Jurnal Lingkungan Nusantara (JLN)
Vol. 3, No. 2, Juli 2026, Hal. 59–68
e-ISSN: xxxx-xxxx

Changes in Surfactant and Phosphate at Two Retention-Time Stages of Laundry Wastewater Phytoremediation Using Water Bamboo (*Equisetum hyemale*)
Perubahan Kadar Surfaktan dan Fosfat pada Dua Tahap Waktu Tinggal Fitoremediasi Limbah Laundry Menggunakan Bambu Air (*Equisetum hyemale*)

Mar'atun Saleha[1], Setiyawan[1], Moh. Baitullah Amaludin[1]*

[1]Program Studi S1 Teknik Lingkungan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako, Palu, Indonesia
**surel: saleha@gmail.com*

ABSTRACT

Retention time controls how long laundry wastewater contacts plant roots and rhizosphere microorganisms. This study examined surfactant and phosphate changes over two retention-time stages in a water bamboo (*Equisetum hyemale*) batch reactor treating undiluted wastewater from Berkah Laundry, Donggala Regency. After 7 days of acclimatisation, 10 L of wastewater was treated in two 5-day stages and sampled on days 0, 12 and 17. Surfactant fell from 1.52 to 0.46 and 0.19 mg/L, and phosphate from 3.90 to 2.20 and <0.01 mg/L. Cumulative removal rose from 69.74% to 87.50% (surfactant) and from 43.59% to >99.74% (phosphate). Surfactant removal was largest in the first stage and phosphate removal in the second. Ten days of contact performed best among the observed times.

***Keywords*:**

Water bamboo,
Retention time,
Phosphate,
Laundry wastewater,
Surfactant

Received: July 2026
Reviewed: July 2026
Published: July 2026

ABSTRAK

Waktu tinggal menentukan lamanya kontak air limbah laundry dengan akar tanaman dan mikroorganisme rizosfer. Penelitian ini mengkaji perubahan surfaktan dan fosfat pada dua tahap waktu tinggal dalam reaktor *batch* bambu air (*Equisetum hyemale*) yang mengolah limbah tanpa pengenceran dari Berkah Laundry, Kabupaten Donggala. Setelah aklimatisasi 7 hari, 10 L limbah diolah dalam dua tahap masing-masing 5 hari dan diuji pada H/0, H/12 dan H/17. Surfaktan turun dari 1,52 menjadi 0,46 dan 0,19 mg/L, sedangkan fosfat dari 3,90 menjadi 2,20 dan <0,01 mg/L. Efisiensi kumulatif meningkat dari 69,74% menjadi 87,50% (surfaktan) dan dari 43,59% menjadi >99,74% (fosfat). Penyisihan surfaktan terbesar terjadi pada tahap 1, sedangkan fosfat pada tahap 2. Kontak 10 hari memberikan hasil terbaik di antara waktu yang diamati.

Kata Kunci:

Bambu air,
Waktu tinggal,
Fosfat,
Limbah laundry,
Surfaktan

Diterima: Juli 2026
Direview: Juli 2026
Dipublikasi: Juli 2026

© 2026 The Authors. Published by Researches and Community Services JANTOS CV. This is Open Access article under the CC-BY-SA License (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

PENDAHULUAN

Air limbah laundry mengandung surfaktan dan fosfat dari deterjen. Surfaktan menimbulkan busa dan menghambat transfer oksigen ke badan air, sedangkan fosfat merupakan nutrien pemicu eutrofikasi [1], [2]. Usaha laundry skala kecil umumnya belum memiliki unit pengolahan, sehingga diperlukan teknologi sederhana dan murah seperti fitoremediasi, yang memanfaatkan tanaman dan mikroorganisme rizosfer untuk menurunkan kadar pencemar [3].

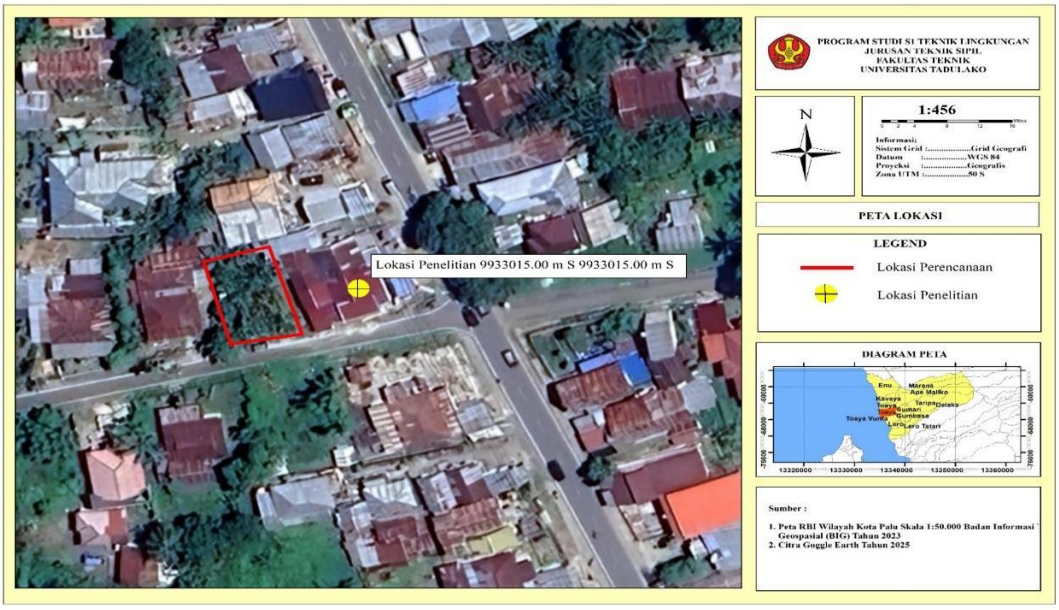
Waktu kontak atau waktu tinggal merupakan faktor operasi utama dalam fitoremediasi karena menentukan lamanya interaksi antara air limbah, akar tanaman dan mikroorganisme. Munuqy dan Soewondo mengamati penyisihan fosfat limbah laundry oleh *constructed wetland* bambu air (*Equisetum hyemale*) pada waktu kontak 1–5 hari dan memperoleh efisiensi tertinggi 96,75% pada hari ke-5 dengan pola kinetika orde satu [4], [5]. Rusmala dkk. menunjukkan bahwa waktu kontak, jarak tanam dan konsentrasi limbah berpengaruh terhadap penurunan surfaktan, COD dan fosfat pada sistem hidroponik bambu air [6]. Variasi waktu detensi juga memengaruhi penurunan TSS dan TDS lindi oleh *Equisetum* [7]. Di sisi lain, waktu pengolahan yang panjang merupakan salah satu kelemahan fitoremediasi [8], sehingga informasi perubahan kinerja antartahap waktu penting untuk perencanaan.

Penelitian sebelumnya umumnya menggunakan waktu kontak hingga 5 hari atau limbah yang diencerkan. Informasi tentang perubahan kadar surfaktan dan fosfat pada limbah laundry tanpa pengenceran ketika waktu kontak diperpanjang menjadi dua tahap 5 hari masih terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan kadar surfaktan dan fosfat serta efisiensi penyisihannya pada dua tahap waktu tinggal (5 dan 10 hari kontak) dalam sistem fitoremediasi bambu air yang mengolah limbah cair usaha laundry.

METODOLOGI

Lokasi dan Waktu Penelitian

Air limbah diambil dari saluran pembuangan usaha Berkah Laundry di Desa Toaya, Kecamatan Sindue, Kabupaten Donggala, Sulawesi Tengah (Gambar 1). Reaktor ditempatkan di lokasi usaha (penanda GPS dokumentasi sekitar 0,6055° LS dan 119,7990° BT). Pengolahan berlangsung pada 12–29 Juni 2026 dan pengujian laboratorium pada Juli 2026. Data penelitian ini berasal dari percobaan yang sama (reaktor, air limbah, dan titik pengamatan H/0, H/12 dan H/17 yang sama) dengan naskah pendamping [9]; naskah ini hanya menganalisis perubahan kadar dan efisiensi penyisihan antartahap waktu tinggal.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian di Desa Toaya, Kecamatan Sindue, Kabupaten Donggala
Sumber: Saleha (2026); gambar yang sama dimuat dalam naskah pendamping [9]

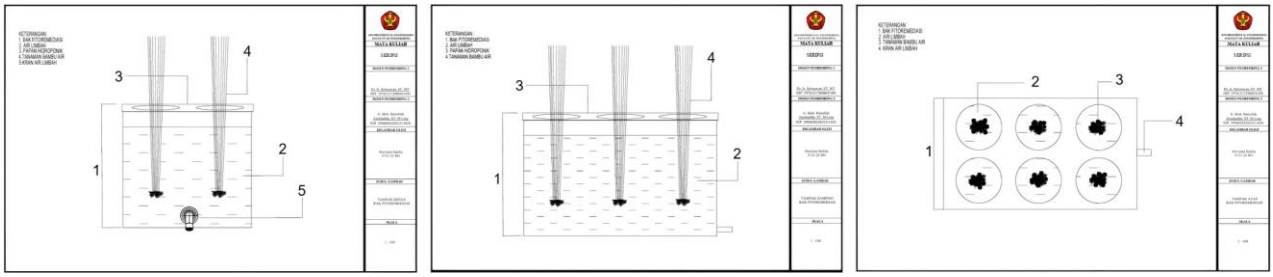
Alat dan Bahan

Penelitian dilakukan pada limbah cair usaha Berkah Laundry, Desa Toaya, Kecamatan Sindue, Kabupaten Donggala, Sulawesi Tengah. Reaktor berupa bak plastik berkapasitas 25 L (45 cm × 30 cm × 26,5 cm) dengan penutup berlubang sebagai dudukan enam rumpun bambu air dan kran outlet untuk pengambilan sampel (Gambar 2). Volume air limbah yang diolah 10 L. Rincian alat dan bahan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Alat dan bahan penelitian

Alat/Bahan	Keterangan
Bak penampung (reaktor)	Kapasitas 25 L, ukuran 45 cm × 30 cm × 26,5 cm
Penutup bak	46 cm × 31 cm, dilubangi sebagai dudukan tanaman
Pipa PVC dan stop kran	Pipa ½ inci, panjang 10 cm; 1 buah kran outlet
Botol sampel	Botol plastik 1,5 L
Perlengkapan lain	Sarung tangan, masker, pisau, lem lilin
Air limbah laundry	10 L per pengisian, dari saluran pembuangan Berkah Laundry
Tanaman bambu air (*E. hyemale*)	6 rumpun, kondisi sehat dan tidak layu

Sumber: Saleha (2026)



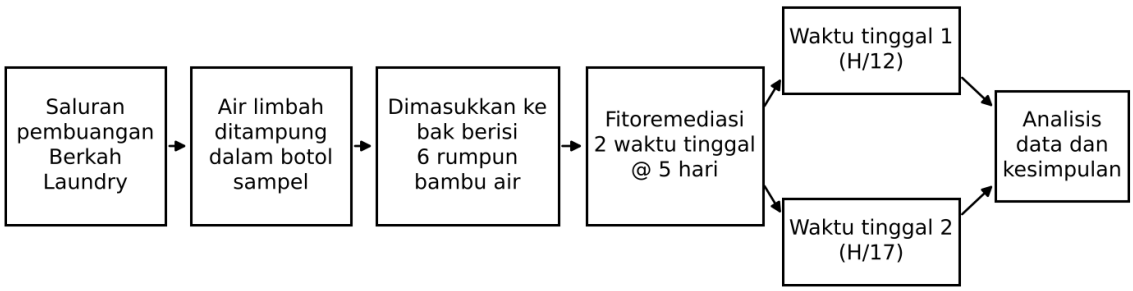
Gambar 2. Desain bak fitoremediasi (a) tampak depan, (b) tampak samping dan (c) tampak atas; 1 = bak, 2 = air limbah, 3 = penutup bak, 4 = tanaman bambu air, 5 = kran air limbah

Sumber: Saleha (2026); gambar yang sama dimuat dalam naskah pendamping [9]

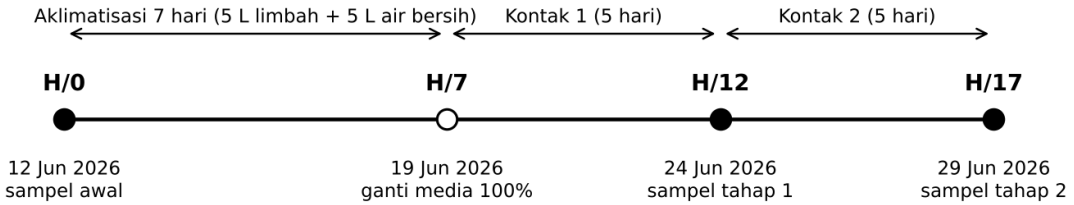
Prosedur Penelitian

Penelitian merupakan eksperimen skala laboratorium dengan satu reaktor bertanaman. Skema alur pengolahan ditunjukkan pada Gambar 3, kronologi kegiatan pada Gambar 4 dan Tabel 2, serta dokumentasi pengambilan sampel pada Gambar 5. Tahapan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Sampel awal (H/0) diambil secara sesaat (*grab sampling*) dari saluran pembuangan laundry mengacu pada SNI 6989.59:2008 [10] pada 12 Juni 2026.
2. Akar bambu air dibersihkan dengan air bersih, lalu tanaman diaklimatisasi selama 7 hari (H/0–H/7) dalam campuran 5 L limbah dan 5 L air bersih tanpa pengambilan sampel.
3. Pada H/7 (19 Juni 2026) media aklimatisasi dibuang dan diganti 10 L air limbah laundry 100%.
4. Waktu tinggal tahap 1 berlangsung 5 hari (H/7–H/12) dan sampel diambil melalui kran pada H/12 (24 Juni 2026).
5. Pengolahan dilanjutkan tanpa penggantian media pada waktu tinggal tahap 2 selama 5 hari (H/12–H/17) dan sampel akhir diambil pada H/17 (29 Juni 2026).
6. Kondisi fisik air limbah (warna, kekeruhan, busa) diamati secara visual dan didokumentasikan pada setiap waktu pengamatan.



Gambar 3. Skema alur pengolahan limbah laundry
Sumber: Diadaptasi dari Saleha (2026)



Gambar 4. Kronologi aklimatisasi, penggantian media dan pengambilan sampel
Sumber: Metode penelitian (2026)

Tabel 2. Pemetaan label waktu pengamatan

Label	Tanggal	Kegiatan	Lama kontak dengan limbah 100%
H/0	12 Juni 2026	Sampel awal; awal aklimatisasi	–
H/7	19 Juni 2026	Akhir aklimatisasi; penggantian media 10 L limbah 100%	0 hari
H/12	24 Juni 2026	Sampel waktu tinggal tahap 1	5 hari
H/17	29 Juni 2026	Sampel waktu tinggal tahap 2	10 hari (kumulatif)

Sumber: Metode penelitian dan tanggal pada laporan hasil uji serta foto bertanda GPS (2026)



Gambar 5. Dokumentasi pengambilan sampel: (a) limbah awal di saluran pembuangan, 12 Juni 2026; (b) limbah pengganti, 19 Juni 2026; (c) sampel H/12 melalui kran, 24 Juni 2026; (d) sampel H/17, 29 Juni 2026

Sumber: Dokumentasi penelitian (2026); gambar yang sama dimuat dalam naskah pendamping [9]

Label H/17 menyatakan hari ke-17 sejak pengambilan sampel awal, bukan waktu tinggal hidraulik 17 hari. Waktu kontak efektif air limbah 100% dengan tanaman adalah 5 hari pada H/12 dan 10 hari pada H/17.

Analisis Laboratorium dan Data

Surfaktan dianalisis sebagai MBAS di UPT Laboratorium Lingkungan Hidup DLH Provinsi Sulawesi Tengah (terakreditasi KAN, LP-1679-IDN) dengan metode SNI 06-6989.51-2005 [11] (Lab-0793 sampai Lab-0795; diterima 1 Juli 2026, diuji 1–21 Juli 2026). Fosfat dianalisis di UPT Laboratorium Kesehatan Dinas Kesehatan Provinsi Sulawesi Tengah dengan metode spektrofotometri. Hasil fosfat H/17 dilaporkan <0,01 mg/L dan diperlakukan sebagai nilai batas.

Efisiensi penyisihan kumulatif terhadap kondisi awal dihitung dengan (1), sedangkan efisiensi penyisihan pada waktu tinggal tahap 2 dihitung terhadap konsentrasi H/12 dengan (2).

$$RE_{kum} = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100\% \quad (1)$$

$$RE_{\text{int}} = \frac{C_{12} - C_{17}}{C_{12}} \times 100\% \quad (2)$$

Dengan C_0, C_{12} dan C_{17} berturut-turut adalah konsentrasi pada H/0, H/12 dan H/17 (mg/L), serta C_t konsentrasi pada waktu pengamatan *t*. Massa pencemar dihitung dengan (3) dan massa tersisihkan pada setiap tahap dengan (4), dengan $V = 10$ L.

$$M = C \times V \quad (3)$$

$$\Delta M = M_{awal\ tahap} - M_{akhir\ tahap} \quad (4)$$

Karena hanya terdapat satu reaktor dan dua titik waktu pengolahan, data dianalisis secara deskriptif tanpa uji statistik maupun pemodelan kinetika. Hasil dibandingkan dengan nilai acuan 0,2 mg/L yang digunakan dalam penelitian dan dengan kadar maksimum air limbah kegiatan yang menggunakan deterjen menurut Permen LH No. 5 Tahun 2014, yaitu MBAS 3 mg/L dan fosfat 2 mg/L [12].

HASIL DAN PEMBAHASAN

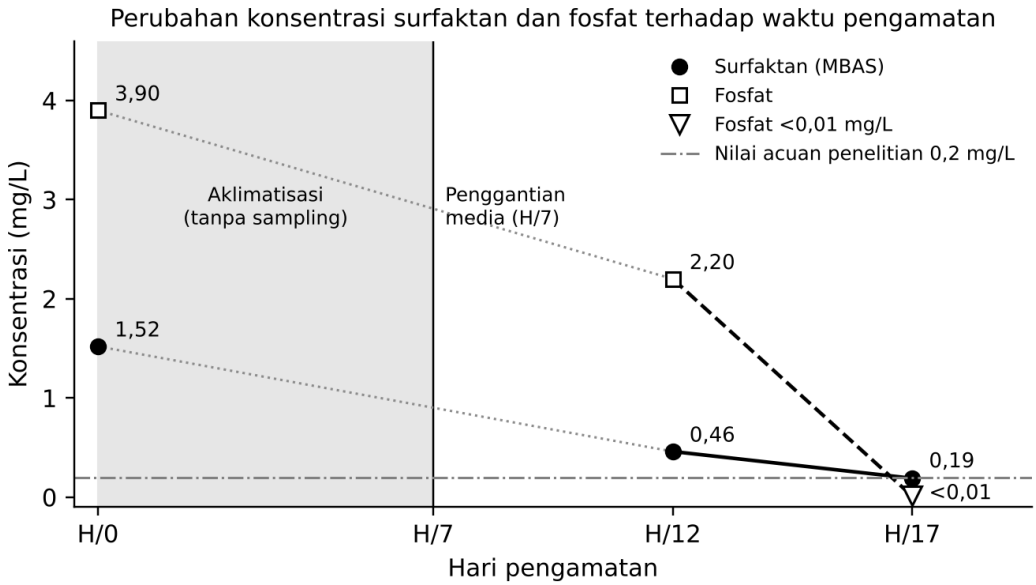
Konsentrasi Surfaktan dan Fosfat pada Setiap Tahap

Konsentrasi surfaktan dan fosfat pada setiap waktu pengamatan disajikan pada Tabel 3 dan Gambar 6. Surfaktan turun dari 1,52 mg/L (H/0) menjadi 0,46 mg/L setelah tahap 1 dan 0,19 mg/L setelah tahap 2. Fosfat turun dari 3,90 mg/L menjadi 2,20 mg/L setelah tahap 1 dan <0,01 mg/L setelah tahap 2.

Tabel 3. Konsentrasi surfaktan dan fosfat pada setiap waktu pengamatan

Waktu	Lama kontak	Surfaktan (mg/L)	Fosfat (mg/L)	Acuan (mg/L)
H/0	Awal	1,52	3,90	0,2
H/12	5 hari (tahap 1)	0,46	2,20	0,2
H/17	10 hari (tahap 2)	0,19	<0,01	0,2

Sumber: Laporan hasil uji laboratorium (2026)



Gambar 6. Grafik perubahan konsentrasi surfaktan dan fosfat terhadap hari pengamatan
Sumber: Laporan hasil uji laboratorium (2026)

Kedua parameter menunjukkan pola yang berbeda. Pada surfaktan, penurunan konsentrasi terbesar terjadi pada tahap 1 (1,06 mg/L) dan mengecil pada tahap 2 (0,27 mg/L). Pola ini lazim pada proses biodegradasi, karena laju penguraian umumnya sebanding dengan sisa konsentrasi substrat. Sebaliknya, fosfat hanya turun 1,70 mg/L pada tahap 1, tetapi turun lebih dari 2,19 mg/L pada tahap 2 hingga berada di bawah batas laporan laboratorium. Fosfat baru memenuhi kadar maksimum Permen LH No. 5 Tahun 2014 (2 mg/L) setelah tahap 2, sedangkan surfaktan baru berada di bawah acuan penelitian 0,2 mg/L pada tahap yang sama.

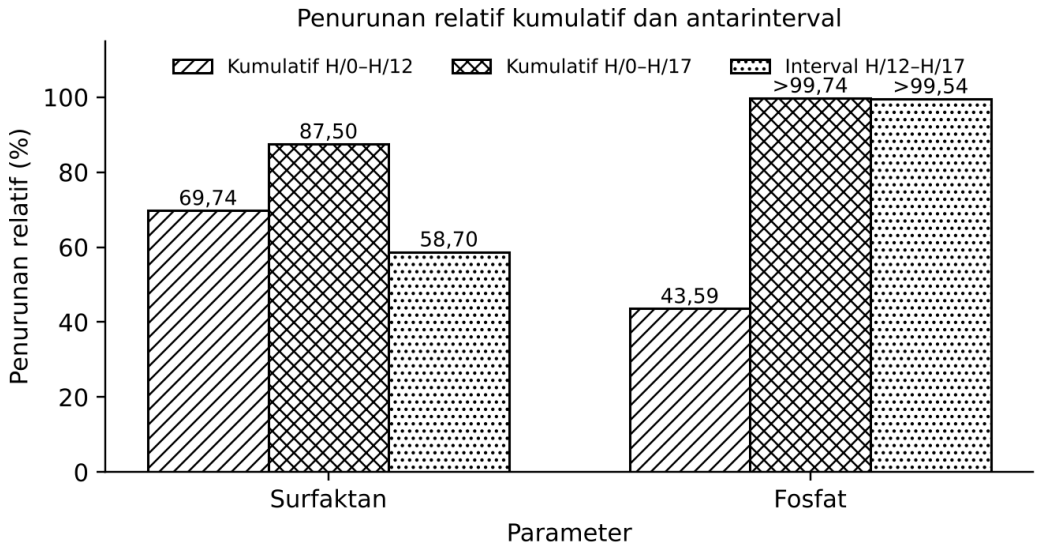
Efisiensi Penyisihan Kumulatif dan Antartahap

Efisiensi penyisihan kumulatif dan antartahap disajikan pada Tabel 4 dan Gambar 7. Efisiensi kumulatif surfaktan meningkat dari 69,74% (tahap 1) menjadi 87,50% (tahap 2), sedangkan fosfat meningkat dari 43,59% menjadi >99,74%. Jika dihitung khusus untuk tahap 2 terhadap konsentrasi H/12, penyisihan surfaktan sebesar 58,70% dan fosfat >99,54%. Kedua angka ini memiliki penyebut berbeda sehingga tidak boleh dijumlahkan atau dibandingkan secara langsung.

Tabel 4. Efisiensi penyisihan dan massa tersisihkan pada setiap tahap waktu tinggal

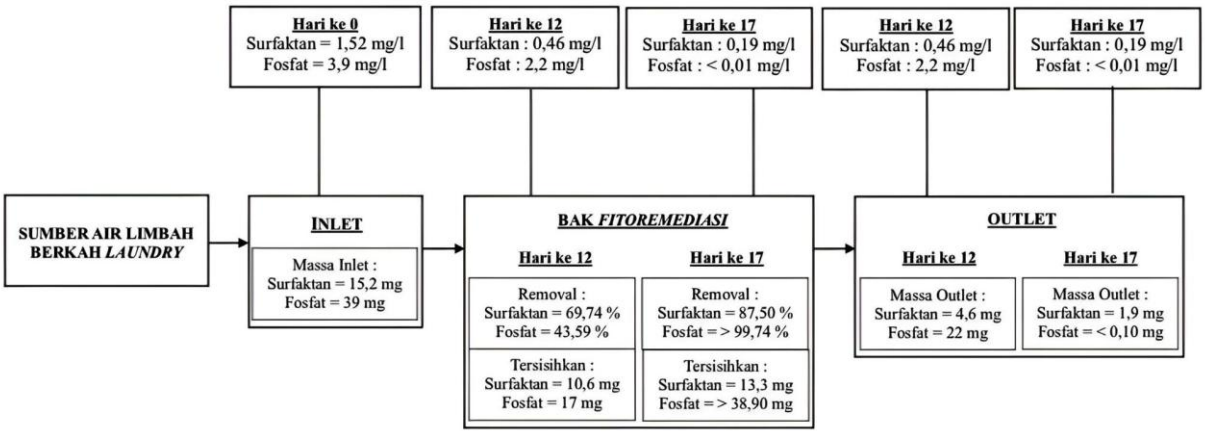
Parameter	Tahap	Penurunan konsentrasi (mg/L)	ΔM tahap (mg)	RE (%)	
				Kumulatif	Tahap 2
Surfaktan	Tahap 1 (H/0–H/12)	1,06	10,6	69,74	–
	Tahap 2 (H/12–H/17)	0,27	2,7	87,50	58,70
Fosfat	Tahap 1 (H/0–H/12)	1,70	17,0	43,59	–
	Tahap 2 (H/12–H/17)	>2,19	>21,9	>99,74	>99,54

Sumber: Hasil perhitungan (2026); ΔM dihitung dengan V = 10 L



Gambar 7. Grafik efisiensi penyisihan kumulatif dan efisiensi tahap 2
Sumber: Hasil perhitungan (2026)

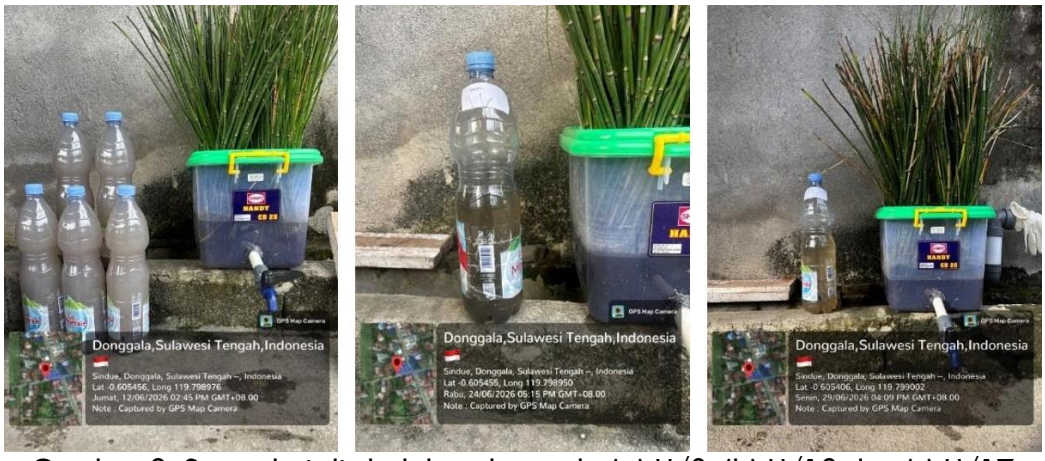
Massa fosfat yang tersisihkan pada tahap 2 (>21,9 mg) lebih besar daripada tahap 1 (17,0 mg), sedangkan massa surfaktan tersisihkan pada tahap 2 (2,7 mg) jauh lebih kecil daripada tahap 1 (10,6 mg). Perpanjangan waktu tinggal dari 5 menjadi 10 hari dengan demikian memberikan tambahan penyisihan yang paling besar untuk fosfat. Peningkatan penyisihan fosfat pada tahap 2 bersamaan dengan munculnya tunas baru bambu air yang teramati sejak H/12, sehingga kebutuhan hara untuk pembentukan jaringan baru diduga meningkat. Penyerapan oleh mikroorganisme rizosfer serta presipitasi atau adsorpsi fosfat pada akar dan dinding bak juga dapat berkontribusi [3], [4]. Alur neraca massa pada kedua tahap ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Alur neraca massa surfaktan dan fosfat pada H/12 dan H/17
Sumber: Saleha (2026); gambar yang sama dimuat dalam naskah pendamping [9]

Perubahan Kondisi Fisik Air Limbah

Perubahan kondisi fisik air limbah pada setiap waktu pengamatan ditunjukkan pada Gambar 9 dan Tabel 5. Air limbah awal berwarna abu-abu keputihan, keruh dan berbusa. Setelah tahap 1, air menjadi abu-abu kecokelatan, lebih jernih dan busa berkurang. Setelah tahap 2, air tampak lebih jernih dengan warna kuning kecokelatan tanpa busa, lapisan minyak maupun endapan yang mencolok. Hilangnya busa sejalan dengan penurunan surfaktan, karena busa pada air limbah laundry terutama berasal dari surfaktan deterjen.



Gambar 9. Sampel air limbah laundry pada (a) H/0, (b) H/12 dan (c) H/17
Sumber: Dokumentasi penelitian (2026); gambar yang sama dimuat dalam naskah pendamping [9]

Tabel 5. Kondisi fisik air limbah pada setiap waktu pengamatan

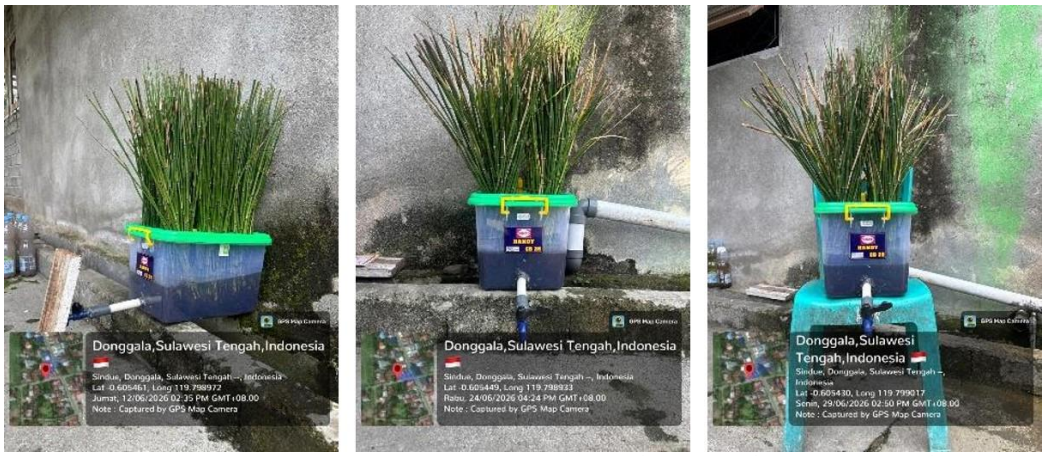
Waktu	Surfaktan (mg/L)	Fosfat (mg/L)	Kondisi fisik
H/0	1,52	3,90	Abu-abu keputihan, cukup keruh, terdapat sedikit busa di permukaan
H/12	0,46	2,20	Abu-abu kecokelatan, lebih jernih, kekeruhan berkurang, busa tidak berlebihan
H/17	0,19	<0,01	Lebih jernih, kuning kecokelatan, tidak ada busa, tidak tampak lapisan minyak maupun endapan mencolok

Sumber: Data primer (2026)

Warna kuning kecokelatan pada H/17 kemungkinan berasal dari senyawa organik terlarut, misalnya dari jaringan tanaman yang menguning atau sisa penguraian bahan organik. Parameter warna dan kekeruhan tidak diukur secara kuantitatif, sehingga pengamatan visual ini bersifat pendukung.

Kondisi Tanaman pada Setiap Tahap

Kondisi tanaman pada setiap waktu pengamatan ditunjukkan pada Gambar 10 dan Tabel 6. Selama tahap 1 sebagian ujung batang menguning dan mengering, tetapi tunas baru mulai muncul pada H/12. Pada tahap 2 tanaman tetap didominasi batang hijau dan tunas baru bertambah tinggi. Pertumbuhan tunas pada tahap 2 bersamaan dengan penurunan fosfat terbesar, sehingga serapan hara oleh jaringan baru menjadi salah satu penjelasan yang mungkin.



Gambar 10. Kondisi bambu air pada (a) H/0, (b) H/12 dan (c) H/17
Sumber: Dokumentasi penelitian (2026); gambar yang sama dimuat dalam naskah pendamping [9]

Tabel 6. Kondisi tanaman bambu air pada setiap waktu pengamatan

Waktu	Kondisi tanaman
H/0	Hijau, tegak, rimbun dan segar; akar terendam baik; beberapa ujung batang mulai mengering.
H/12	Didominasi warna hijau dan tegak; beberapa batang menyebar, ujung batang menguning dan mengering, mulai tampak tunas baru.
H/17	Didominasi warna hijau dan hidup; batang lebih menyebar, ujung batang menguning masih terlihat, tunas baru semakin tinggi.

Sumber: Data primer (2026)

Pembahasan Pengaruh Waktu Tinggal

Secara keseluruhan, waktu tinggal yang lebih panjang menghasilkan konsentrasi surfaktan dan fosfat yang lebih rendah. Temuan ini sejalan dengan Munuqy dan Soewondo yang memperoleh peningkatan efisiensi penyisihan fosfat seiring bertambahnya waktu kontak hingga hari ke-5 [4], [5], dan dengan Rusmala dkk. yang melaporkan pengaruh waktu kontak terhadap penurunan surfaktan dan fosfat [6] (Tabel 7). Pada penelitian ini, waktu tinggal 5 hari belum cukup untuk menurunkan fosfat di bawah 2 mg/L pada limbah tanpa pengenceran, sedangkan waktu tinggal 10 hari mampu menurunkan kedua parameter di bawah acuan penelitian.

Tabel 7. Perbandingan dengan penelitian bambu air terdahulu

Penelitian	Sistem dan waktu kontak	Hasil utama
Munuqy dan Soewondo [4], [5]	*Constructed wetland*; waktu kontak 1–5 hari	Efisiensi fosfat meningkat dengan waktu kontak; tertinggi 96,75% (0,227 mg/L) pada hari ke-5; kinetika orde satu
Rusmala dkk. [6]	Hidroponik; variasi waktu kontak, jarak tanam dan konsentrasi limbah	Perlakuan terbaik: COD 78,74%, surfaktan 60,82%, fosfat 66,90%
Penelitian ini	Bak *batch* 10 L, limbah 100%; kontak 5 dan 10 hari	Kontak 5 hari: surfaktan 69,74%, fosfat 43,59%; kontak 10 hari: surfaktan 87,50%, fosfat >99,74%

Sumber: [4]–[6] dan data primer (2026)

Hasil ini belum dapat digunakan untuk menetapkan waktu tinggal optimum, karena hanya terdapat dua titik pengamatan pengolahan dan tidak ada pengamatan setelah H/17. Konsentrasi fosfat yang sudah di bawah batas laporan pada H/17 juga menunjukkan bahwa penurunan sebenarnya dapat telah tercapai sebelum hari ke-10 kontak. Selain itu, konsentrasi limbah pengganti pada H/7 tidak diuji, sehingga efisiensi kumulatif menggunakan H/0 sebagai pendekatan; tidak ada kontrol tanpa tanaman maupun ulangan; dan sampel MBAS diterima laboratorium 2–19 hari setelah pengambilan tanpa catatan pengawetan. Penelitian lanjutan disarankan menggunakan pengamatan harian, pengukuran konsentrasi awal setiap pengisian, reaktor kontrol dan ulangan, serta pencatatan volume air untuk memperoleh model kinetika dan waktu tinggal optimum.

KESIMPULAN

Pada sistem fitoremediasi bambu air (*Equisetum hyemale*) yang mengolah 10 L limbah laundry tanpa pengenceran, perpanjangan waktu tinggal dari 5 hari (tahap 1) menjadi 10 hari (tahap 2) menurunkan surfaktan dari 0,46 menjadi 0,19 mg/L dan fosfat dari 2,20 menjadi <0,01 mg/L. Efisiensi penyisihan kumulatif meningkat dari 69,74% menjadi 87,50% untuk surfaktan dan dari 43,59% menjadi >99,74% untuk fosfat, dengan efisiensi khusus tahap 2 sebesar 58,70% dan >99,54%. Penyisihan surfaktan terbesar terjadi pada tahap 1, sedangkan penyisihan fosfat terbesar terjadi pada tahap 2. Air hasil olahan menjadi lebih jernih dan tidak berbusa pada akhir pengolahan. Waktu tinggal 10 hari memberikan hasil terbaik di antara waktu yang diamati, namun waktu tinggal optimum perlu ditentukan melalui pengamatan yang lebih rapat dengan kontrol dan ulangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pemilik usaha Berkah Laundry, Desa Toaya, serta UPT Laboratorium Lingkungan Hidup DLH Provinsi Sulawesi Tengah dan UPT Laboratorium Kesehatan Dinas Kesehatan Provinsi Sulawesi Tengah. Artikel ini disusun dari tugas akhir penulis pertama di Program Studi S1 Teknik Lingkungan Universitas Tadulako (2026). Data yang sama juga digunakan dalam naskah pendamping oleh penulis yang sama, "Kemampuan Tanaman Bambu Air (*Equisetum hyemale*) Menurunkan Kadar Surfaktan dan Fosfat pada Limbah Cair Usaha Laundry," Jurnal Lingkungan Nusantara, Vol. 3, No. 1, Hal. 1–11, 2026 [9], yang berfokus pada kemampuan bambu air menurunkan surfaktan dan fosfat secara keseluruhan; naskah ini hanya menganalisis perubahan antartahap waktu tinggal.

REFERENSI

[1] D. Astuti dan R. P. Kinasih, "Kajian literatur pengaruh karbon aktif terhadap penurunan kadar fosfat pada pengolahan air limbah laundry," *Jurnal Semesta Sehat (J-Mestahat)*, vol. 2, no. 2, hlm. 82–100, 2023, doi: 10.58185/j-mestahat.v2i2.97.

[2] L. K. Damayanti dan E. N. Hidayah, "Pengaruh adsorben komersial terhadap penurunan fosfat dan surfaktan anionik (detergen) pada air limbah laundry," *Envirous*, vol. 2, no. 1, hlm. 18–26, 2023, doi: 10.33005/envirous.v2i1.54.

[3] F. A. Hafidhin, R. Ratnawati, J. Sutrisno, I. Nurhayati, A. Nur Febrianti, dan M. Al Kholif, "Penerapan teknologi fitoremediasi menggunakan tanaman eceng gondok untuk mengolah air limbah laundry," *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan*, vol. 14, no. 2, hlm. 42–50, 2023.

[4] W. A. Munuqy dan P. Soewondo, "Efisiensi tanaman *Equisetum hymale* dalam menurunkan kandungan fosfat air limbah laundry menggunakan sistem constructed wetland," *Jurnal Teknologi Lingkungan*, vol. 2, no. 2, hlm. 11–22, 2024, doi: 10.29408/jtl.v2i2.28756.

[5] W. A. Munuqy dan P. Soewondo, "Kinetika penyisihan fosfat dari air limbah laundry menggunakan sistem constructed wetland dengan *Equisetum hymale*," *Ekologia: Jurnal Ilmiah Ilmu Dasar dan Lingkungan Hidup*, vol. 24, no. 2, hlm. 94–100, 2024.

[6] K. P. D. Rusmala, I. A. Astarini, dan I. W. B. Suyasa, "Fitoremediasi pada limbah laundry menggunakan tanaman bambu air (*Equisetum hyemale*) dengan sistem hidroponik," *Ecotrophic*, vol. 19, no. 1, hlm. 81–92, 2025.

[7] M. Ulfah, S. Kurniawati, A. Nurwahyunani, dan A. T. Wijaya, "Phytoremediation of TSS and TDS from landfill leachate by *Equisetum*," *BIOMA: Jurnal Ilmiah Biologi*, vol. 14, no. 1, hlm. 94–105, 2025, doi: 10.26877/ayvxv673.

[8] V. R. W. Rawung, P. R. R. Montong, G. D. Lenzun, dan T. R. Lapian, "Fitoremediasi tanaman kiambang (*Salvinia molesta*) pada pengolahan limbah cair peternakan babi," *Zootec*, vol. 44, no. 1, hlm. 131–138, 2024.

[9] M. Saleha, Setiyawan, dan M. B. Amaludin, "Kemampuan tanaman bambu air (*Equisetum hyemale*) menurunkan kadar surfaktan dan fosfat pada limbah cair usaha laundry," *Jurnal Lingkungan Nusantara*, vol. 3, no. 1, hlm. 1–11, 2026.

[10] Badan Standardisasi Nasional, *Air dan Air Limbah – Bagian 59: Metoda Pengambilan Contoh Air Limbah*, SNI 6989.59:2008. Jakarta: BSN, 2008.

[11] Badan Standardisasi Nasional, *Air dan Air Limbah – Bagian 51: Cara Uji Kadar Surfaktan Anionik dengan Spektrofotometri secara Biru Metilen*, SNI 06-6989.51-2005. Jakarta: BSN, 2005.

[12] Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia, *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah*. Jakarta, 2014.