

The Effectiveness of Apu Wood Plants (*Pistia stratiotes*) in Reducing Detergents in Water

(Efektivitas Tumbuhan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) dalam Mereduksi Detergen pada Air)

Moch Suwardy^{1*}, Hariyani Sambali², Natalie Detty C Rumampuk³, Novie Pankie Lukas Pangemanan², Deiske A. Sumilat¹ dan Marina Flora Oktavine Singkoh⁴

¹Program Studi Magister Ilmur Perairan, Program Pascasarjana, Universitas Sam Ratulangi, Manado, Sulawesi Utara

²Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Sam Ratulangi, Manado, Sulawesi Utara

³Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Sam Ratulangi, Manado, Sulawesi Utara

⁴Program Studi Magister Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Sam Ratulangi, Manado, Sulawesi Utara

*Corresponding author: suwardymoch1@gmail.com

Manuscript received: 25 Oct. 2025 Revision accepted: 23 Dec. 2025

Abstract

This study aims to (1) evaluate the concentration of detergents in the water of the Dayanan River, (2) analyze the ability of *Pistia stratiotes* to reduce detergents, and (3) evaluate the effect of phytoremediation media on the physiological response of carp (*Cyprinus carpio*). The study used a Complete Random Design (RAL) with a plant contact time treatment of 3 and 6 days on two types of media (river water and well water + 10 mg/L detergent), as well as three replicas. Detergent analysis was carried out using the SNI 06-6989.51-2005 spectrophotometry method. The results showed that the highest concentration of detergent in the Dayanan River was found in the middle (0.0497 mg/L). *Pistia stratiotes* effectively reduced detergent significantly ($p = 0.025$) with optimal time on the third day. The fish response showed an increase in the frequency of operculum opening on the third day ($p = 0.004$) and no mortality was found for 48 hours. These results prove that *Pistia stratiotes* is effectively used as a natural biofilter to reduce the detergent content in waters.

Keywords: detergent, *Pistia stratiotes*, phytoremediation, common carp (*Cyprinus carpio*), Dayanan River

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk (1) mengevaluasi konsentrasi detergen dalam air Sungai Dayanan, (2) menganalisis kemampuan *Pistia stratiotes* dalam mereduksi detergen, dan (3) mengevaluasi efek media hasil fitoremediasi terhadap respon fisiologis ikan mas (*Cyprinus carpio*). Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan perlakuan waktu kontak tanaman 3 dan 6 hari pada dua jenis media (air sungai dan air sumur + detergen 10 mg/L), serta tiga ulangan. Analisis detergen dilakukan menggunakan metode spektrofotometri SNI 06-6989.51-2005. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi detergen tertinggi di Sungai Dayanan terdapat pada bagian tengah (0,0497 mg/L). *Pistia stratiotes* efektif mereduksi detergen secara signifikan ($p = 0,025$) dengan waktu optimal pada hari ketiga. Respon ikan menunjukkan peningkatan frekuensi bukaan operkulum pada hari ketiga ($p = 0,004$) dan tidak ditemukan mortalitas selama 48 jam. Hasil ini membuktikan bahwa *Pistia stratiotes* efektif digunakan sebagai biofilter alami untuk menurunkan kandungan detergen di perairan.

Kata kunci: detergen, *Pistia stratiotes*, fitoremediasi, ikan mas (*Cyprinus carpio*), Sungai Dayanan

PENDAHULUAN

Aktivitas rumah tangga dan industri jasa seperti binatu (laundry) merupakan penyumbang besar limbah cair yang

mengandung senyawa kimia aktif, salah satunya adalah Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS) dari detergen. Pencemaran air oleh detergen dapat menyebabkan penurunan kualitas air,

eutrofikasi, dan gangguan pada kehidupan organisme air. Menurut Switarto dan Sugito (2012), limbah domestik menyumbang sekitar 60–70% pencemaran sungai, dan deterjen menjadi salah satu jenis limbah yang paling merusak biota perairan.

Sungai yang tercemar deterjen dapat mengalami penurunan kualitas air, terganggunya keseimbangan ekosistem dan bahkan kematian massal organisme akuatik, khususnya ikan budidaya. Ikan Mas (*Cyprinus carpio*) termasuk spesies yang cukup sensitif terhadap paparan deterjen. Beberapa penelitian mencatat bahwa nilai LC50 (konsentrasi mematikan 50% populasi) bagi ikan Mas terhadap deterjen komersial berkisar antara 33 mg/L (Setiawan dkk., 2020) hingga 36 mg/L (Halang, 2004).

Salah satu solusi ramah lingkungan yang dapat diterapkan untuk mengurangi pencemaran deterjen adalah fitoremediasi, yaitu pemurnian air menggunakan tanaman air sebagai biofilter. *Pistia stratiotes* atau dikenal sebagai kayu apu merupakan tanaman terapung dengan sistem akar serabut yang lebat, sehingga memiliki kemampuan menyerap polutan secara efektif. Penelitian Taurisna (2020) menunjukkan bahwa *Pistia stratiotes* mampu menurunkan konsentrasi BOD sebesar 64,02%, COD sebesar 58,93%, dan TSS sebesar 63,82% pada limbah cair industri tempe dalam waktu 12 hari, selain itu Nurfitriana (2019) melaporkan efisiensi penyerapan timbal (Pb) hingga 93,1% dalam waktu 8 hari.

Meskipun penelitian tentang kemampuan *Pistia stratiotes* dalam

menurunkan berbagai parameter pencemar sudah banyak dilakukan, namun kajian spesifik mengenai efektivitasnya dalam mereduksi kandungan deterjen masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengkaji kemampuan *Pistia stratiotes* dalam menurunkan konsentrasi deterjen di perairan serta dampaknya terhadap organisme air, khususnya ikan mas sebagai indikator biologis.

METODE PENELITIAN

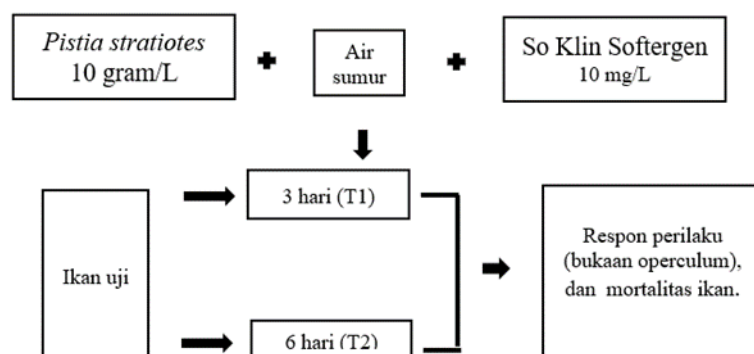
Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain deskriptif kuantitatif yang bertujuan mengidentifikasi dan mendeskripsikan jumlah surfaktan di sungai Dayanan, efektivitas tumbuhan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) serta jumlah bukaan operculum dari ikan mas. Penelitian eksploratif ini digunakan untuk mengeksplorasi keberadaan surfaktan dan penurunannya saat penggunaan *Pistia stratiotes* serta seberapa banyak frekuensi bukaan operculum ikan mas.

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus – September 2025. Sampel air sungai di ambil di tiga titik (hulu, tengah dan hilir) kemudian sampel dibawa untuk diperiksa di Laboratorium Barista Manado, melalui metode spektrofometri berdasarkan SNI 06-6989-2005. Kegiatan pemantaun efek *Pistia stratiotes* dan bukaan operculum di lakukan di Balai Benih Ikan Mogolaing Kota Kotamobagu.





Gambar 4. Media air sumur dengan So Klin Softergen 10 mg/L yang diberi *Pistia stratiotes*

Analisis Data

Data digunakan untuk menjawab pertanyaan penelitian dan menguji hipotesis secara objektif dan ilmiah dalam penelitian ini sebagai berikut : Penilaian konsentrasi detergen dalam badan air sungai Dayanan berdasarkan pemeriksaan laboratorium, selanjutnya dilakukan analisis uji t (t-tes) kemudian dibandingkan dengan standar baku mutu air sesuai Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 lampiran VI Tentang Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup; Penilaian kemampuan tanaman *Pistia stratiotes* dalam mereduksi konsentrasi detergen dilakukan uji anova satu arah, jika signifikan ($p \text{ value} < 0.05$) akan dilanjutkan dengan uji lanjut post-hoc untuk melihat uji beda nyata antar perlakuan; Penilaian efek penggunaan *Pistia stratiotes* terhadap ikan (frekuensi bukaan operculum dan mortalitas) dilakukan uji anova satu arah jika signifikan ($p < 0.05$) maka dapat dilanjutkan dengan uji lanjut post-hoc membandingkan antar perlakuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penilaian Evaluasi Konsentrasi Detergen Dalam Badan Air Sungai

Hasil laboratorium konsentrasi detergen dalam badan sungai dapat digambarkan pada Gambar 5.

Berdasarkan Gambar 5, dapat dilihat konsentrasi detergen tertinggi tercatat pada

bagian tengah sungai dengan nilai rata-rata sebesar 0,0497 mg/L dengan simpangan baku sebesar $\pm 0,0038$, kemudian disusul oleh bagian hilir sungai dengan nilai rata-rata konsentrasi detergen 0,0497 mg/L dengan simpangan baku $\pm 0,0038$ dan terakhir di bagian hulu dengan nilai rata-rata konsentrasi detergen sebesar 0,0325 mg/L dengan simpangan baku $\pm 0,0047$.

Hasil analisis uji t menunjukkan nilai t hitung = 13.163 dengan signifikansi p value = 0.000 ($p < 0.05$), mengindikasikan bahwa perbedaan antara nilai rata-rata konsentrasi detergen pada sampel dan nilai pembanding (0) berbeda secara nyata. Sehingga konsentrasi detergen pada sampel air sungai terbukti secara statistik signifikan lebih tinggi dari nilai pembanding (0). Hasil ini menunjukkan bahwa air Sungai Dayanan mengandung detergen, dan keberadaannya disebabkan karena adanya aktivitas masyarakat atau sumber polusi lainnya.

Konsentrasi detergen tertinggi berada pada bagian tengah aliran sungai. Hal ini dikarenakan di bagian tengah sungai merupakan kawasan permukiman padat penduduk sehingga limbah domestik yang mengandung detergen berpotensi besar masuk ke dalam sungai dalam jumlah yang besar. Mendes, dkk (2024) menjelaskan bahwa salah satu faktor yang berkontribusi mencemari mutu air disebabkan oleh kepadatan penduduk yang menghasilkan

limbah domestik yang tidak dikelola dengan baik.

Pada bagian hilir, terlihat adanya penurunan konsentrasi detergen jika dibandingkan dengan bagian tengah sungai. Hal ini diduga karena arus air di hilir relatif lebih tenang sehingga mendukung proses degradasi alami dan proses adsorpsi. Surfaktan dapat menempel (teradsorpsi) pada partikel padatan tersuspensi, sedimen, atau bahan organik lain di dalam air sehingga mengikat molekul surfaktan dan mengeluarkannya dari kolom air yang mengalir. Boyd (1990) menyatakan bahwa parameter kualitas air, termasuk detergen sangat dipengaruhi oleh kondisi arus, kecepatan pengendapan, serta aktivitas mikroba dalam proses degradasi bahan organik.

Pada bagian hulu sungai, konsentrasi detergen didapatkan lebih rendah

dibandingkan bagian tengah maupun hilir. Hal ini disebabkan karena masih kurangnya jumlah penduduk di daerah hulu yang menjadi titik pengambilan, sehingga kontribusi limbah detergen yang masuk ke aliran sungai juga relatif kecil. Selain itu, karakteristik air di hulu yang umumnya masih berasal dari mata air atau aliran alami membuat kualitasnya lebih bersih dan belum menerima akumulasi limbah dari bagian sungai lainnya sehingga kondisi tersebut menyebabkan konsentrasi detergen di bagian hulu relatif rendah.

Manfaat Efektifitas *Pistia stratiotes* Dalam Mereduksi Detergen

Efektifitas *Pistia stratiotes* dalam mereduksi detergen yang dihasilkan pada penelitian ini adalah lihat Tabel 1.



Gambar 5. Rata-rata konsentrasi detergen Di Sungai Dayanan (Pengukuran Tanggal 24 Agustus 2025)

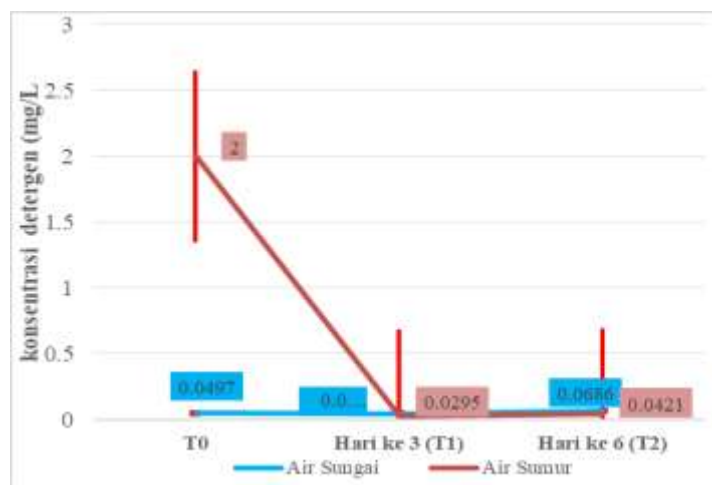
Tabel 1. Rata-rata konsentrasi detergen dan simpangan baku disetiap perlakuan pada berbagai jenis air

Jenis Air	Perlakuan Pemberian <i>Pistia stratiotes</i> (Waktu Kontak)	Kadar Detergen (mg/L)			Rata-rata	Simpangan baku
		Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3		
Air Sungai	Pengukuran awal (T0)	0,0502	0,0457	0,0533	0,0497	0,0038
	3 hari (T1)	0,0510	0,0505	0,0398	0,0471	0,0063
	6 hari (T2)	0,1032	0,0534	0,0493	0,0686	0,0300
	Konsentrasi Awal (T0)	2	2	2	2	0,0000

Air Sumur	3 hari (T1)	0,0296	0,0292	0,0298	0,0295	0,0003
	6 hari (T2)	0,0427	0,0442	0,0393	0,0421	0,0025

Pada Tabel 1 di atas terlihat bahwa nilai rata-rata konsentrasi detergen dalam media air sungai pada berbagai perlakuan yaitu T0 sebesar 0,0497 mg/L, T1 sebesar 0,0471 mg/L dan T2 sebesar 0,0686 mg/L, adapun dalam media air sumur pada

berbagai perlakuan terlihat T0 sebesar 2 mg/L, T1 sebesar 0,0295 mg/L dan T2 sebesar 0,00295 mg/L, dengan nilai dengan simpangan baku yang relatif rendah terdapat pada air sumur.



Gambar 6. Rata-rata konsentrasi detergen dalam media air sungai dan air sumur disetiap perlakuan

Berdasarkan Gambar 6 di atas terlihat bahwa penurunan konsentrasi detergen terlihat pada air sumur antara T0 dan T1 namun tidak begitu pada air sungai, hal ini diduga disebabkan karena konsentrasi detergen yang terdapat pada air sungai sudah dalam angka mendekati nol sehingga dianggap sudah pada tahap maksimal kemampuan *Pistia stratiotes* dalam mereduksi surfaktan.

Analisis Anova satu arah terhadap kemampuan *Pistia stratiotes* dalam mereduksi detergen menunjukkan Penurunan konsentrasi detergen secara efektif terjadi pada hari ketiga.

Efek Penggunaan *Pistia stratiotes* Terhadap Ikan

Efek terhadap frekuensi bukaan opekulum benih ikan Mas.

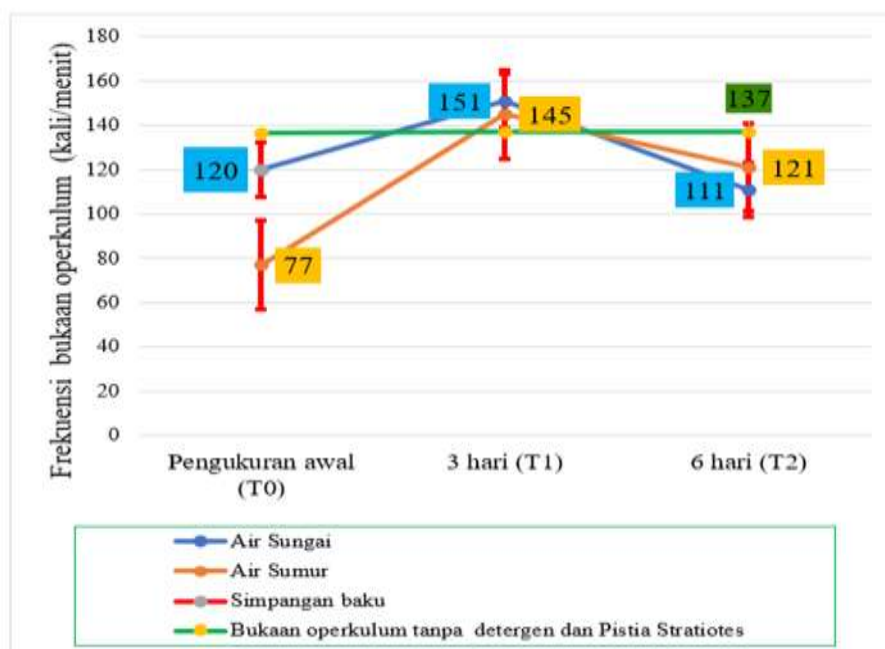
Tabel 2. Rata-rata Frekuensi Bukaan Opekulum Benih Ikan Mas dan Simpangan Baku Disetiap Perlakuan Pada Berbagai Berbagai jenis air

Jenis Air	Perlakuan Pemberian <i>Pistia Stratiotes</i> (Waktu Kontak)	Frekuensi Bukaan Opekulum (Kali/Menit)			Rata-rata	Simpangan baku
		Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3		
Air Sungai	T0 = Tanpa <i>Pistia stratiotes</i>	112	118	131	120	10
	T1 = 3 hari	155	153	146	151	5
	T2 = 6 hari	103	101	130	111	16
Air Sumur	T0 = Tanpa <i>Pistia stratiotes</i>	118	72	40	77	39
	T1 = 3 hari	151	142	143	145	5
	T2 = 6 hari	116	112	134	121	12
Kontrol	Tanpa surfaktan dan tanpa <i>Pistia stratiotes</i>	147	135	128	137	10

Tabel 2 di atas terlihat bahwa pada air sungai, frekuensi rata-rata bukaan operkulum pada T0 adalah 120 kali per menit, (T1) sebesar 151 kali per menit dan T2 sebesar 111 kali per menit, dan untuk media air sumur frekuensi rata-rata bukaan operkulum yaitu T0 dengan sebesar 77 kali per menit, (T1) sebesar 145 kali per menit dan T2 sebesar 121 kali per menit, dan untuk kontrol (tanpa *Pistia stratiotes* dan tanpa detergen) rata-rata frekuensi bukaan operkulum adalah 137 kali per menit.

Variasi ulangan frekuensi bukaan operkulum yang terlihat dari pada Tabel 8 terdapat pada T0 dalam media air sumur dengan simpangan baku sebesar ± 39 , hal

ini diduga karena adanya perbedaan respons fisiologis antar individu ikan terhadap keberadaan detergen dalam media, terutama terkait dengan metabolisme individu masing-masing ikan dalam menetralkan senyawa detergen pada konsentrasi 2 mg/L. Catarina dkk, (2011) menjelaskan bahwa setiap individu ikan memiliki gaya coping dalam menghadapi stressor, sehingga individu dengan metabolisme lebih tinggi menunjukkan respons stres yang berbeda dibanding yang metabolisme rendah. Ini menandakan bahwa ketahanan / stres respon antar individu berbeda walaupun spesies yang sama.



Gambar 7. Rata-rata frekuensi bukaan operkulum benih ikan mas dalam media air sungai dan air sumur disetiap perlakuan

Hasil pada Gambar 7 di atas terlihat bahwa rata-rata frekuensi bukaan operkulum benih ikan mas (*Cyprinus carpio*) dalam media air sungai dan media air sumur pada perlakuan hari ketiga (T1) berada sedikit di atas rata-rata frekuensi bukaan operkulum dalam media tanpa *Pistia stratiotes* dan tanpa detergen (137 kali per menit), sebaliknya nilai T0 dan T2 pada kedua media berada di bawah rata-rata. Frekuensi bukaan operkulum yang paling rendah terlihat pada T0 air sumur

yaitu 77 kali per menit dimana pada perlakuan tersebut konsentrasi detergen berada pada nilai 2 mg/L.

Gambar 5 tersebut di atas juga menginformasikan bahwa saat ikan uji berada di T0 jumlah frekuensi bukaan operkulum begitu rendah dan kemudian naik bersamaan adanya pengaruh tanaman *Pistia stratiotes* dalam menyerap detergen yang begitu besar dihari ketiga sehingga jumlah frekuensi bukaan operkulum meningkat dan kembali

menurun pada hari keenam ketika tanaman ini sudah melakukan penyerapan secara maksimal.

Hasil uji Anova satu arah untuk melihat efek penggunaan *Pistia stratiotes* terhadap bukaan operkulum ikan benih ikan mas menunjukkan bahwa jenis air (air sungai dan air sumur) tidak memberikan perbedaan yang nyata terhadap bukaan operkulum ikan dimana nilai F hitung sebesar 0,926 dengan nilai signifikansi p value 0,350 yang artinya p value > 0,05 atau tidak signifikan, sedangkan lama waktu perlakuan pemberian *Pistia stratiotes* memberikan perbedaan yang nyata atau signifikan terhadap bukaan operkulum ikan dengan nilai F hitung 7,989 dengan p value 0,004 (p value < 0,05). Hasil uji lanjut Tukey HSD untuk uji beda antar perlakuan ditemukan bahwa antara hari ke-0 dan hari ketiga p value 0,004 (p value < 0,05) yang artinya bahwa rata-rata frekuensi bukaan operkulum ikan antar hari ke -0 dan hari ke tiga signifikan. Hasil

ini mengindikasikan bahwa efektifitas *Pistia stratiotes* dalam memperbaiki kualitas air mendukung aktivitas respirasi ikan paling optimal terjadi pada hari ketiga setelah perlakuan.

Efek terhadap mortalitas benih ikan mas selang waktu 48 Jam

Pengamatan terhadap mortalitas ikan mas (*Cyprinus carpio*) pada berbagai media perlakuan dilakukan selama 2 × 24 jam dengan interval pengamatan setiap 4 jam sekali. Berdasarkan hasil pengamatan tersebut, tidak ditemukan adanya kematian ikan pada seluruh perlakuan maupun pada media kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi surfaktan dalam media serta keberadaan tanaman air *Pistia stratiotes* belum menimbulkan efek toksik akut terhadap ikan mas dalam jangka waktu pengamatan. Berdasarkan Halang, (2004) kondisi jumlah surfaktan di ≤ 10 mg/l masih belum menyebabkan kematian pada ikan mas.

Tabel 3 Parameter kualitas air disetiap perlakuan pada berbagai jenis air

Jenis Air	Perlakuan Pemberian <i>Pistia Stratiotes</i> (Waktu Kontak)	Parameter Kualitas Air		
		Suhu	pH	DO (mg/L)
Air Sungai	Pengukuran awal (T0)	26,7	8,1	5,6
	3 hari (T1)	26,4	7,0	4,5
	6 hari (T2)	24,2	7,4	4,6
	Konsentrasi Awal (T0)	26,8	8,2	5,6
Air Sumur	3 hari (T1)	26,3	7,7	4,8
	6 hari (T2)	24,3	7,9	5,1

Berdasarkan Tabel 3 di atas terlihat bahwa pengukuran parameter kualitas air yang dilakukan pada pagi hari diperoleh suhu pada setiap perlakuan berada pada kisaran 24 – 26 celcius, nilai pH pada perlakuan pada air sungai dan air sumur berada di 7-8 dan DO berkisar 4- 5 mg/l, ini menandakan bahwa paramater kualitas air disetiap perlakuan masih memungkinkan untuk benih ikan mas hidup. Sulistyono dkk (2013), menjelaskan bahwa pada benih ikan mas dengan biofilter berupa kangkung memiliki suhu 27-29, pH 5-6 dan DO 3-3,46 masih bisa hidup di paramater kualitas air tersebut. Effendi (2024), juga menjelaskan bahwa DO 3-5 mg/l masih memungkinkan ikan bisa hidup walaupun idealnya adalah > 5 mg/l.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai efektivitas Efektivitas tumbuhan kayu apu (*Pistia stratiotes*) dalam mereduksi detergen pada air sungai Dayanan dapat disimpulkan bahwa : Sungai Dayanan terbukti mengandung detergen; Lama waktu perlakuan pemberian tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) terbukti menurunkan konsentrasi detergen, dengan waktu efektif pada perlakuan hari ketiga; Penggunaan tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) juga berpengaruh terhadap peningkatan frekuensi bukaan operkulum benih ikan mas (*Cyprinus carpio*) pada perlakuan hari ketiga, sedangkan untuk mortalitas pada ikan uji selama 2 x 24 jam tidak ditemukan

kematian baik pada media kontrol maupun perlakuan selama masa penelitian yang menunjukkan bahwa konsentrasi detergen pada media hasil fitoremediasi dan kontrol masih bersifat aman bagi benih ikan mas..

DAFTAR PUSTAKA

- Apriyani, N., 2017. Penurunan Konsentrasi Surfaktan dan Sulfat dalam Limbah Laundry, Media Ilmiah Teknik Lingkungan Volume 2, Nomor 1, Februari 2017 Artikel Review, Hal. 37-44;
- Badan Pusat Statistik Kota Kotamobagu, 2024. Kotamobagu Dalam Angka Tahun 2024, ISSN 2654-9832, BPS-Statistics Kotamobagu Municipality;
- Badan Standardisasi Nasional (2008). SNI 06-6989.57:2008. Metode uji toksisitas akut dengan organisme uji ikan;
- Boyd, C.E.,1990. Water quality in ponds for aquaculture. Agriculture Experiment Station, Auburn University, Alabama, 482 pages;
- [Catarina, I. M. Martins, Maria, F. Castanheira, S. E., Benjamín, C., Luís, E. C. C., 2011, Individual differences in metabolism predict coping styles in fish, Applied Animal Behaviour Science Journal Article ISBN 01681591 <https://czaw.org/resources/individual-differences-in-metabolism-predict-coping-styles-in-fish/?utm;>](#)
- Effendi, H.,2024 Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan, Yogyakarta: Kanisius;
- Endah, R. S. D., Nur, K. & Maria, U., 2023. Phytoremediation of Combination Pistia Stratiotes and Eichhornia crassipes towards Changes in Waste Liquid Waste Changes and Plant Morphological Structure, [BIOEDUSCIENCE](#) ISSN: 2614-1558, <http://journal.uhamka.ac.id/index.php/bioeduscience;>
- Farnese, F.S., Oliveira, J.A., Lima, F.S., Leão, G.A., Gusman, G.S., and Silva, L.C.,2013, Evaluation of the potential of Pistia stratiotes L. (water lettuce) for bioindication and phytoremediation of aquatic environments contaminated with arsenic, <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.01113> Original Article.
- Gobel, I. C., Faizah, M., & Windy, J. M.,2015, Analisis Ketersediaan Sarana Pengelolaan Air Limbah Domestik (Studi Kasus: Kelurahan Mongkonai Kecamatan Kotamobagu Barat), Sabua Vol.7, No.1: 363 – 370;
- Halang, B., 2004. Toksisitas Air Limbah Detergen Terhadap Ikan Mas .Skripsi. Universitas Diponegoro.
- Haridjaja, O., Wahyu, P., Ratih,S., 2011, Pengaruh PhytoRemediator Tanaman Kayu Apu (Pistia stratiotes) dan Kiambang (Salvinia molesta) pada Kualitas Air Graywater untuk Hidroponik Tanaman Selada (Lactuca sativa). Jurnal Sains Terapan Edisi I Vol-1 (1) : 14 – 22 (2011);
- Lacalamita, D., Chiara, M., and Grégorio, C.,2024, Chemical oxygen demand and biochemical oxygen demand analysis of discharge waters from laundry industry: monitoring,temporal variability, and biodegradability, Frontiers in Environmental Science DOI 10.3389/fenvs.2024.1387041;
- Mendes, B. A.R., I Wayan, S., I Made Sara, W.,2024, Studi Kualitas Air, Status Mutu Air dan Beban Pencemaran Sungai Badung, Jurnal Wilayah, Kota dan Lingkungan BerkelanjutanVolume. 2 No. 3 Desember 2024 e-ISSN : 2961-9580, dan p-ISSN : 2962-0244, Hal. 117-132, DOI: <https://doi.org/10.58169/jwikal.v3i2.529>;
- Naeemi, A., Jamili, S.,Shabanipour, N.,Mashinchian, A., and Shariati, F. S.,2013, Histopathological changes of gill, liver and kidney in Caspian kutum exposed to Linear Alkylbenzene Sulfonate, Iranian Journal of Fisheries Sciences 12(4)887-897.;
- Nurfitriana, F. 2019, Fitoremediasi Air Tercemar Timbal (PB) menggunakan Tanaman Api-Apu (Pistia Stratiotes)

- dengan Sistem Kontinyu. Skripsi. Universitas Negeri Sunan Ampel, Surabaya. ;
- OECD Guideline No. 203. 2019. Fish, Acute Toxicity Test.
- Oktinun, M.S., Yuni, K., & Andi, K., 2017, Fitomerasi Fosfat pada limbah laundry menggunakan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*). Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Brawijaya.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup;
- Ritau, Y. A. P. , & Herlina, F., 2024, Utilization of *Pistia stratiotes* L. and *Hydrilla verticillata* (L.f.) Royle as Phytoremediators for LAS Detergents, *Lentera Bio*, p-ISSN: 2252-3979 e-ISSN: 2685-7871
- Rosen, M. J., & Joy, T. K., 2012, Surfactants and Interfacial Phenomena. Wiley; Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey Published simultaneously in Canada ISBN: 978-1-118-22893-7 January 2012, 616 page;
- Sahetapy, J. M.F., dan Ruku, R. B., 2018, Pengaruh Perbedaan Konsentrasi Deterjen Bubuk Terhadap Frekuensi Bukaannya, Operkulum Dan Kelangsungan Hidup Ikan Mas (*Cyprinus carpio*), *Jurnal TRITON* Volume 14, Nomor 1, April 2018, hal. 35 – 40;
- Setiawan, B., Sulistyawati, dan Komsanah S., 2020 Uji Toksisitas Akut Detergen dan Pengaruh Subletal Terhadap Perubahan Histopatologi Insang dan Ginjal Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.), *Jurnal Sains Dan Teknologi Akuakultur* , Aquawarman. Vol.6 (2): 16-25. Oktober 2020 ISSN: 2460-9226;
- Solikhah, T. Dan Trianik, W., 2015, Pengaruh Surfaktan terhadap Pertumbuhan dan Histopatologi insang ikan nila (*Oreochromis niloticus*) sebagai materi pelajaran siswa SMA Kela X, Jupemasi- PBIO Volume No. 1 ISSN; 2407-1269 Hal: 248-255;
- Sulistiyono, F. C., Rusliadi, dan Iskandar, P., 2013, Growth and Survival Rate of Common Carp (*Cyprinus carpio* L) With different Biofilter Combination in Reculation Aquaponic System, *Laboratory Aquaculture of Technology Fisheries and Marine Science Faculty Riau University*;
- Switarto, B. & Sugito, 2012, Aplikasi Biofilter Aerobik Untuk Menurunkan Kandungan Detergen Pada Air Limbah Laundry, *Jurnal Teknik WAKTU* Volume 10 Nomor 02 – Juli 2012 – ISSN : 1412-1867;
- Taurisna, T.L., 2020, Pemanfaatan Tanaman Kayu Apu (*Pistia Stratiotes* L.) Untuk Menurunkan Konsentrasi COD, BOD, TSS pada limbah cair industry tempe dengan menggunakan fitoremediasi system Batch. Skripsi .Program Studi Teknik Lingkungan Universitas islam negeri sunan ampel Surabaya.
- Widyanani, Umi, H., Diana, R. W., Ahmad, K., Raden, T. R., Neni, S., 2022, Domestic wastewater in Indonesia: generation, characteristics and treatment, *Environmental Science and Pollution Research* (2022) 29:32397–32414, <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19057-6>;
- Zahari, N. Z., Ng Sean, F., Fera, N. C., Sahibin, A. R., 2021, The Potential of *Pistia stratiotes* in the Phytoremediation of Selected Heavy Metals from Simulated Wastewater, *International Journal of Technology* 12(3) 613-624 (2021) Received July 2020 / Revised August 2020 / Accepted March 2021;
- Zhou, M., Siqi, W., Zhaolin, Z., Yuemaierjiang, A., Liu, Y., Ying, S., Zhongli, C., Yanxue, J., Chao, J., and Guocan Z., 2022, Dilution or Enrichment: the Effects of Floodon Pollutants in Urban Rivers, *Environmental Science Europe*, <https://doi.org/10.1186/s12302-022-00639-7>.