



Efektivitas Fitoremediasi Limbah Detergen: Kajian Literatur Effectiveness of Detergent Waste Phytoremediation: Literature Review

Tiara Zahira¹, Nurul Fadillah¹, Yahya Ayasy Al-Muhandis^{1*}

¹ Departemen Bioteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Bandung

*Corresponding author: Jalan Soekarno-Hatta No. 752 Kota Bandung, Provinsi Jawa Barat, 40614, Indonesia.
E-mail addresses: yahyaayasy809@gmail.com

2025 BIODIVERSE: Jurnal Biodiversitas dan Bioteknologi

Abstract

The increasing use of detergents increases the risk of environmental pollution. Detergent waste can cause a decrease in water quality so that it is no longer suitable for consumption, use, and disrupts the balance of the aquatic ecosystem which has a negative impact on the lives of aquatic organisms. Therefore, environmentally friendly waste management techniques such as phytoremediation are needed. The purpose of writing this review article is to analyze the potential, mechanisms, determine the factors that influence effectiveness, and examine the advantages and disadvantages of detergent waste phytoremediation. Journal writing is done using the literature review method. From a number of literatures found, literature was selected that contained discussions related to the topic and purpose of writing the journal. From a number of literatures, it is known that plants that have the potential to be agents for phytoremediation of detergent waste are *Pistia stratiotes* L., *Acanthus ilicifolius*, *Marsilea crenata*, *Acanthus montanus*, *Pistia stratiotes*, *Sagittaria lancifolia*, *Eichornia crassipes*, *Actinoscirpus grossus*, *Thypha Angustifolia* L., *Echinodorus palaefolius*, *Monochoria vaginalis*, *Lemna minor*, *Azolla microphylla*, and *Ludwigia adscendens*. Phytoremediation mechanisms include phytostabilization, rhizofiltration, phytodegradation, phytoextraction, and phytovolatilization. The effectiveness of phytoremediation is influenced by detergent concentration, number of plants, temperature, pH, and duration of treatment. Phytoremediation methods are environmentally friendly because they do not involve chemicals or processes that can damage the environment, but they require optimization because the capacity of each plant to process waste varies. Large-scale phytoremediation applications require consideration of factors that affect the effectiveness of each plant.

Article info

Article history:

Received : 04 February 2025

Revised : 01 June 2025

Accepted : 20 August 2025

Available online : 22 August 2025

Keywords:

detergent waste
literature review
phytoremediation

1. PENDAHULUAN

Pencemaran lingkungan sering diakibatkan oleh limbah cair yang berasal dari kegiatan industri maupun rumah tangga. Jika tidak dikelola dengan baik, limbah tersebut dapat menyebabkan gangguan yang signifikan terhadap ekosistem perairan [1]. Pencemaran air adalah kondisi di mana kualitas air mengalami penurunan akibat perubahan lingkungan yang memburuk. Oleh karena itu, diperlukan upaya penanganan [2]. Salah satu penyebab utama pencemaran air yaitu penggunaan detergen yang biasa digunakan dalam aktivitas sehari-hari, seperti mencuci piring, pakaian, dan mandi. Limbah detergen yang mengandung senyawa kimia berbahaya akan terbuang ke saluran air dan akhirnya mencemari lingkungan perairan. Pencemaran ini dapat mengakibatkan penurunan kualitas air, sehingga tidak lagi layak untuk dikonsumsi atau digunakan. Selain itu, zat kimia dalam detergen juga dapat mengganggu keseimbangan ekosistem air, yang berdampak negatif pada kehidupan organisme akuatik, seperti ikan dan tumbuhan air [3].

Secara umum, detergen mengandung tiga komponen utama, yaitu surfaktan sebagai bahan utama yang berkisar antara 20-30%, *builder* (senyawa fosfat) yang mencakup 70-80%, serta bahan tambahan seperti pemutih dan pewangi dengan proporsi yang lebih sedikit, sekitar 2-8%. Surfaktan dalam detergen memiliki peran penting untuk meningkatkan kemampuan pembasahan dan pengikatan kotoran, sehingga sifat-sifat detergen dapat bervariasi tergantung pada jenis surfaktan yang digunakan. *Builder* berfungsi meningkatkan efektivitas surfaktan dalam menghilangkan kotoran dan noda. *Builder* berkerja dengan menetralkan mineral yang berperan dalam tingkat kesadahan air, yang mana mineral ini mengganggu kinerja surfaktan. Hal ini membuat proses pembersihan menjadi lebih efektif dan efisien [4][5][6].

Bahan utama detergen yang mengakibatkan pencemaran air meliputi *Alkyl Benzene Sulfonate* (ABS) dan *Linear Alkylbenzene Sulfonate* (LAS), merupakan jenis surfaktan anionik. Detergen yang menggunakan surfaktan ABS sulit untuk terurai oleh mikroorganisme, disebabkan oleh struktur kimianya yang memiliki rantai karbon bercabang. Rantai karbon bercabang ini menjadikannya lebih tahan terhadap proses degradasi alami, sehingga dapat berpotensi mencemari lingkungan. Sedangkan detergen yang menggunakan surfaktan LAS lebih mudah terdegradasi oleh mikroorganisme, karena struktur rantai karbonnya yang tidak bercabang, cenderung memiliki dampak lingkungan yang lebih rendah, berkat kemampuannya untuk terurai secara lebih efisien [7]. Detergen dengan *surfaktan Natrium Dodecyl Benzen Sulfonat* (NaDBS) juga sulit terurai secara alami karena strukturnya mengandung rantai alkil dodekil yang terikat pada benzena dan gugus sulfonat. Selain itu, kandungan *builder* seperti *Sodium Tripolyphosphate* (STPP) juga dapat menyebabkan pencemaran air jika terakumulasi [8].

Penggunaan detergen menunjukkan kenaikan yang substansial setiap tahun, sejalan dengan berbagai manfaat yang ditawarkannya dalam kehidupan sehari-hari. Penggunaan detergen di Indonesia saat ini rata-rata mencapai 18 kg per orang setiap tahun. Hal ini menunjukkan tingginya kebutuhan masyarakat terhadap produk pembersih dalam aktivitas sehari-hari [9]. Seiring bertambahnya jumlah penduduk dan perubahan gaya hidup, konsumsi detergen diperkirakan terus meningkat setiap tahun, yang dapat menambah risiko pencemaran lingkungan jika limbahnya tidak dikelola dengan baik [10].

Dalam upaya mengurangi produksi limbah cair, pengelolaan yang tepat sangat diperlukan untuk menurunkan volume limbah yang dibuang ke lingkungan. Tujuan dari pengelolaan ini adalah untuk menghilangkan atau meminimalkan kadar limbah yang terkandung dalam perairan, sehingga dampaknya terhadap ekosistem dapat dikurangi. Salah satu teknik pengelolaan limbah yang ramah lingkungan adalah fitoremediasi. Fitoremediasi merupakan proses pengolahan limbah atau polutan dengan memanfaatkan tanaman untuk mengalihkan, menghancurkan, menghapus, atau menstabilkan limbah yang terdiri dari senyawa organik dan anorganik. Tanaman yang digunakan dalam fitoremediasi harus memenuhi sejumlah kriteria, seperti pertumbuhan yang cepat, biomassa yang melimpah, dan kemampuan bertahan hidup yang baik dalam kondisi lingkungan yang tercemar [11]. Penulisan artikel *review* ini bertujuan untuk menganalisis potensi tumbuhan dalam mengurangi dampak limbah detergen, mengetahui mekanisme kerja tumbuhan dalam meremediasi limbah detergen, mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi efektivitas fitoremediasi limbah detergen, dan mengkaji kelebihan dan kekurangan teknologi remediasi limbah detergen menggunakan agen tumbuhan.

2. METODE

Penulisan jurnal dilakukan dengan metode kajian literatur. Literatur ditelusuri dengan menggunakan kata kunci fitoremediasi dan limbah detergen pada situs Google Scholar dan

beberapa situs web resmi yang menyajikan jurnal dengan data terkait. Dari sejumlah literatur yang ditemukan, dipilih literatur yang memuat bahasan yang sesuai dengan topik dan tujuan penulisan jurnal. Bahasan artikel tidak dibatasi jenis tumbuhan atau detergen tertentu.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Potensi Tumbuhan dalam Mengurangi Dampak Limbah Detergen

Tumbuhan memiliki potensi besar sebagai agen bioremediasi untuk mengurangi dampak limbah detergen. Proses ini memanfaatkan kemampuan alami tumbuhan untuk membersihkan air tercemar. Pertama, tumbuhan bisa membuat zat berbahaya terperangkap di dalam tanah sehingga tidak terbawa aliran air. Kedua, akar tumbuhan bisa menyerap zat berbahaya yang ada di air. Ketiga, bakteri yang hidup di sekitar akar tumbuhan dapat menguraikan zat berbahaya menjadi zat yang tidak berbahaya [12]. Berdasarkan penelitian, terdapat berbagai jenis tumbuhan yang memiliki potensi dalam fitoremediasi limbah detergen (Tabel 1).

Tabel 1. Agen Tumbuhan Fitoremediasi

Jenis Tumbuhan	Hasil Penelitian	Sumber
Kayu Apu (<i>Pistia stratiotes</i> L.) dan Genjer (<i>Limnocharis flava</i> L.)	<ul style="list-style-type: none"> - Dalam waktu kontak 15 hari, dengan konsentrasi limbah 300.000 ppm, persentase penurunan kadar fosfat kayu apu sebesar 65,45% dan genjer sebesar 58,45%. - Persentase penurunan kadar COD pada kayu apu sebesar 32,94% dan genjer sebesar 26,80%. - Nilai DO dari 5,86 ppm menjadi 2,25 ppm. - Penurunan nilai pH limbah dari 8,73 menjadi 7,33. - Nilai suhu dari 29,50°C menjadi 27,47°C. 	[13]
Jeruju (<i>Acanthus ilicifolius</i>)	<ul style="list-style-type: none"> - Dalam waktu kontak 14 hari, level permukaan air menurun mencapai 1-2 cm. - Morfologi pada bagian batang dan daun berubah. - Penurunan nilai pH limbah dari 8,7 menjadi 7,9. - Nilai suhu dari 25,5°C menjadi 24,4°C. 	[14]
Semanggi Air (<i>Marsilea crenata</i>)	<ul style="list-style-type: none"> - Waktu kontak 10hari, konsentrasi LAS detergen 30ppm menjadi 3,51 ppm. - Semakin tinggi konsentrasi LAS detergen, semakin rendah biomassa akhir tumbuhan Semanggi air. - Penurunan nilai pH limbah dari 7,7 menjadi 7,2. - Nilai suhu dari 29°C menjadi 26-27°C. 	[8]
Sungsang Beruang (<i>Acanthus montanus</i>)	<ul style="list-style-type: none"> - Dalam waktu kontak 8 hari, level permukaan air menurun. - Morfologi tanaman berubah pada daun yang menjadi kekuningan dan batang yang menjadi tidak tegak. - Penurunan pH limbah dari 10 menjadi 9,1. - Nilai suhu 24°C menjadi 22°C. 	[15]
Kiambang (<i>Pistia stratiotes</i>)	<ul style="list-style-type: none"> - Dalam waktu kontak 7 hari, penurunan nilai pH limbah dari 9,18 menjadi 7,78. - Nilai suhu 30,45°C menjadi 27,95°C. 	[16]
Daun Tombak (<i>Sagittaria lancifolia</i>)	<ul style="list-style-type: none"> - Tumbuhan Daun Tombak terbukti mampu menurunkan nilai TDS pada media tanam pada konsentrasi detergen 10 ppm dalam waktu detensi 7 hari dengan rerata nilai 174 mg/L. 	[17]
Rumput bebek (<i>Lemna minor</i>) dan Rumput Azolla (<i>Azolla microphylla</i>)	<ul style="list-style-type: none"> - Dalam waktu kontak 7 hari, rumput Azolla menurunkan kadar fosfat dengan jumlah yang lebih tinggi dibandingkan rumput bebek. Pada konsentrasi 20 ppm, Rumput Azolla menurunkan sebesar 79,54%, sedangkan rumput bebek 55%. - Kadar klorofil fitoremediasi Rumput Azolla pada konsentrasi 20 ppm mencapai 11,77 mg/L, sementara Rumput Bebek pada konsentrasi 10 ppm memiliki kadar klorofil sebesar 5,74 mg/L. - Kadar BOD fitoremediasi tumbuhan rumput Azolla pada konsentrasi 10 ppm yaitu 1,95 mg/L, dan fitoremediasi kombinasi tumbuhan rumput Bebek dan rumput Azolla pada konsentrasi 10 ppm yaitu 2,49 mg/L - Nilai DO pada rumput Azolla pada konsentrasi 8 ppm yaitu 7,51 mg/L dan pada tumbuhan rumput Bebek pada konsentrasi 4 ppm yaitu 7,35 mg/L. - Penurunan nilai pH limbah oleh rumput Azolla dari 9,8 menjadi 7,35 dan penurunan pH limbah oleh rumput Bebek dari 9,7 menjadi 7,03. - Nilai suhu stabil pada 28°C 	[18]
Tapak Dara Air (<i>Ludwigia adscendens</i>)	<ul style="list-style-type: none"> - Dalam waktu kontak 10 hari, konsentrasi LAS menurun dari 30 ppm menjadi 3,26 ppm. - Biomassa basah Tapak Dara Air meningkat dengan rerata sebesar 120 gram - Penurunan pH limbah hingga 7,3. - Nilai suhu menurun hingga 27,6 °C 	[3]

Dari data pada tabel 1 dapat dinilai tumbuhan yang menunjukkan efektivitas tertinggi dalam mengurai polutan yaitu Rumpun Azolla (*Azolla microphylla*) yang mampu menurunkan konsentrasi polutan cukup tinggi dalam waktu kontak yang lebih singkat dibandingkan tumbuhan lainnya.

3.2 Mekanisme Tumbuhan dalam Remediasi Limbah Detergen

Mekanisme tumbuhan dalam remediasi polutan diklasifikasikan menjadi fitostabilisasi, rizofiltrasi, fitodegradasi, fitoekstraksi, dan fitovolatilisasi [11]. Fitostabilisasi merupakan metode yang menggunakan tumbuhan untuk mengikat dan menstabilkan kontaminan. Tumbuhan mengumpulkan polutan di akar dan mengubah polutan menjadi senyawa yang tidak berbahaya [19]. Rizofiltrasi adalah metode yang memanfaatkan tumbuhan untuk menyerap polutan, dengan tujuan membatasi pergerakan polutan tersebut ke dalam air tanah. Teknik ini menggunakan akar tanaman untuk menarik zat-zat berbahaya, sehingga kebersihan air tanah tetap terjaga [20]. Fitodegradasi merupakan proses di mana tumbuhan menguraikan polutan dengan struktur molekul kompleks menjadi senyawa yang tidak berbahaya. Polutan yang diserap akan diolah oleh organ-organ tumbuhan melalui reaksi enzimatik atau proses metabolisme [21]. Fitoekstraksi yaitu proses penyerapan polutan dari media oleh akar, kemudian disimpan pada bagian tumbuhan seperti batang atau daun. Fitovolatilisasi yaitu suatu proses dimana polutan diserap tumbuhan dan diubah menjadi senyawa volatil yang tidak berbahaya, kemudian dilepas ke udara bebas [14]. Berikut contoh mekanisme fitoremediasi limbah detergen:

3.2.1 Eceng gondok (*Eichornia crassipes*)

Penurunan kadar *Linear Alkyl Benzene Sulphonate* (LAS) dari detergen dapat terjadi berkat adanya interaksi antara akar tumbuhan dan mikroorganisme. Mikroba rhizosfer yang hidup di sekitar akar tumbuhan air berperan dalam menyerap zat organik dari perairan serta sedimen, yang kemudian terakumulasi dalam tubuhnya [22]. Dalam penelitian Astuti dan Titah membandingkan kualitas air yang telah terpapar detergen sebesar 20 ppm. Hasil menunjukkan bahwa eceng gondok mampu menurunkan kadar LAS detergen secara signifikan sebesar 98,2%, dibandingkan kelompok kontrol yang hanya 95,8%. Selain itu, kelompok yang diberi perlakuan mengalami penurunan DO, pH dan peningkatan BOD, yang menunjukkan adanya aktivitas biologis dalam proses degradasi detergen [22].

Berdasarkan penurunan kadar LAS, eceng gondok terbukti efektif dalam membersihkan air dari pencemaran. Ini menunjukkan bahwa eceng gondok memiliki kemampuan yang baik untuk menyerap dan mentoleransi zat berbahaya [22].

3.2.2 Tanaman Mensiang (*Actinoscirpus grossus*) dan Lembang (*Thypha Angustifolia* L.)

Kadar surfaktan menurun secara signifikan seiring bertambahnya waktu tinggal. Proses penyisihan surfaktan dalam fitoremediasi terjadi karena adanya aktivitas mikroba dari Genus *Pseudomonas* yang menempel pada akar tanaman. Mikroba ini berperan dalam menguraikan *Sulphophenyl Carboxylate* (SPC) yang terbentuk selama proses biologis. Tahapan selanjutnya dalam biodegradasi surfaktan melibatkan pemecahan cincin aromatik *Linear Alkylbenzene Sulfonate* (LAS) dan SPC di dalam air. Pemecahan ini terjadi melalui oksidasi pada ujung rantai alkil, menghasilkan asam karboksil sulfofenil, yang kemudian dilanjutkan dengan proses beta-oksidasi. Produk akhir dari degradasi surfaktan ini berupa CO₂, H₂O, SO₄, dan biomassa bakteri [22][23].

Kemudian hasil penelitian menunjukkan penurunan kadar fosfat seiring bertambahnya waktu tinggal. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa waktu tinggal yang lebih lama efektif dalam mengurangi kadar fosfat secara signifikan. Pengurangan kadar fosfat dalam limbah laundry diduga terjadi melalui mekanisme rizofiltrasi dan fitoekstraksi. Rizofiltrasi adalah proses di mana akar tanaman menyerap zat pencemar akibat adanya perbedaan muatan yang membentuk ikatan ionik antara ion fosfat dalam limbah dan ion pada akar. Akar tanaman memiliki kecenderungan menarik kation dari zat pencemar, seperti logam berat dan senyawa anorganik. Sementara itu, fitoekstraksi merupakan proses di mana tanaman menyerap kontaminan dari media tempatnya tumbuh. Fosfat yang telah diserap kemudian dialirkan ke seluruh bagian tanaman melalui mekanisme translokasi [23].

3.2.3 Melati Air (*Echinodorus palaefolius*) dan Eceng Padi (*Monochoria vaginalis*)

Dalam penelitian Apsari *et al.* sebelum perlakuan, kedua tanaman memiliki daun berwarna hijau dan tampak segar. Namun, setelah perlakuan, daun melati air menunjukkan bercak kuning, sementara beberapa daun eceng padi mengalami pengeringan. Perubahan pada daun ini kemungkinan disebabkan oleh tingginya beban polutan yang berdampak pada penurunan kualitas serta jumlah klorofil, sehingga menyebabkan perubahan warna. Perubahan fisik yang terjadi pada melati air dan eceng padi merupakan bentuk respons tanaman terhadap keberadaan polutan, yang mencerminkan kemampuan adaptasi mereka

terhadap zat pencemar seperti detergen [12].

Penelitian ini menguji pengaruh variasi berat tanaman terhadap melati air dan eceng padi menggunakan Kruskal-Wallis Test. Hasil menunjukkan bahwa pada melati air, nilai penyerapan polutan terendah terdapat pada berat 100 gram, sedangkan nilai tertingginya pada 300 gram. Sementara itu, pada eceng padi nilai penyerapan polutan tertinggi terjadi pada berat 200 gram, dan terendahnya pada kontrol (0 gram). Temuan ini mengindikasikan bahwa berat tanaman mempengaruhi hasil secara berbeda pada tiap jenis tanaman [11].

Tanaman melati air (*Echinodorus palaefolius*) lebih efektif dalam menyerap polutan dari limbah detergen. Hal ini terlihat dari nilai *removal efficiency* tertinggi yang dicapai oleh melati air, yaitu 76,68%, sementara eceng padi (*Monochoria vaginalis*) memiliki efisiensi sebesar 67,61% [12].

3.2.4 Kiambang (*Pistia stratiotes*)

Tumbuhan ini dikenal mampu menyerap dan mengakumulasi berbagai zat pencemar dari air, termasuk senyawa kimia yang terdapat dalam limbah detergen. Kiambang memiliki sistem akar yang luas dan pertumbuhan yang cepat, sehingga mampu mengikat dan menyerap zat-zat pencemar secara efektif. Penelitian oleh Tambunan et al. menunjukkan bahwa kiambang dapat menyerap logam berat, nutrisi berlebih, serta senyawa organik seperti surfaktan yang umum ditemukan dalam limbah detergen [16].

Warna air limbah detergen yang ditumbuhi kiambang bisa menjadi hitam karena beberapa faktor. Kiambang menyerap zat-zat kotor dari detergen dan menyimpannya di dalam tubuhnya. Proses penguraian zat-zat kotor oleh kiambang dan mikroba menghasilkan zat baru yang berwarna gelap salah satunya karena akumulasi dari bahan organik. Selain itu, pertumbuhan alga dan mikroorganisme yang subur di sekitar kiambang juga berkontribusi pada perubahan warna air [16].

3.3 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Efektivitas Fitoremediasi pada Limbah Detergen

3.3.1 Konsentrasi Detergen

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Fatiha et al. [14], semakin rendah konsentrasi detergen, maka tingkat penurunan level permukaan air semakin tinggi. Selain itu, konsentrasi detergen juga mempengaruhi nilai pH. Semakin tinggi konsentrasi detergen, nilai pH semakin basa. Sebagian besar organisme air, termasuk tumbuhan akuatik, sangat rentan terhadap perubahan pH. Organisme air tersebut berkembang dengan baik pada pH ideal antara 7-8,5. Konsentrasi detergen juga berpengaruh pada biomassa, seperti pada penelitian Rulitasari dan Rachmadiarti [8], biomassa basah akhir semanggi air menurun seiring dengan meningkatnya konsentrasi LAS detergen pada media, begitupun sebaliknya. Hal tersebut disebabkan karena ketika tumbuhan sudah melewati fase titik jenuh, maka proses penyerapan nutrisi akan menurun, sehingga proses metabolismenya pun terganggu, dan berdampak pada produksi biomassa yang rendah. Konsentrasi detergen juga mempengaruhi nilai *Total Dissolved Solid* (TDS) atau zat padat yang terlarut pada media. Nilai TDS yang tinggi dapat meningkatkan nilai kekeruhan, yang dapat berdampak pada penetrasi cahaya matahari ke dalam air, dan mempengaruhi proses fotosintesis di perairan [17].

3.3.2 Jumlah Tumbuhan

Pada penelitian yang sama seperti poin 3.3.1, ditemukan pula bahwa jumlah tumbuhan juga mempengaruhi penurunan fosfat dan *Chemical oxygen Demand* (COD), semakin banyak jumlah tumbuhan maka semakin besar pula penurunan kadar fosfat dan COD. Nilai COD ini menunjukkan banyaknya oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi senyawa organik dalam air. Tetapi jumlah tumbuhan yang banyak juga meningkatkan persaingan antar tanaman untuk memperoleh nutrisi. Sehingga dapat berdampak pada pertumbuhan tanaman [13].

3.3.3 Suhu

Suhu salah satunya dipengaruhi oleh morfologi tanaman, seperti tanaman kayu apu yang menutupi permukaan media. Sehingga menghalangi masuknya sinar matahari langsung ke media. Suhu yang rendah mendukung peningkatan kelarutan CO₂ dalam air, menyebabkan penurunan pH [13]. Suhu ideal untuk mendukung kelangsungan hidup organisme akuatik, seperti fitoplankton dan tumbuhan air, berada dalam rentang 20°C-30°C. Meningkatnya suhu lingkungan, memungkinkan penyerapan nutrisi oleh tumbuhan juga meningkat [14].

3.3.4 Nilai pH

Nilai pH mempengaruhi kelarutan unsur hara. pH yang ideal untuk penyerapan fosfat oleh tumbuhan yaitu 6-8 [16].

3.3.5 Lama Waktu Perlakuan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Herlambang dan Hendriyanto [13], bahwa semakin lama waktu perlakuan yang diberikan, penurunan kadar fosfat semakin meningkat. Akan tetapi, persentase penurunannya semakin menurun. Hal tersebut dapat terjadi ketika tumbuhan sudah jenuh. Pada penelitian Rulitasari dan Rachmadiarti [8], semakin lama waktu kontak tumbuhan semanggi air dengan media, semakin besar penurunan kadar LAS detergen. Oleh karena itu, kapasitas tumbuhan dalam menyerap polutan penting untuk diketahui.

3.4 Kelebihan dan Kekurangan Fitoremediasi pada Limbah Detergen

Keuntungan utama dari fitoremediasi adalah kemampuannya untuk mengurangi atau menghilangkan sifat toksik dari limbah yang dihasilkan. Limbah tersebut, terutama yang berasal dari produk buangan sekunder, dapat mengandung senyawa berbahaya yang dapat mencemari lingkungan. Dalam proses fitoremediasi, tumbuhan menyerap atau menguraikan senyawa berbahaya tersebut, sehingga menghasilkan limbah dengan tingkat toksisitas yang lebih rendah, yang lebih aman bagi ekosistem. Di samping itu, fitoremediasi termasuk teknik yang bersifat ramah lingkungan karena tidak memanfaatkan senyawa kimia berbahaya maupun proses yang dapat menimbulkan degradasi lingkungan. Proses ini memanfaatkan tumbuhan yang tumbuh secara alami, sehingga tidak menambah polusi atau kerusakan lebih lanjut. Dari segi biaya, fitoremediasi juga lebih terjangkau dibandingkan dengan teknologi pengolahan limbah lainnya yang sering kali membutuhkan peralatan mahal atau bahan kimia kompleks. Tumbuhan yang digunakan dalam fitoremediasi dapat diperoleh dengan mudah dan biaya operasionalnya relatif rendah, sehingga membuatnya menjadi solusi pengelolaan limbah yang ekonomis dan efisien [11].

Metode fitoremediasi memiliki kekurangan, dimana prosesnya memerlukan waktu yang relatif lama untuk mengolah limbah atau bahan pencemar hingga tercapai hasil yang maksimal. Selain itu, tumbuhan yang digunakan dalam fitoremediasi dapat menyerap polutan dari lingkungan, yang berisiko terakumulasi dalam jaringan tumbuhan itu sendiri. Hal ini dapat menyebabkan polutan masuk ke dalam rantai makanan jika tumbuhan tersebut dikonsumsi oleh organisme lain [24].

Ketika tumbuhan telah melewati fase titik jenuh, kemampuan mereka untuk menyerap nutrisi akan menurun, yang berdampak negatif pada proses metabolisme. Hal ini dapat mengakibatkan pertumbuhan biomassa yang lebih rendah, bahkan menyebabkan kematian pada tumbuhan, serta penyerapan limbah yang semakin berkurang. Setiap tumbuhan memiliki kapasitas pengolahan limbah yang berbeda. Oleh karena itu, mengetahui batas kemampuan tumbuhan yang digunakan penting untuk dilakukan, agar proses remediasi dapat berlangsung dengan efektif dan efisien [25].

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat banyak tumbuhan yang berpotensi dapat digunakan sebagai agen fitoremediasi limbah detergen. Setiap tumbuhan memiliki mekanismenya tersendiri dalam pengelolaan limbah detergen tersebut. Oleh karena itu, apabila ingin diaplikasikan dalam skala yang lebih besar penting untuk memperhatikan berbagai faktor yang mempengaruhi efektivitas masing-masing tumbuhan yang digunakan sebagai agen fitoremediasi limbah detergen.

5. DAFTAR REFERENSI

- [1] M. K. Ni'am, E. Noerhayati, B. Suprpto, and A. Rahmawati, "Pengolahan Limbah Cair Domestik untuk Pemenuhan Air Bersih dengan Metode Filter serta Penetrasi dengan Eceng Gondok," *Jurnal Rekayasa Sipil*, vol. 9, no. 1, 2021, <https://www.neliti.com/id/publications/485484/>
- [2] R. N. F. Nur and T. Purnomo, "Efektivitas *Hydrilla verticillata* dan *Lemna minor* sebagai Fitoremediator LAS pada Deterjen Limbah Domestik," *LenteraBio : Berkala Ilmiah Biologi*, vol. 11, no. 2, pp. 263-272, 2022, <https://doi.org/10.26740/lenterabio.v11n2.p263-272>.
- [3] J. D. Imtiyaz and F. Rachmadiarti, "Kemampuan Tapak Dara Air (*Ludwigia adscendens*) sebagai Agen Fitoremediasi LAS Detergen," *LenteraBio : Berkala Ilmiah Biologi*, vol. 9, no. 1, pp. 51-57, 2021, <https://doi.org/10.26740/lenterabio.v9n1.p51-57>.
- [4] M. M. Harfadli, N. A. Jordan, and M. Ulimaz, "Pelatihan dan Sosialisasi Pembuatan Detergen Cair Ramah Lingkungan Pengganti Deterjen Sintetik," *Abdimas: Jurnal Pengabdian Masyarakat*

- Universitas Merdeka Malang, vol. 6, no. 1, pp. 10-17, 2021, <https://doi.org/10.26905/abdimas.v1i1.5025>.
- [5] L. Handayani, "Pengaruh Kandungan Deterjen Pada Limbah Rumah Tangga Terhadap Kelangsungan Hidup Udang Galah (*Macrobrachium Rosenbergii*)," *Sebatik*, vol. 24, no. 1, pp. 75-80, 2020, <https://doi.org/10.46984/sebatik.v24i1.937>.
- [6] F. Yanti and An. D. Simangunsong, *Fitoremediasi Orthofosfat Dari Limbah Detergen*, Cetakan Pe. Purbalingga: CV. Eureka Media Aksara, 2022, <https://repository.penerbiteitureka.com/publications/558594/fitoremediasi-orthofosfat-dari-limbah-detergen#cite>
- [7] B. Switarto and Sugito, "Bambang Switarto dan Sugito : Aplikasi Biofilter Aerobik Untuk Menurunkan Kandungan Detergen Pada Air Limbah Laundry Aplikasi Biofilter Aerobik untuk Menurunkan Kandungan Detergem pada Air Limbah Laundry," *Jurnal Teknik Waktu*, vol. 10, no. 02, pp. 1-9, 2012, <https://jurnal.unipasby.ac.id/waktu/article/download/838/684/4795>
- [8] D. Rulitasari and F. Rachmadiarti, "Semanggi Air (*Marsilea crenata*) Sebagai Agen Fitoremediasi LAS Detergen," *LenteraBio : Berkala Ilmiah Biologi*, vol. 9, no. 2, pp. 99-104, 2021, <https://doi.org/10.26740/lenterabio.v9n2.p99-104>.
- [9] N. H. Harsono, "Analisis Residu Detergen Anionik Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS) di Perairan Teluk Kendari Sulawesi Tenggara," Skripsi, pp. 1-10, 2016. <https://repo.undiksha.ac.id/20931/2/2253015009-BAB%201%20PENDAHULUAN.pdf>
- [10] R. P. P. Siswansyah et al., "Uji Toksisitas Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS) Hasil Fitoremediasi Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) terhadap Mortalitas *Platy sp.*," *Prosiding SEMNAS BIO*, vol. 4, no. 2, pp. 1112-1122, 2021, <https://semnas.biologi.fmipa.unp.ac.id/index.php/prosiding/article/view/290/227>
- [11] F. Nur, "Fitoremediasi Logam Berat Kadmium (Cd)," *Biogenesis: Jurnal Ilmiah Biologi*, vol. 1, no. 1, pp. 74-83, 2013, <https://doi.org/10.24252/bio.v1i1.450>.
- [12] L. Apsari, E. Kusumawati, and D. Susanto, "Fitoremediasi Limbah Cair Laundry Menggunakan Melati Air (*Echinodorus palaefolius*) dan Eceng Padi (*Monochoria vaginalis*)," *BIOPROSPEK: Jurnal Ilmiah Biologi*, vol. 13, no. 2, pp. 29-38, 2018, <https://doi.org/10.30872/bp.v13i2.424>
- [13] P. Herlambang and O. Hendriyanto, "Fitoremediasi Limbah Deterjen Menggunakan Kayu Apu (*Pistia Stratiotes* L.) Dan Genjer (*Limncharis Flava* L.). Universitas Pembangunan Nasional " ...," *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, vol. 7, no. 2, pp. 100-114, 2015, <https://core.ac.uk/reader/83593090>.
- [14] I. I. Fatiha, A. F. M. Afiffudin, and R. Irawanto, "Uji Kemampuan Awal *Acanthus ilicifolius* sebagai Fitoremediasi Limbah Detergen," *Seminar Nasional Biologi*, pp. 55-62, 2020, <https://www.researchgate.net/publication/358284138>.
- [15] M. Ilham and R. Irawanto, "Uji Awal Kemampuan *Acanthus montanus* sebagai Fitoremediasi Deterjen," *Artikel Pemakalah Paralel*, pp. 124-134, 2020, <https://publikasiilmiah.ums.ac.id/bitstream/handle/11617/12250/p.124-134>.
- [16] C. Tambunan, B. L. Tarigan, R. M. Pasaribu, A. K. Butarbutar, M. N. S. Rangcuty, and A. Febriyossa, "Fitoremediasi Limbah Detergen Menggunakan Tumbuhan Kiambang (*Pistia stratiotes*) Untuk Mengatasi Pencemaran Lingkungan," *Biogenerasi: Jurnal Pendidikan Biologi*, vol. 9, no. 2, pp. 1412-1419, 2024, <https://doi.org/10.30605/biogenerasi.v9i2.4759>.
- [17] E. Kustianingsih and R. Irawanto, "Pengukuran Total Dissolved Solid (TDS) dalam Fitoremediasi Deterjen dengan Tumbuhan *Sagittaria lancifolia*," *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, vol. 7, no. 1, pp. 143-148, 2020, <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2020.007.1.18>.
- [18] L. Silviana and F. Rachmadiarti, "Fitoremediasi Fosfat dari Detergen Sintetis dengan Menggunakan *Lemna minor* dan *Azolla microphylla*," *LenteraBio : Berkala Ilmiah Biologi*, vol. 12, no. 3, pp. 281-289, 2023, <https://doi.org/10.26740/lenterabio.v12n3.p281-189>.
- [19] L. S. Napitupulu and I. F. Purwanti, "Kajian Fitostabilisasi Limbah Hasil Tambang Tembaga (Tailing)," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 11, no. 3, pp. 1-6, 2022, <https://doi.org/10.12962/j23373539.v11i3.94358>.
- [20] B. S. Aznur, S. K. Nisa, and W. A. Septriono, "Agen Biologis Bioremediasi Logam Berat (Heavy Metal Bioremediation Biological Agents)," *Maiyah*, vol. 1, no. 4, p. 186, 2022, <https://doi.org/10.20884/1.maiyah.2022.1.4.7442>.
- [21] A. D. Astuti and H. S. Titah, "Studi Fitoremediasi Polutan Minyak Bumi di Wilayah Pesisir Tercemar Menggunakan Tumbuhan Mangrove," *Jurnal Teknik Its*, vol. 9, no. 2, pp. 111-116, 2020, <https://doi.org/10.12962/j23373539.v9i2.53046>.

- [22] M. R. Yulianto, M. Safitri, I. Sintya, W. Savira, H. Fitrihidajati, F. Rachmadiari, I. Lailani, "Kemampuan Enceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) sebagai Agen Fitoremediasi LAS (Linier Alkyl Benzene Sulphonate) Detergen," Prosiding SEMNAS BIO, pp. 952-960, 2021, <https://doi.org/10.24036/prosemnasbio/vol1/249>.
- [23] I. S. Puspita and M. Mirwan, "Fitoremediasi Limbah Laundry Menggunakan Tanaman Mensiang (*Actinoscirpus grossus*) Dan Lembang (*Thypha Angustifolia L.*)," Envirous, vol. 2, no. 1, pp. 61-66, 2021, <https://doi.org/10.33005/envirous.v2i1.69>.
- [24] E. S. K. Leka and Y. Fitri, "Metode Fitoremediasi dalam Pengelolaan Air Tercemar Logam Timbal (Pb) dan Kromium (Cr) Berdasarkan Literatur Review Phytoremediation Method in Management of Water Contaminated with Lead (Pb) and Chromium (Cr) Metals Based on Literature Review," CHEMVIRO: Jurnal Kimia dan Ilmu Lingkungan, vol. 2, no. 2, pp. 128-133, 2024, <https://ojs.ejournalunigoro.com/index.php/CHEMVIRO>.
- [25] A. Patandungan, S. HS, and A. Aisyah, "Fitoremediasi Tanaman Akar Wangi (*Vetiver zizanioides*) Terhadap Tanah Tercemar Logam Kadmium (Cd) Pada Lahan TPA Tamangapa Antang Makassar," Al-Kimia, vol. 4, no. 2, pp. 8-21, 2016, <https://doi.org/10.24252/al-kimia.v4i2.1676>.