Jurnal Lingkungan Nusantara (JLN)
Vol. 3, No. 1, Februari 2026, Hal. 1–11
e-ISSN: xxxx-xxxx

Ability of Water Bamboo (*Equisetum hyemale*) to Reduce Surfactant and Phosphate Levels in Laundry Business Wastewater
Kemampuan Tanaman Bambu Air (*Equisetum hyemale*) Menurunkan Kadar Surfaktan dan Fosfat pada Limbah Cair Usaha Laundry

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

Laundry wastewater contains detergent-derived surfactants and phosphate. This study evaluated the ability of water bamboo (*Equisetum hyemale*) to reduce both parameters in wastewater from Berkah Laundry, Donggala Regency. A laboratory batch reactor held 10 L of wastewater and six plant clumps; after 7 days of acclimatisation, the medium was replaced with undiluted wastewater and treated for 10 days. MBAS surfactant and phosphate were analysed on days 0, 12 and 17. Surfactant decreased from 1.52 to 0.46 and 0.19 mg/L, and phosphate from 3.90 to 2.20 and <0.01 mg/L, giving removal efficiencies of 87.50% and >99.74%. Plants survived and formed new shoots. Water bamboo is promising for small-scale laundry wastewater treatment; unplanted controls and replicates are still needed.

***Keywords*:**

Water bamboo,
Phytoremediation,
Phosphate,
Laundry wastewater,
Surfactant

Received: February 2026
Reviewed: February 2026
Published: February 2026

ABSTRAK

Limbah cair laundry mengandung surfaktan dan fosfat dari deterjen. Penelitian ini bertujuan mengetahui kemampuan bambu air (*Equisetum hyemale*) menurunkan kedua parameter tersebut pada limbah Berkah Laundry, Kabupaten Donggala. Reaktor *batch* skala laboratorium berisi 10 L limbah dan enam rumpun tanaman; setelah aklimatisasi 7 hari, media diganti limbah 100% dan diolah selama 10 hari. Surfaktan (MBAS) dan fosfat 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, dengan efisiensi penyisihan 87,50% dan >99,74%. Tanaman tetap hidup dan membentuk tunas baru. Bambu air berpotensi untuk pengolahan limbah laundry skala kecil; kontrol tanpa tanaman dan ulangan masih diperlukan.

Kata Kunci:

Bambu air,
Fitoremediasi,
Fosfat,
Limbah laundry,
Surfaktan

Diterima: Februari 2026
Direview: Februari 2026
Dipublikasi: Februari 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

Usaha jasa laundry terus bertambah seiring perubahan gaya hidup masyarakat yang mengutamakan kepraktisan. Pertumbuhan ini tidak selalu diikuti pengelolaan limbah yang memadai, karena banyak usaha laundry skala kecil membuang air bekas pencucian langsung ke saluran atau lingkungan tanpa pengolahan [1], [2]. Air limbah laundry termasuk air limbah domestik non-kakus (*grey water*), tetapi mengandung sisa deterjen, pewangi, pemutih, serta kotoran dari pakaian sehingga beban pencemarnya tidak dapat diabaikan [1].

Dua komponen deterjen yang paling menentukan kualitas air limbah laundry adalah surfaktan dan fosfat. Surfaktan anionik menurunkan tegangan permukaan, menimbulkan busa yang menghambat difusi oksigen ke badan air, dan pada konsentrasi tinggi bersifat toksik bagi biota akuatik [3]. Fosfat berperan sebagai *builder* yang melunakkan air, namun di perairan menjadi nutrien yang memicu eutrofikasi dan penurunan oksigen terlarut [1]. Karena itu, pengolahan sederhana yang mampu menurunkan kedua parameter tersebut dibutuhkan, khususnya bagi usaha laundry skala kecil.

Fitoremediasi merupakan teknologi pengolahan yang memanfaatkan tanaman dan mikroorganisme di zona perakaran (rizosfer) untuk menyerap, mendegradasi, atau menstabilkan pencemar. Metode ini relatif murah, mudah dioperasikan, dan tidak memerlukan bahan kimia [4]. Penelitian pada limbah laundry menggunakan eceng gondok menunjukkan penurunan BOD, COD dan nutrien [4], dan kinerjanya dapat ditingkatkan dengan aerasi [5]. Kelemahannya adalah waktu pengolahan yang relatif lama serta sensitivitas tanaman terhadap konsentrasi pencemar yang tinggi [6].

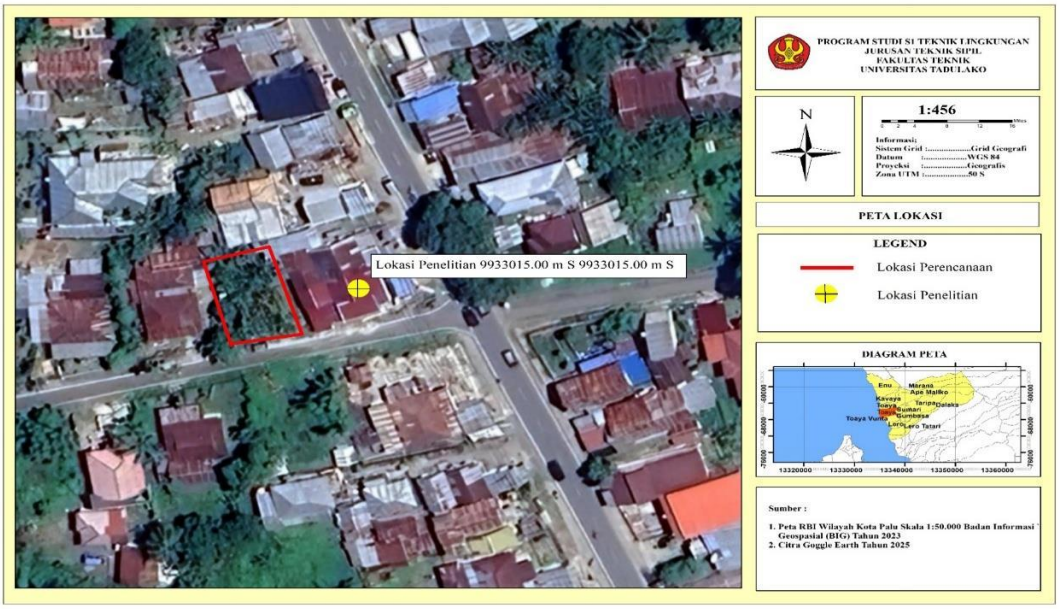
Bambu air (*Equisetum hyemale*) adalah tumbuhan emergen berumpun dengan batang tegak beruas dan rimpang yang mampu hidup pada kondisi tergenang. Munuqy dan Soewondo melaporkan bahwa *constructed wetland* dengan *E. hyemale* menurunkan fosfat limbah laundry hingga 96,75% pada waktu kontak 5 hari [7], [8]. Rusmala dkk. menggunakan bambu air dalam sistem hidroponik dan memperoleh penurunan COD 78,74%, surfaktan 60,82% dan fosfat 66,90% pada perlakuan terbaik (konsentrasi limbah 10% dan jarak tanam 10 cm) [9]. Genus *Equisetum* juga dilaporkan mampu menurunkan TSS dan TDS lindi [10]. Dengan demikian, pemanfaatan bambu air bukan hal baru; kontribusi penelitian ini terletak pada pengujian langsung terhadap limbah laundry nyata dari usaha skala kecil di Desa Toaya, Kabupaten Donggala, menggunakan limbah tanpa pengenceran (100%) pada reaktor *batch* sederhana.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan sistem fitoremediasi tanaman bambu air dalam menurunkan kadar surfaktan (MBAS) dan fosfat pada limbah cair usaha laundry, yang dinyatakan sebagai perubahan konsentrasi, efisiensi penyisihan dan neraca massa, serta mengamati kondisi tanaman selama pengolahan.

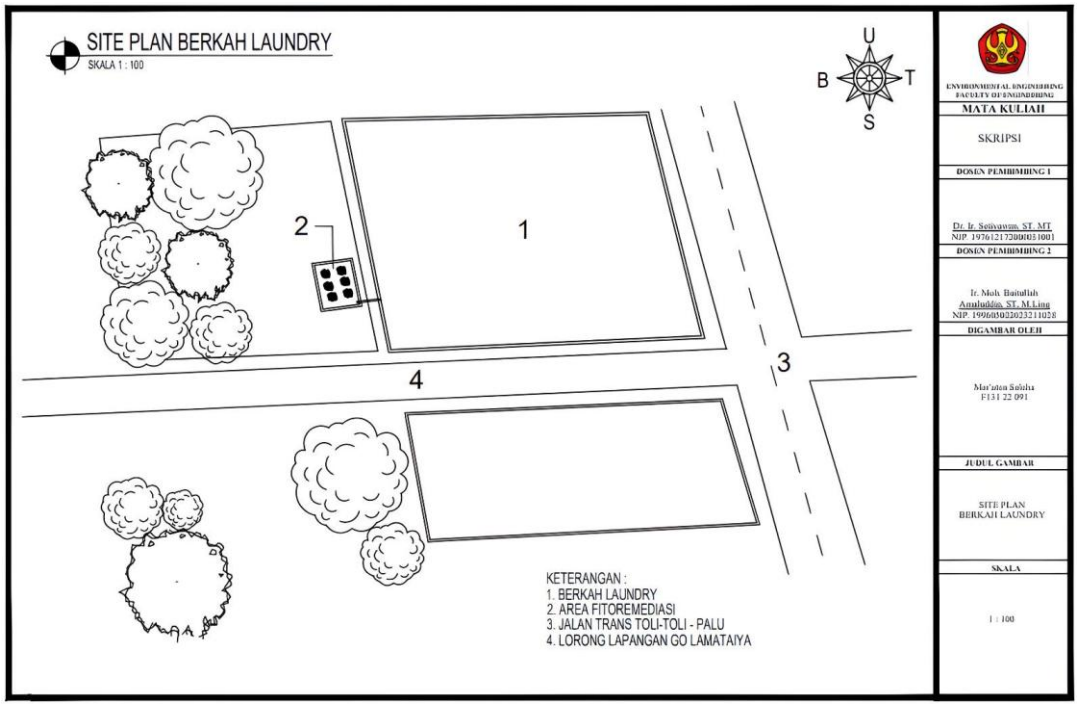
METODOLOGI

Lokasi dan Waktu Penelitian

Sampel air limbah diambil dari saluran pembuangan usaha Berkah Laundry di Desa Toaya, Kecamatan Sindue, Kabupaten Donggala, Sulawesi Tengah (Gambar 1). Denah usaha dan posisi titik pengambilan sampel ditunjukkan pada Gambar 2. Reaktor fitoremediasi ditempatkan di lokasi yang sama; penanda GPS pada dokumentasi lapangan menunjukkan koordinat sekitar 0,6055° LS dan 119,7990° BT. Pengolahan berlangsung dari 12 Juni sampai 29 Juni 2026.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian di Desa Toaya, Kecamatan Sindue, Kabupaten Donggala
Sumber: Saleha (2026)



Gambar 2. Denah (*site plan*) usaha Berkah Laundry
Sumber: Saleha (2026)

Alat dan Bahan

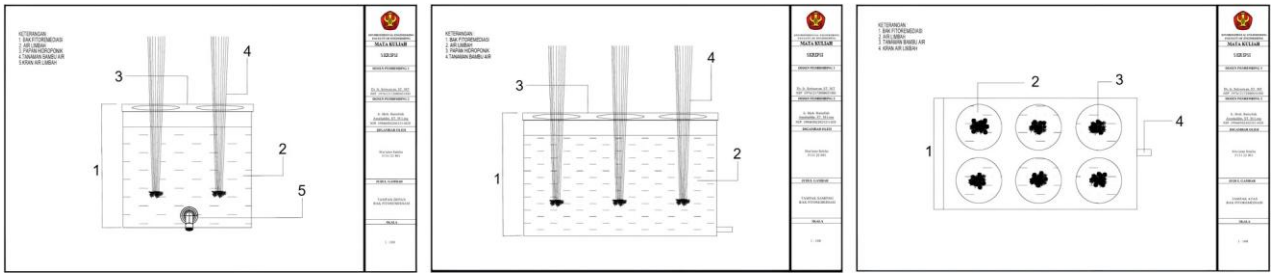
Alat dan bahan yang digunakan disajikan pada Tabel 1. Reaktor berupa bak plastik tertutup yang dilengkapi kran di bagian bawah untuk pengambilan sampel. Penutup bak dilubangi untuk menopang enam rumpun bambu air sehingga akar terendam dalam air limbah. Desain bak ditunjukkan pada Gambar 3.

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

Alat/Bahan	Keterangan
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)



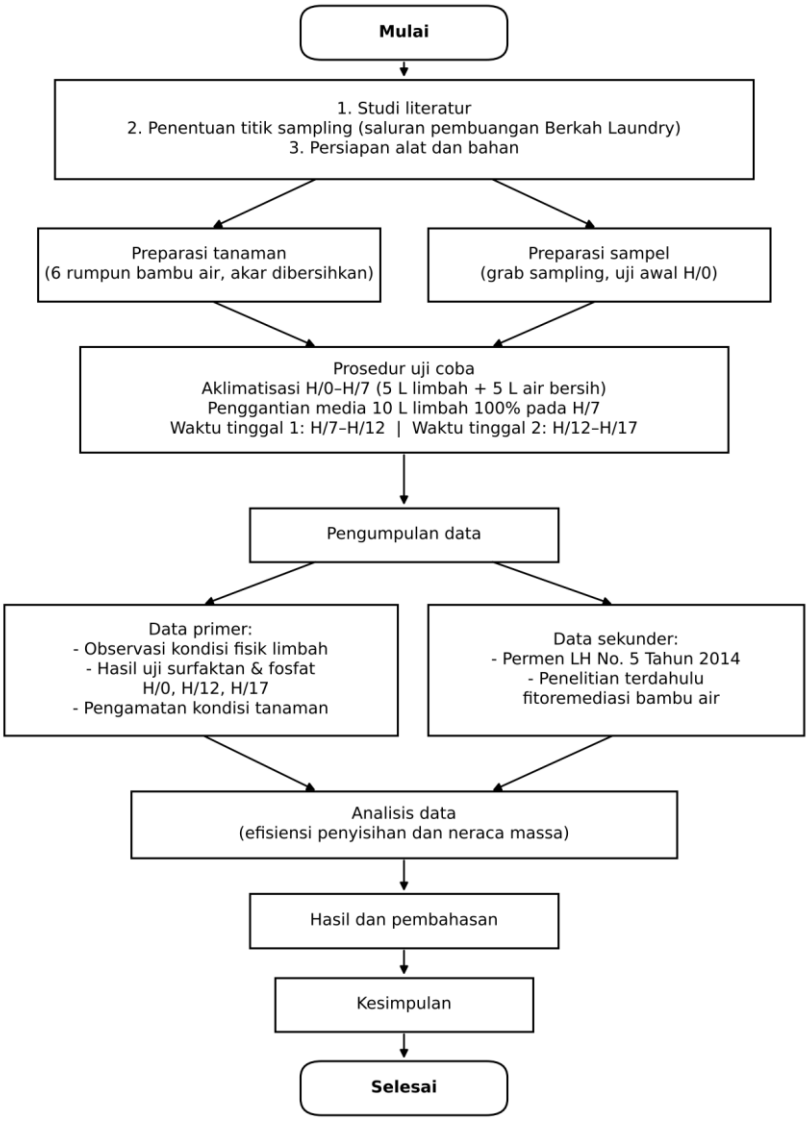
Gambar 3. Desain bak fitoremediasi (a) tampak depan, (b) tampak samping dan (c) tampak atas; 1 = bak, 2 = air limbah, 3 = penutup bak, 4 = tanaman bambu air, 5 = kran air limbah

Sumber: Saleha (2026)

Prosedur Penelitian

Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif eksperimental skala laboratorium dengan satu reaktor bertanaman. Bagan alir penelitian disajikan pada Gambar 4, dengan tahapan sebagai berikut:

1. Pengambilan sampel awal (H/0) secara sesaat (*grab sampling*) mengacu pada SNI 6989.59:2008 [11] pada 12 Juni 2026, kemudian diuji kadar surfaktan dan fosfatnya.
2. Penyiapan tanaman: akar enam rumpun bambu air dibersihkan dari tanah dan kotoran menggunakan air bersih.
3. Aklimatisasi selama 7 hari (H/0–H/7) pada campuran 5 L air limbah dan 5 L air bersih (1:1). Pada tahap ini tidak dilakukan pengambilan sampel kualitas air.
4. Pada H/7 (19 Juni 2026) media aklimatisasi dibuang dan diganti dengan 10 L air limbah laundry 100% tanpa pengenceran.
5. Pengolahan secara *batch* selama 10 hari. Sampel diambil melalui kran outlet pada H/12 (24 Juni 2026) dan H/17 (29 Juni 2026), masing-masing setelah 5 dan 10 hari kontak.
6. Pengamatan visual kondisi air limbah dan tanaman pada setiap waktu pengamatan, didokumentasikan dengan foto bertanda GPS (Gambar 5 dan Gambar 6).



Gambar 4. Bagan alir penelitian
Sumber: Diadaptasi dari Saleha (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 6. Kondisi bambu air (a) sebelum aklimatisasi, 12 Juni 2026 dan (b) setelah aklimatisasi 7 hari, 19 Juni 2026

Sumber: Dokumentasi penelitian (2026)

Analisis Laboratorium

Surfaktan diuji sebagai *Methylene Blue Active Substances* (MBAS) di UPT Laboratorium Lingkungan Hidup, Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Sulawesi Tengah (terakreditasi KAN, LP-1679-IDN), menggunakan metode SNI 06-6989.51-2005 [12] dengan nomor sampel Lab-0793 (H/0), Lab-0794 (H/12) dan Lab-0795 (H/17). Ketiga sampel diterima laboratorium pada 1 Juli 2026 dan diuji pada 1–21 Juli 2026. Fosfat diuji di UPT Laboratorium Kesehatan, Dinas Kesehatan Provinsi Sulawesi Tengah, dengan metode spektrofotometri (laporan 9 Juli 2026). Hasil fosfat H/17 dilaporkan <0,01 mg/L dan dipertahankan sebagai nilai batas, bukan nol.

Analisis Data

Efisiensi penyisihan (*removal efficiency*, RE) dihitung menggunakan (1), dengan C_0 konsentrasi awal pada H/0 (mg/L) dan C_t konsentrasi pada waktu pengamatan *t* (mg/L).

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

Massa pencemar dihitung dengan (2) dan massa tersisihkan dengan (3), dengan *M* massa pencemar (mg), *C* konsentrasi (mg/L), *V* volume air limbah dalam reaktor (10 L), M_{in} massa masuk dan M_{out} massa keluar (mg).

$$M = C \times V \quad (2)$$

$$M_r = M_{in} - M_{out} \quad (3)$$

Karena hanya digunakan satu reaktor tanpa ulangan, data dianalisis secara deskriptif kuantitatif tanpa uji statistik. Hasil dibandingkan dengan nilai acuan 0,2 mg/L yang digunakan dalam penelitian (sesuai nilai normal pada laporan laboratorium) dan dengan kadar maksimum air limbah kegiatan yang menggunakan deterjen menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 [13].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Awal Air Limbah

Hasil uji awal (H/0) menunjukkan kadar surfaktan 1,52 mg/L dan fosfat 3,90 mg/L (Tabel 2). Kedua nilai berada di atas acuan 0,2 mg/L yang digunakan dalam penelitian. Terhadap kadar maksimum air limbah kegiatan yang menggunakan deterjen pada Permen LH No. 5 Tahun 2014, yaitu MBAS 3 mg/L dan fosfat 2 mg/L [13], fosfat awal telah melampaui baku mutu, sedangkan surfaktan berada di bawahnya. Kadar ini mencerminkan penggunaan deterjen yang intensif pada proses pencucian, di mana surfaktan berfungsi mengangkat kotoran dan fosfat berfungsi sebagai *builder*.

Tabel 2. Karakteristik awal air limbah laundry (H/0)

Parameter	Hasil H/0	Satuan	Acuan penelitian	Permen LH 5/2014*
Surfaktan (MBAS)	1,52	mg/L	0,2	3
Fosfat	3,90	mg/L	0,2	2

Sumber: Data primer (2026); *kadar maksimum air limbah kegiatan yang menggunakan deterjen [13]

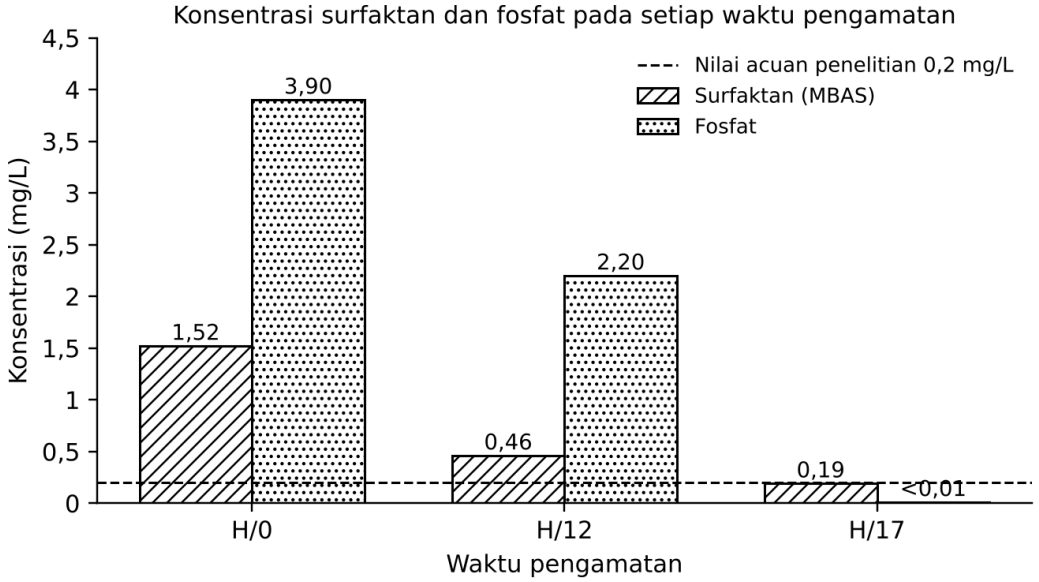
Penurunan Kadar Surfaktan dan Fosfat

Hasil pengujian pada seluruh waktu pengamatan disajikan pada Tabel 3 dan Gambar 7. Kadar surfaktan turun dari 1,52 mg/L (H/0) menjadi 0,46 mg/L (H/12) dan 0,19 mg/L (H/17). Kadar fosfat turun dari 3,90 mg/L menjadi 2,20 mg/L dan <0,01 mg/L pada waktu yang sama. Kedua parameter terus menurun selama pengolahan dan mencapai nilai terendah pada H/17.

Tabel 3. Hasil uji laboratorium surfaktan dan fosfat

Kode	Tanggal pengambilan	No. Lab MBAS	Surfaktan (mg/L)	Fosfat (mg/L)	Keterangan
H/0	12 Juni 2026	Lab-0793	1,52	3,90	Sebelum aklimatisasi
H/12	24 Juni 2026	Lab-0794	0,46	2,20	Kontak 5 hari
H/17	29 Juni 2026	Lab-0795	0,19	<0,01	Kontak 10 hari

Sumber: Laporan hasil uji UPT Laboratorium Lingkungan Hidup DLH Sulteng dan UPT Laboratorium Kesehatan Dinkes Sulteng (2026)



Gambar 7. Grafik konsentrasi surfaktan dan fosfat pada H/0, H/12 dan H/17

Pada H/17 kadar surfaktan (0,19 mg/L) berada sedikit di bawah acuan 0,2 mg/L, sedangkan fosfat (<0,01 mg/L) berada jauh di bawahnya. Terhadap Permen LH No. 5 Tahun 2014, fosfat baru memenuhi kadar maksimum 2 mg/L pada H/17, karena pada H/12 nilainya masih 2,20 mg/L. Perlu dicatat bahwa pemenuhan ini hanya menyangkut dua parameter yang diuji; parameter lain seperti BOD, COD, TSS dan pH tidak diukur sehingga kelayakan buang air hasil olahan secara keseluruhan belum dapat dinyatakan.

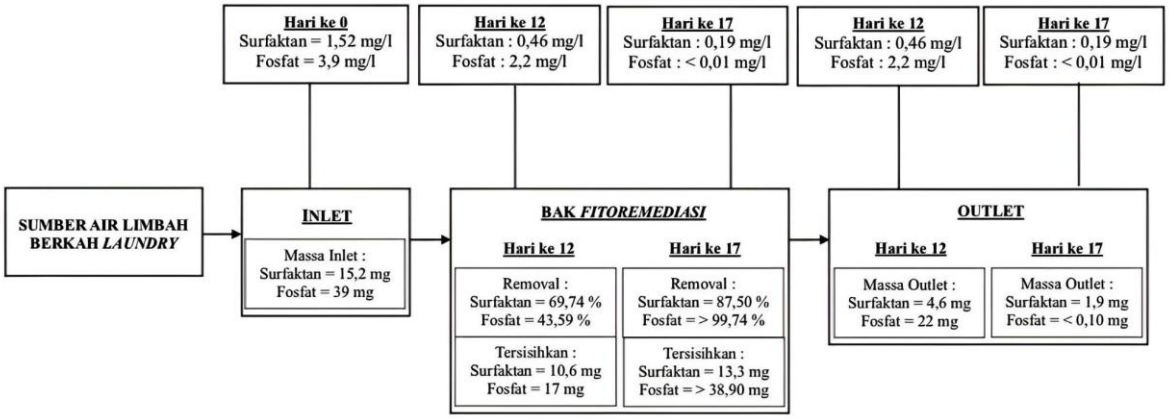
Efisiensi Penyisihan dan Neraca Massa

Hasil perhitungan efisiensi penyisihan dan neraca massa disajikan pada Tabel 4. Efisiensi penyisihan surfaktan meningkat dari 69,74% pada H/12 menjadi 87,50% pada H/17, sedangkan fosfat meningkat dari 43,59% menjadi >99,74%. Dengan volume 10 L, massa surfaktan yang tersisihkan sampai H/17 sebesar 13,3 mg dari 15,2 mg, dan massa fosfat tersisihkan lebih dari 38,9 mg dari 39 mg. Alur neraca massa ditunjukkan pada Gambar 8.

Tabel 4. Efisiensi penyisihan dan neraca massa surfaktan dan fosfat

Parameter	Waktu	RE (%)	M_{in} (mg)	M_{out} (mg)	M_r (mg)
Surfaktan	H/12	69,74	15,2	4,6	10,6
	H/17	87,50	15,2	1,9	13,3
Fosfat	H/12	43,59	39,0	22,0	17,0
	H/17	>99,74	39,0	<0,1	>38,9

Sumber: Hasil perhitungan (2026); RE dan M_{in} mengacu pada konsentrasi H/0 dengan volume 10 L

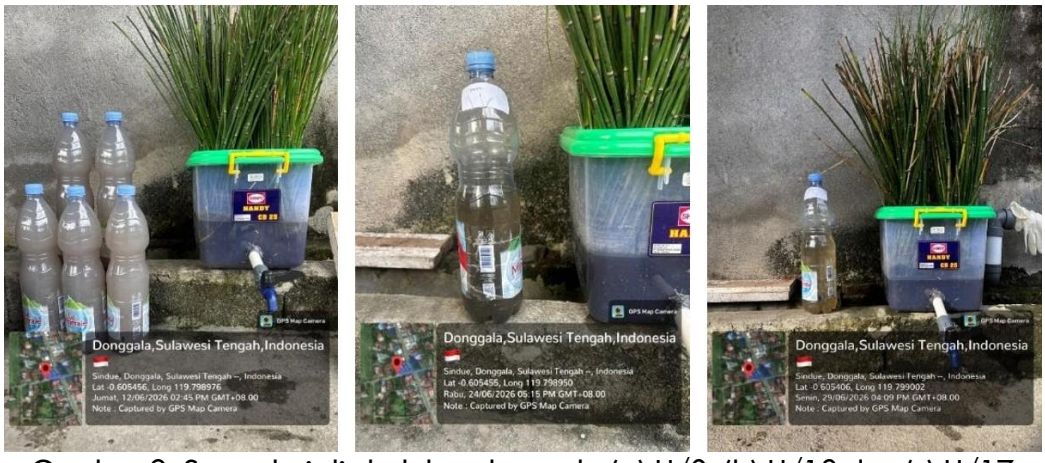


Gambar 8. Alur neraca massa surfaktan dan fosfat pada sistem fitoremediasi bambu air
Sumber: Saleha (2026)

Neraca massa di atas bersifat pendekatan karena volume dianggap tetap 10 L. Penguapan, transpirasi tanaman dan volume yang terambil saat sampling tidak diukur, sehingga massa tersisihkan merupakan selisih yang dihitung dari konsentrasi, bukan massa yang terukur di dalam jaringan tanaman atau endapan.

Kondisi Fisik Air Limbah

Perubahan kondisi fisik air limbah diamati secara visual pada setiap waktu pengamatan (Gambar 9 dan Tabel 5). Air limbah awal berwarna abu-abu keputihan, keruh dan berbusa. Pada H/12 air menjadi abu-abu kecokelatan dan lebih jernih dengan busa yang berkurang, sedangkan pada H/17 air tampak lebih jernih berwarna kuning kecokelatan tanpa busa. Hilangnya busa sejalan dengan penurunan kadar surfaktan.



Gambar 9. Sampel air limbah laundry pada (a) H/0, (b) H/12 dan (c) H/17
Sumber: Dokumentasi penelitian (2026)

Tabel 5. Kondisi fisik air limbah pada setiap waktu pengamatan

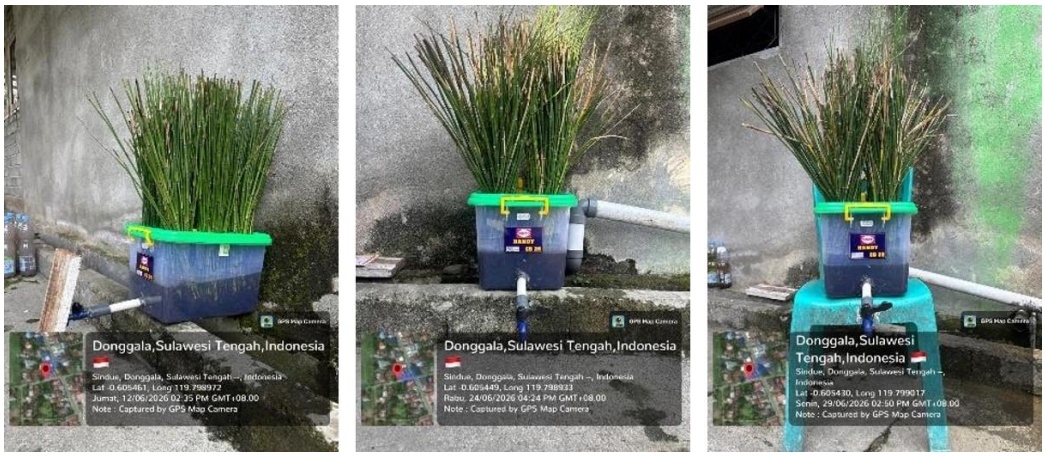
Waktu	Surfaktan (mg/L)	Fosfat (mg/L)	Kondisi fisik
H/0	1,52	3,90	Abu-abu keputihan, cukup keruh, terdapat sedikit busa di permukaan

Waktu	Surfaktan (mg/L)	Fosfat (mg/L)	Kondisi fisik
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)

Kondisi Tanaman Selama Pengolahan

Kondisi fisik tanaman pada setiap waktu pengamatan ditunjukkan pada Gambar 10 dan Tabel 6. Tanaman tetap didominasi batang berwarna hijau hingga H/17. Sebagian ujung batang menguning dan mengering serta rumpun tampak lebih menyebar, namun muncul tunas baru sejak H/12 yang bertambah tinggi pada H/17. Kemunculan tunas menunjukkan bahwa bambu air mampu bertahan dan tumbuh pada limbah laundry tanpa pengenceran dengan kadar surfaktan 1,52 mg/L dan fosfat 3,90 mg/L.



Gambar 10. Kondisi bambu air pada (a) H/0, (b) H/12 dan (c) H/17

Sumber: Dokumentasi penelitian (2026)

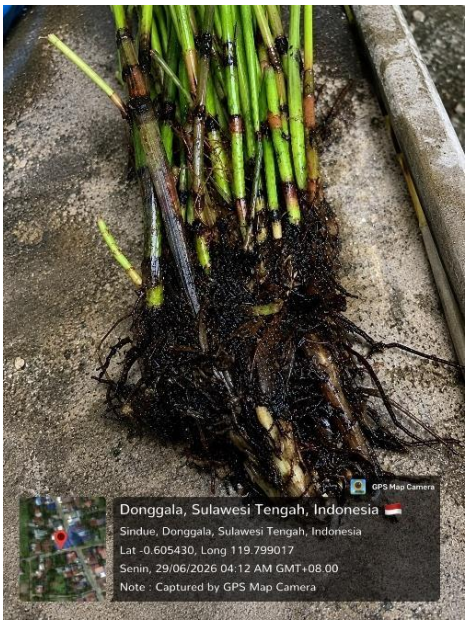
Tabel 6. Hasil pengamatan visual kondisi tanaman bambu air

Waktu	Kondisi tanaman
H/0	Hijau, tegak, rimbun dan segar; akar terendam baik. Beberapa ujung batang mulai mengering, tetapi tanaman secara keseluruhan dalam kondisi baik.
H/12	Masih didominasi warna hijau dan tumbuh tegak; beberapa batang mulai menyebar, sebagian ujung batang menguning dan mengering, mulai tampak tunas baru.
H/17	Masih didominasi warna hijau dan hidup; batang lebih menyebar, ujung batang yang menguning masih terlihat, tunas baru semakin tinggi.

Sumber: Data primer (2026)

Mekanisme Penurunan

Penurunan kadar pencemar pada sistem fitoremediasi dapat terjadi melalui beberapa jalur yang berlangsung bersamaan. Pertama, akar bambu air yang rapat (Gambar 11) menyediakan permukaan lekat dan eksudat organik bagi mikroorganisme di zona rizosfer. Kedua, surfaktan anionik merupakan senyawa organik yang dapat didegradasi mikroorganisme menjadi senyawa yang lebih sederhana. Ketiga, fosfat merupakan unsur hara yang diserap tanaman (*phyto-uptake*) dan dimanfaatkan mikroorganisme untuk pertumbuhan [4], [7]. Penurunan fosfat yang hampir sempurna dan munculnya tunas baru konsisten dengan peran serapan hara.



Gambar 11. Sistem perakaran bambu air setelah pengolahan (29 Juni 2026)
Sumber: Dokumentasi penelitian (2026)

Meskipun demikian, penelitian ini tidak mengukur kandungan fosfat jaringan tanaman, biomassa, maupun populasi mikroba, dan tidak menggunakan reaktor kontrol tanpa tanaman. Oleh karena itu, mekanisme di atas merupakan penjelasan yang didukung literatur, bukan hasil pengukuran langsung. Proses lain seperti pengendapan, adsorpsi pada dinding bak dan akar, serta presipitasi fosfat juga dapat berkontribusi terhadap penurunan konsentrasi di fase air.

Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu

Perbandingan dengan penelitian bambu air sebelumnya disajikan pada Tabel 7. Efisiensi penyisihan pada penelitian ini sejalan dengan kedua penelitian tersebut, yaitu bambu air mampu menurunkan fosfat dan surfaktan pada limbah laundry. Namun, perbedaan konsentrasi awal, pengenceran limbah, konfigurasi sistem (*constructed wetland*, hidroponik, atau bak *batch*) dan lama kontak membuat angka efisiensi antarpenelitian tidak dapat diperingkat secara langsung.

Tabel 7. Perbandingan dengan penelitian bambu air terdahulu

Penelitian	Sistem dan kondisi	Hasil utama
Munuqy dan Soewondo [7], [8]	*Constructed wetland*, limbah laundry, waktu kontak 1–5 hari	Fosfat turun hingga 0,227 mg/L; efisiensi 96,75% pada hari ke-5
Rusmala dkk. [9]	Hidroponik; variasi konsentrasi limbah, jarak tanam dan waktu kontak	Perlakuan terbaik (limbah 10%, jarak tanam 10 cm): COD 78,74%, surfaktan 60,82%, fosfat 66,90%
Penelitian ini	Bak *batch* 10 L, limbah 100%, 6 rumpun, aklimatisasi 7 hari, kontak 10 hari	Surfaktan 1,52 → 0,19 mg/L (87,50%); fosfat 3,90 → <0,01 mg/L (>99,74%)

Sumber: [7]–[9] dan data primer (2026)

Keterbatasan Penelitian

Beberapa keterbatasan perlu diperhatikan dalam menafsirkan hasil. Pertama, nilai H/0 diambil sebelum aklimatisasi, sedangkan limbah pengganti pada H/7 tidak diuji, sehingga efisiensi dihitung terhadap H/0 dengan asumsi karakteristik limbah pengganti setara. Kedua, penelitian menggunakan satu reaktor tanpa ulangan dan tanpa kontrol tanpa tanaman, sehingga kontribusi tanaman tidak dapat dipisahkan dari proses alami lain. Ketiga, sampel MBAS diterima laboratorium pada 1 Juli 2026, yaitu 2–19 hari setelah pengambilan, dan kondisi pengawetannya tidak tercatat. Keempat, laporan fosfat tidak menyebutkan apakah hasil dinyatakan sebagai PO_4 atau P, dan apakah <0,01 mg/L merupakan batas deteksi atau batas kuantifikasi.

KESIMPULAN

Sistem fitoremediasi menggunakan enam rumpun bambu air (*Equisetum hyemale*) dalam bak *batch* 10 L mampu menurunkan kadar surfaktan dan fosfat pada limbah cair usaha laundry tanpa pengenceran. Surfaktan turun dari 1,52 mg/L menjadi 0,19 mg/L dan fosfat dari 3,90 mg/L menjadi <0,01 mg/L setelah 10 hari kontak, dengan efisiensi penyisihan 87,50% dan >99,74% serta massa tersisihkan 13,3 mg dan >38,9 mg. Tanaman tetap hidup dan membentuk tunas baru selama pengolahan. Hasil ini menunjukkan potensi bambu air sebagai alternatif pengolahan limbah laundry skala kecil. Penelitian lanjutan perlu menggunakan reaktor kontrol tanpa tanaman, ulangan, pengukuran konsentrasi awal setiap pengisian, analisis jaringan tanaman, serta parameter tambahan (BOD, COD, TSS dan pH) untuk memastikan kontribusi tanaman dan kelayakan buang air hasil olahan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pemilik usaha Berkah Laundry, Desa Toaya, yang telah mengizinkan pengambilan sampel, serta kepada UPT Laboratorium Lingkungan Hidup DLH Provinsi Sulawesi Tengah dan UPT Laboratorium Kesehatan Dinas Kesehatan Provinsi Sulawesi Tengah atas pengujian sampel. Artikel ini disusun dari tugas akhir penulis pertama di Program Studi S1 Teknik Lingkungan Universitas Tadulako (2026). Data yang sama juga digunakan dalam naskah lain yang berfokus pada pengaruh tahapan 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] Y. Sapta Dewi, "Efektivitas penggunaan koagulan tawas dan kapur dalam mereduksi surfaktan dan fosfat pada limbah laundry," *Jurnal Techlink*, vol. 7, no. 1, hlm. 1–11, 2023, doi: 10.59134/jtnk.v7i01.316.

[3] 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.

[4] 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.

[5] M. F. Rahmawan, N. Pramitasari, dan A. M. Kartini, "Pengaruh aerasi terhadap penurunan kadar COD limbah cair laundry pada proses fitotreatment menggunakan tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*)," *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, vol. 15, no. 1, hlm. 89–105, 2023, doi: 10.20885/jstl.vol15.iss1.art7.

[6] 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.

[7] 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.

[8] 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.

[9] 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.

[10] 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.

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

[12] 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.

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