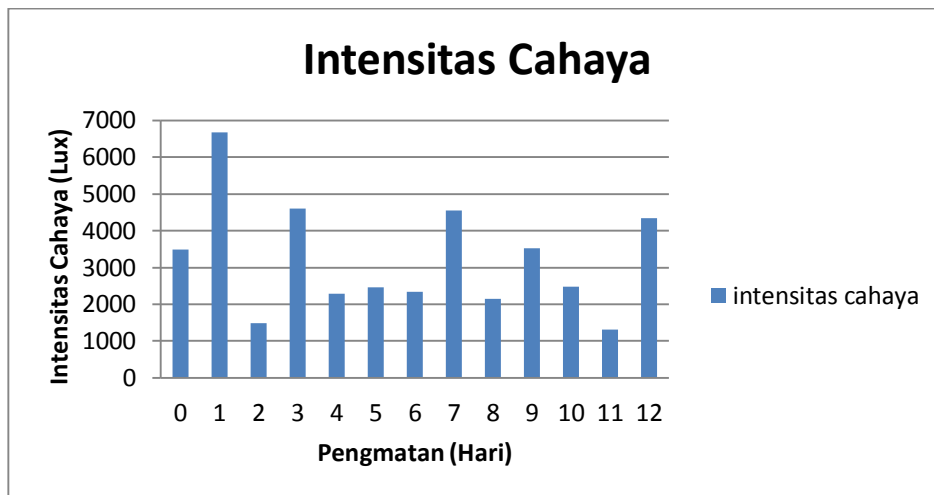
Gambar 1. Grafik Kelembaban di Lingkungan Rumah Kaca

Untuk pengamatan faktor lingkungan kedua yaitu suhu makro dan mikro mengalami sedikit perbedaan (Gambar 2). Pada hasil pengamatan suhu makro berkisar antara 18°C hingga 21 °C sedangkan pada suhu mikro berkisar antara 24,8 °C hingga 27,4 °C. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan suhu pada pengamatan ke 0 hingga ke 12 tidak mengalami perubahan yang signifikan dan relatif konstan.



Gambar 2. Grafik Suhu di Lingkungan Rumah Kaca

Parameter pengamatan faktor lingkungan ke tiga yaitu intensitas cahaya matahari. Hasil pengukuran intensitas cahaya matahari (Gambar 3) yang berada di lingkungan rumah kaca pembibitan berkisar antara 668 lux meter hingga 4600 lux meter. Ada beberapa hasil pengamatan intensitas cahaya yang memiliki perbedaan yang signifikan pada beberapa pengamatan. Pengamatan faktor lingkungan yaitu suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya matahari ini dilakukan sebagai data penunjang pengamatan fitoremediasi.



Gambar 3. Grafik Intensitas Cahaya Matahari di Lingkungan Rumah Kaca

Fitoremediasi *Pistia stratiotes*

Percobaan fitoremediasi menggunakan tanaman akuatik *Pistia stratiotes* dengan melakukan pengamatan morfologi. Pengamatan dilakukan untuk mengetahui perbedaan kondisi tanaman setelah diberi perlakuan limbah domestik detergen yang dilakukan dengan dua kali ulangan. Percobaan dilakukan dengan beberapa tahapan untuk mendapatkan nilai RFT (*Range Finding Test*) seperti pada Tabel 1 yang sesuai dengan kemampuan tanaman. Setiap percobaan digunakan kontrol dan adapun beberapa perlakuan konsentrasi yang diberikan setiap tahap. Pada tahap 1 digunakan nilai RFT 1000 ppm, 2000 ppm, 3000 ppm, dan 4000 ppm. Pengamatan pada tahap 1 dilakukan pada pengamatan ke 1, 2, dan 3 dengan hasil tanaman yang diberi perlakuan limbah domestik mengalami perubahan morfologi tanaman dengan warna tanaman berubah dari hijau menjadi kuning hingga putih, sehingga tanaman dikatakan tidak toleran terhadap konsentrasi limbah domestik detergen diatas 1 g/l.



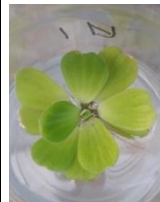












Tabel 1. Nilai Range Finding Test (RFT)

Nilai Range Finding Test (RFT)			
Tahap 1	Tahap 2	Tahap 3	Tahap 4
0 ppm	0 ppm	0 ppm	0 ppm
1000 ppm	200 ppm	40 ppm	50 ppm
2000 ppm	400 ppm	80 ppm	60 ppm
3000 ppm	600 ppm	120 ppm	70 ppm
4000 ppm	800 ppm	160 ppm	















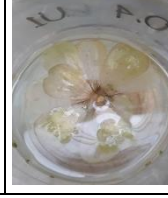
Hasil percobaan pada tahap 1 (Tabel 2) menghasilkan nilai RFT pada tahap 2 yaitu dengan konsentrasi yang diturunkan menjadi 200 ppm, 400 ppm, 600 ppm, dan 800 ppm. Percobaan pada tahap 2 (Tabel 3) dilakukan pada pengamatan ke 4, 5, dan 6 dengan hasil tanaman yang diberi perlakuan limbah domestik masih mengalami perubahan morfologi tanaman dengan warna tanaman berubah dari hijau menjadi kuning hingga putih, sehingga tanaman dapat dikatakan tidak toleran terhadap konsentrasi limbah domestik detergen. Dengan hasil pada

tahap sebelumnya dilakukan percobaan pada tahap 3 (Tabel 4) dengan konsentrasi dibawah 40 ppm, 80 ppm, 120 ppm, dan 160 ppm. Pengamatan tersebut dilakukan pada pengamatan ke 7, 8, dan 9 dengan hasil tanaman yang diberi perlakuan limbah domestik mengalami perubahan morfologi yaitu warna tanaman dari hijau menjadi kuning hingga putih, sehingga tanaman dapat dikatan tidak toleran terhadap konsentrasi limbah domestik detergen pada konsentrasi 120 ppm. Pada konsentrasi 80 ppm bagian tanaman masih ada yang berwarna hijau, namun sudah rentan untuk tanaman menjadi mati. Berbeda halnya pada percobaan dengan konsentrasi 40 ppm bahwa tanaman masih terlihat toleran dengan bagian tanaman masih dominan hijau sehingga tanaman dapat beradaptasi dengan perlakuan yang diberikan. Sehingga pada konsentrasi 40 ppm tanaman masih dapat hidup dan pada konsentrasi 80 ppm tanaman rentan atau dapat mengalami kematian, maka dilakukan percobaan pada tahap 4 (Tabel 5) dengan nilai RFT antara nilai tersebut yakni dengan nilai 50 ppm, 60 ppm, 70 ppm. Pengamatan tersebut dilakukan pada pengamatan ke 10, 11, 12 dengan hasil tanaman yang diberi perlakuan limbah domestik menunjukkan bahwa perubahan morfologi yang nampak daun sedikit berubah pada pengamatan ke 3 warna menjadi kuning namun masih dominan yang berwarna hijau. Perubahan morfologi menggambarkan tidak adanya berpengaruh konsentrasi yang diberikan pada tanaman karena tanaman masih toleran dan dapat bertahan hidup pada konsentrasi yang diberikan dan begitu pula pada nilai RFT 50 ppm hingga 70 ppm tanaman toleran terhadap limbah domestik.









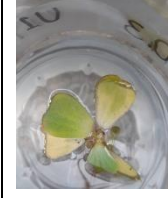




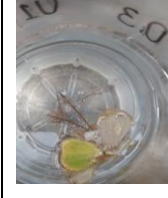

Tabel 1. Tabel Pengamatan Morfologi *Pistia stratiotes* Tahap 1

Pengamatan Ke-	Konsentrasi (ppm)				
	0	1000	2000	3000	4000
1					
2					
3					


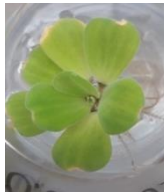










Tabel 2. Tabel Pengamatan Morfologi *Pistia stratiotes* Tahap 2

Pengamatan Ke-	Konsentrasi (ppm)				
	0	200	400	600	800
4					
5					
6					

Tabel 3. Tabel Pengamatan Morfologi *Pistia stratiotes* Tahap 3

Pengamatan Ke-	Konsentrasi (ppm)				
	0	40	80	120	160
7					
8					
9					

Tabel 4. Tabel Pengamatan Morfologi *Pistia stratiotes* Tahap 4

Pengamatan Ke-	Konsentrasi (ppm)			
	0	50	60	70
10				
11				
12				

Pembahasan

Berdasarkan hasil pengamatan lingkungan rumah kaca pada percobaan fitoremediasi seperti pengukuran iklim makro dan iklim mikro berupa suhu dan kelembaban, serta intensitas cahaya tidak mempengaruhi perubahan hasil morfologi tanaman karena hasil hanya dipengaruhi oleh treatment perlakuan. Percobaan pada fitoremediasi dilakukan di Rumah Kaca Pembibitan Kebun Raya Purwodadi dengan tanaman *Pistia stratiotes* menggunakan limbah domestik organik bahan detergen yang sering digunakan dalam kegiatan rumah tangga. Menurut Hendriyanto dan Herlambang (2018) bahwa dampak yang ditimbulkan dari limbah domestik dapat menyebabkan gangguan terhadap lingkungan dengan menurunnya kualitas perairan seperti sungai dan gangguan terhadap masyarakat. Air limbah sangat berbahaya terhadap kesehatan manusia karena dapat meningkatkan banyak penyakit yang disebabkan oleh air limbah.

Fitoremediasi limbah domestik dengan tanaman *Pistia stratiotes* dilakukan pengamatan berupa morfologi seperti warna daun, klorosis, dan nekrotis dengan cara mengamati perubahan fisik tanaman. Perubahan fisik tanaman diamati untuk mengetahui dampak yang timbul setelah tanaman terpapar limbah domestik detergen. Perlakuan pada tahap 1, 2, dan 3 menunjukkan adanya perubahan fisik tanaman dengan perubahan warna dari hijau menjadi kuning hingga putih dengan menunjukkan gejala klorosis hingga nekrotis sehingga dapat dinyatakan bahwa tanaman tidak toleran. Sedangkan *Pistia stratiotes* toleran pada perlakuan tahap 4 terhadap yaitu pada konsentrasi 50 ppm hingga 70 ppm. Fitoremediasi limbah domestik detergen menggunakan kayu apu juga pernah dilakukan dalam penelitian Hendriyanto dan Herlambang (2018) yang menyatakan bahwa tanaman *Pistia stratiotes* mampu menurunkan limbah detergen dengan penurunan kadar fosfat 65,45% dan

penurunan kadar COD (*Chemical Oxygen Demand*) 32,94%. Selain itu variabel kepadatan tanaman dan waktu tinggal berpengaruh terhadap penurunan kadar fosfat dan COD dalam limbah domestik detergen.

Penelitian Wirawandi (2016) menyatakan bahwa hasil penelitian yang ditinjau dan diuji setiap dua hari selama 8 hari di laboratorium. Dapat disimpulkan bahwa *Pistia stratiotes* dapat menurunkan kadar COD, TSS (*Total Suspended Solid*), dan amonia terlarut adalah 56,16%, 91,91% dan 35,93% dalam proses fitoremediasi air limbah tambak udang meskipun persentasenya relatif kecil. Selain itu, menurut Wirawan (2014) pada pengolahan limbah cair domestik menggunakan tanaman *Pistia stratiotes* dengan teknik tanam hidroponik sistem DFT (*Deep Flow Technique*) menyatakan bahwa perlakuan lama waktu retensi 6 hari dengan aerasi paling efisien dalam pengolahan limbah cair domestik. Selain sebagai fitoremediator limbah domestik organik, tanaman *Pistia stratiotes* dapat menjadi fitoremediator logam berat Cu seperti yang dinyatakan Baroroh (2018) bahwa tumbuhan akuatik *Pistia stratiotes* mampu menurunkan logam berat Cu pada konsentrasi 2 ppm hingga 5 ppm dengan penurunan pada konsentrasi 2 ppm sebesar 94% dan pada 5 ppm sebesar 90% namun *Pistia stratiotes* mengalami kerusakan berupa klorosis dan nekrosis pada kedua konsentrasi. Selain itu, tanaman *Pistia stratiotes* juga dapat sebagai fitoremediator air tercemar limbah Timbal (Pb) yaitu perlakuan *Pistia stratiotes* 4 ppm mampu menurunkan kandungan Pb lebih tinggi dari pada perlakuan *Echinodorus radicans* 4 ppm dengan persentase 92,53% dan 89,59% (Perwitasari, 2018).

Percobaan fitoremediasi tanaman *Pistia stratiotes* memiliki batas toleran terhadap konsentrasi detergen 70 ppm. Untuk dilakukan penerapan pada perairan seperti sungai harus memiliki kondisi perairan dengan konsentrasi limbah detergen 70 ppm atau dibawah konsentrasi tersebut agar tanaman *Pistia stratiotes* dapat digunakan sebagai fitoremediator di perairan tersebut. Berdasarkan penelitian Haeruddin, dkk. (2016) yang dilakukan di Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang, bahwa hasil pengukuran konsentrasi deterjen masing-masing stasiun penelitian di Sungai Banjir Kanal Barat yaitu stasiun 1 berkisar 0,22 mg/l – 0,35 mg/l, stasiun 2 berkisar 0,08 mg/l – 0,62 mg/l, dan stasiun 3 berkisar 0,11 mg/l – 0,18 mg/l. Sehingga konsentrasi detergen yang terdapat di Sungai Banjir Kanal Barat pada semua stasiun berkisar antara 0,05 mg/l – 0,62 mg/l. Selain itu, menurut Komarawidjaja (2004) yang melakukan penelitian di DAS Citarum yang terletak di Bandung Jawa Barat menyatakan bahwa daerah bagian hulu Sungai Citarum konsentrasi detrgen masih relatif rendah 0,053-0,098 mg/l. Semakin ke hilir perairan DAS Citarum hulu konsentrasi detergen terus meningkat dari 0,228-1,024 mg/l di sungai tersebut hilir turun ke sekitar Nanjung menjelang masuk Waduk Saguling. Menurut Susana dan Suyarso (2008), konsentrasi deterjen di perairan Cirebon bervariasi antara 0,0002 mg/l-0,0051 mg/l yang menunjukkan kualitas air sungai berkurang. Konsentrasi deterjen 0,12-0,14 di beberapa muara sungai perairan Teluk Jakarta, sedangkan di muara Sungai Porong mendapatkan konsentrasi deterjen antara 0,03-0,22 mg/l. Berdasarkan beberapa data konsentrasi detergen di perairan yang didapat dari literatur diatas bahwa konsentrasi detergen di perairan sudah mencapai 1,024 mg/l atau 1,024 ppm, sehingga tanaman *Pistia stratiotes* dapat diterapkan di perairan sebagai fitoremediator karena tanaman *Pistia stratiotes* dapat toleran dengan limbah hingga konsentrasi detergen 70 ppm pada percobaan yang telah dilakukan.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan di kebun raya purwodadi terhadap fitoremediasi tanaman akuatik *Pistia stratiotes* pada limbah domestik organik (detergen) bahwa batas toleransi tanaman tersebut berada pada nilai RFT konsentrasi 50 ppm hingga 70 ppm pada setiap individu tanaman. Apabila konsentrasi limbah domestik di lingkungan diatas nilai rft dengan konsentrasi melebihi 70 ppm maka tanaman dapat mengalami klorosis dan nekrosis hingga menyebabkan tanaman mati. Sesuai hasil perbandingan antara perlakuan kontrol dan perlakuan air limbah domestik, bahwa perlakuan kontrol lebih baik dibanding perlakuan menggunakan limbah domestik. Dengan hasil pengamatan tersebut dan didukung dengan literatur dapat disimpulkan bahwa tanaman *Pistia stratiotes* berpotensi dalam bahan fitoremediasi limbah domestik dilingkungan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kepala dan seluruh pegawai Balai Konservasi Tumbuhan Kebun Raya Purwodadi – LIPI atas bimbingan dan pemberian izin penggunaan lokasi, serta kerja samanya. Tak lupa juga kepada teman-teman magang yang telah banyak membantu dalam kegiatan yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

DAFTAR RUJUKAN

- Baroroh, F. Dan Rony, I. 2016. *Seleksi Tumbuhan Akuatik Berpotensi Dalam Fitoremediasi Air Limbah Domestik Di Kebun Raya Purwodadi*. Universitas Brawijaya. Malang. 12(01):35-40.
- Baroroh, F., Handayanto, E., dan Irawanto, R. 2018. *Fitoremediasi Air Tercemar Tembaga (Cu) Menggunakan *Salvinia molesta* Dan *Pistia stratiotes* Serta Pengaruhnya Terhadap Pertumbuhan Tanaman *Brassica rapa**. Universitas Brawijaya. Malang. 5(1):689-700.
- Chaney RL et al. 1995. *Potential use of metal hyperaccumulators*. Mining Environ Manag. 3:9-11.
- Erliyani, N. 2011. *Pemakaian Jeans pada Usia Produktif sebagai Upaya Mengurangi Cemaran Detergen pada Air dan Pengeluaran*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Giesen, W. 1991. *Checklist of Indonesian Freshwater Aquatic Herbs*. Asian Wetland Bureau-Indonesia.
- Haeruddin. Sari, D. A., dan Rudyanti, S. 2016. *Analisis Beban Pencemaran Deterjen Dan Indeks Kualitas Air Di Sungai Banjir Kanal Barat, Semarang Dan hubungannya Dengan Kelimpahan Fitoplankton*. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Hanafiah, M. M., Mohamad, N. H. S. M, dan Aziz, N. I. H. A. 2018. *Salvinia molesta dan Pistia stratiotes sebagai Agen Fitoremediasidalam Rawatan Air Sisa Kumbahan*. Sains Malaysia. Malaysia.
- Hendriyanto, O. dan Herlambang, P. 2018. *Fitoremediasi Limbah Deterjen Menggunakan Kayu Apu (*Pistia Stratiotes L.*) Dan Genjer (*Limnocharis Flava L.*)*. Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur. Surabaya. Diponegoro Journal Of Maquares. (5) 4.
- Hidayanti, N. 2005. *Fitoremediasi dan Potensi Tumbuhan Hiperakumulator*. Pusat Penelitian Biologi, LIPI. Bogor. 1(5):35-40.

- Hidayati, N. V., Upit, R. P., dan Asrul, S. S. 2011. *Kemampuan Tumbuhan Air Sebagai Agen Fitoremediator Logam Berat Kromium (Cr) Yang Terdapat Pada Limbah Cair Industri Batik*. Universitas Riau. Riau. 39(1):58-64.
- Komarawidjaja, W. 2004. *Kontribusi limbah detergen terhadap status kehidupan perairan di DAS citarum Hulu*. Pusat pengkajian dan penerapan teknologi lingkungan badan pengkajian dan penerapan teknologi. Bogor. 5(3):193-197
- Nurfitri, A. dan Rachmatiah, I. 2010. *Pengaruh Kerapatan Tanaman Kiapu (Pistia stratiotes L) Terhadap Serapan Logam Cu Pada Air*. Institut Teknologi Bandung. Bandung. 16(1):42-51.
- Ni'ma, N., Widyorini, N., dan Ruswahyuni. 2014. *Kemampuan Apu-Apu (Pistia Sp.) Sebagai Bioremediator Limbah Pabrik Pengolahan Hasil Perikanan (Skala Laboratorium)*. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Magandhi, M. 2015. *Tumbuhan Air Berpotensi Obat Koleksi Kebun Raya Bogor*. Pusat Konservasi Tumbuhan Kebun Raya – LIPI. Bogor.
- Perwitasari, P., Handayanto, E., dan Rindyastuti, R. 2018. *Penggunaan Echinodorus radicans Dan Pistia stratiotes Untuk Fitoremediasi Air Tercemar Timbal (Pb) Serta Pengaruhnya Terhadap Tanaman Amaranthus tricolor*. Universitas Brawijaya. Malang. 5(1):811-817.
- Putri, D. S., Purnomo, P. W., dan Haeruddin. 2013. *Tingkat Pencemaran Deterjen Pada Sedimen Menggunakan Indikator Kimia-Biologi Di Sungai Sayung*. Universitas Diponegoro. Semarang. Diponegoro Journal Of Maquares. (2)4:100-109.
- Rahadian, R., Sutrisno, E., dan Sumiyati, S. 2017. *Efisiensi Penurunan Cod Dan Tss Dengan Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Kayu Apu (Pistia Stratiotes L.) Studi Kasus: Limbah Laundry*. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Rijal, M. 2014. *Studi Morfologi Kayu Apu (Pistia stratiotes) Dan Kiambang (Salvinia molesta)*. IAIN Ambon. Ambon. 3 (2).
- Safitri, R. 2009. *Phytoremediasi Greywater Dengan Tanaman Kayu Apu (Pistia stratiotes) Dan Tanaman Kiambang (Salvinia molesta) Serta Pemanfaatannya Untuk Tanaman Selada (Lactuca sativa) Secara Hidroponik*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Salt DE. 2000. *Phytoextraction: present applications and future promise*. Di dalam: Wise DL, Trantolo DJ, Cichon EJ, Inyang HI, Stottmeister U (ed). *Bioremediation of Contaminated Soils*. New York: Marcek Dekker Inc. hlm 729-743.
- Susana, T. S. 2008. *Penyebaran Fosfat dan Deterjen di Perairan Pesisir dan Laut sekitar Cirebon, Jawa Barat*. Pusat Penelitian Oseanografi - LIPI. Bogor. 34:117-131.
- Wandhana, R. 2013. *Pengolahan Air Limbah Laundry Secara Alami (Fitoremediasi) Dengan Tanaman Kayu Apu (Pistia Stratiotes)*. UPN Veteran Jatim. Surabaya.
- Wersal, R.M. And J.D. Madsen. 2012. *Aquatic Plants: Their Uses And Risks, A Review Of The Global Status Of Aquatic Plants*. International Plant Protection Convention, FAO. Rome.
- Wirandani, E. K. 2016. *Pemanfaatan Kiapu (Pistia stratiotes) Sebagai Tumbuhan Fitoremediasi dalam Proses Pengolahan Limbah Tambak Udang Vannamei*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Wirawan, W. A., Wirosedarmo, R., dan Susanawati, L. D. 2014. *Pengolahan Limbah Cair Domestik Menggunakantanaman Kayu Apu (Pistia Stratiotes L.) Dengan Teknik Tanam Hidroponik Sistem Dft (Deep flow technique)*. Universitas Brawijaya. Malang.