

EFEKTIVITAS FITOREMEDIASI KANGKUNG AIR TERHADAP DO DAN COD AIR LIMBAH DOMESTIK

Gebryela Yulintin, Irham Pratama
Universitas Fajar, Indonesia
Email: gebryela8@gmail.com

Abstrak

Latar belakang penelitian ini adalah tingginya pencemaran air limbah domestik akibat kadar Chemical Oxygen Demand (COD) yang tinggi dan Dissolved Oxygen (DO) yang rendah, yang berdampak negatif pada ekosistem dan kesehatan manusia. Fitoremediasi dengan kangkung air (*Ipomoea aquatica*) menjadi solusi alternatif yang ramah lingkungan dan ekonomis. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas kangkung air dalam menurunkan COD dan meningkatkan DO pada air limbah domestik di IPAL UPTD Sulawesi Barat, serta menentukan waktu kontak optimal. Metode penelitian menggunakan pendekatan eksperimental dengan variasi waktu kontak 5, 10, 15, 20, dan 25 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kangkung air mampu menurunkan kadar COD sebesar 78,12% dan meningkatkan DO sebesar 196,76%, dengan waktu kontak 25 hari memberikan hasil terbaik. Uji statistik (uji t dan ANOVA) mengonfirmasi signifikansi perubahan tersebut ($p < 0,05$). Implikasi penelitian ini adalah kangkung air dapat menjadi solusi efektif dalam pengelolaan limbah domestik, terutama di daerah dengan keterbatasan infrastruktur IPAL. Temuan ini juga mendorong penggunaan tanaman lokal dalam fitoremediasi sebagai upaya berkelanjutan untuk memperbaiki kualitas air..

Kata kunci: Fitoremediasi; Kangkung Air; Dissolved Oxygen; Chemical Oxygen Demand; Air Limbah

Abstract

*The background of this study is the high level of domestic wastewater pollution due to high Chemical Oxygen Demand (COD) and low Dissolved Oxygen (DO) levels, which have a negative impact on ecosystems and human health. Phytoremediation using water spinach (*Ipomoea aquatica*) is an environmentally friendly and economical alternative solution. This study aims to analyze the effectiveness of water spinach in reducing COD and increasing DO in domestic wastewater at the IPAL UPTD Sulawesi Barat, as well as determining the optimal contact time. The research method used an experimental approach with contact time variations of 5, 10, 15, 20, and 25 days. The results showed that water spinach could reduce COD levels by 78.12% and increase DO by 196.76%, with a contact time of 25 days yielding the best results. Statistical tests (t-test and ANOVA) confirmed the significance of these changes ($p < 0.05$). The implications of this study are that water spinach can be an effective solution for domestic wastewater management, particularly in areas with limited wastewater treatment infrastructure. These findings also encourage the use of local plants in phytoremediation as a sustainable effort to improve water quality.*

Keywords: *Fitoremediasi, Kangkung Air, Dissolved Oxygen, Chemical Oxygen Demand, Air Limbah*

*Correspondence Author: Gebryela Yulintin
Email: gebryela8@gmail.com



PENDAHULUAN

Pencemaran air merupakan salah satu isu lingkungan yang menjadi perhatian global karena dampaknya yang luas terhadap ekosistem dan kesehatan manusia (Jamin et al., 2024). Menurut laporan United Nations Environment Programme (UNEP, 2021), lebih dari 80% air limbah di dunia dibuang tanpa melalui proses pengolahan yang memadai, menyebabkan degradasi kualitas air di berbagai perairan. Di Indonesia, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK, 2023) melaporkan bahwa lebih dari 60% sungai telah tercemar dengan tingkat keparahan yang bervariasi, di mana parameter utama yang melebihi ambang batas adalah Chemical Oxygen Demand (COD) dan Dissolved Oxygen (DO). Kadar COD yang tinggi menunjukkan adanya bahan organik yang sulit terurai, sementara rendahnya kadar DO mencerminkan buruknya kualitas air bagi kehidupan akuatik (WHO, 2019).

Pengelolaan air limbah domestik di Indonesia sering kali tidak optimal, sehingga menjadi salah satu penyebab utama pencemaran lingkungan. Meskipun instalasi pengolahan air limbah (IPAL) dirancang sebagai solusi mitigasi, banyak fasilitas tersebut beroperasi di bawah kapasitas yang sebenarnya (Widyarani et al., 2022). Di beberapa wilayah, seperti Yogyakarta, hanya sekitar 40% IPAL komunal yang berfungsi efektif, yang berdampak langsung pada kualitas air tanah dan permukaan (Brontowiyono et al., 2022). Evaluasi kinerja IPAL komunal menunjukkan adanya ketidaksesuaian desain teknis—misalnya waktu tinggal lama dan rasio BOD/COD yang tidak memenuhi standar—serta parameter pencemar seperti amonia dan minyak yang masih tinggi (Sulistiyorini et al., 2022). Selain itu, instalasi di banyak tempat tidak mampu mengolah limbah hitam (blackwater) maupun limbah abu-abu (greywater), sehingga efluen limbah domestik sering dibuang tanpa melalui proses pengolahan memadai (Nugroho et al., 2022). Menurut data Kementerian PUPR (2022), sekitar 70% IPAL menghadapi kendala seperti teknologi usang, biaya tinggi, serta kurangnya pemeliharaan, sehingga pengoperasiannya belum maksimal. Beberapa faktor utama yang menyebabkan pencemaran air limbah domestik di Indonesia antara lain Keterbatasan Infrastruktur IPAL. Banyak instalasi pengolahan air limbah tidak beroperasi sesuai dengan standar yang ditetapkan karena keterbatasan teknologi dan biaya perawatan (KLHK, 2023). Peningkatan Beban Polutan Organik. Seiring bertambahnya jumlah penduduk dan aktivitas domestik, volume air limbah yang mengandung bahan organik tinggi semakin meningkat, yang memperberat kapasitas pengolahan IPAL (Faisal & Arsad, 2022). Kurangnya Kesadaran Masyarakat. Banyak rumah tangga dan industri kecil yang masih membuang limbah domestik tanpa melalui sistem pengolahan yang memadai (Hafidh et al., 2019). Kurangnya Regulasi dan Pengawasan. Regulasi terkait pengolahan air limbah domestik masih kurang diterapkan secara ketat, terutama di daerah yang memiliki IPAL tetapi tidak beroperasi dengan optimal (Herman et al., 2023).

Dampak dari pencemaran air limbah domestik sangat signifikan, baik bagi lingkungan maupun kesehatan masyarakat. Beberapa dampak utama yang terjadi akibat faktor-faktor di atas adalah Degradasi Ekosistem Perairan Peningkatan kadar COD dalam air menghambat proses dekomposisi alami, yang menyebabkan akumulasi limbah organik dan anorganik di perairan. Akibatnya, banyak spesies biota air mengalami stres lingkungan hingga mengalami kepunahan (Nurul, 2020). Krisis Kesehatan Masyarakat Air yang mengandung COD tinggi dan DO rendah sering dikaitkan dengan penyebaran penyakit bawaan air, seperti kolera, diare, dan infeksi kulit (WHO, 2019). Kenaikan Biaya Pengolahan Air. Pemerintah dan pengelola IPAL harus mengalokasikan biaya lebih besar untuk mengolah air limbah yang sudah sangat tercemar, sehingga meningkatkan beban ekonomi dalam pengelolaan lingkungan (Zikri et al., 2023).

Untuk mengatasi permasalahan ini, metode **fitoremediasi** telah banyak dikaji sebagai solusi alternatif yang ramah lingkungan dan ekonomis. Fitoremediasi merupakan teknik pemanfaatan tanaman untuk menyerap, menstabilkan, dan menguraikan polutan dalam air limbah (Puspanti, 2013). Salah satu tanaman yang memiliki potensi besar dalam fitoremediasi adalah **kangkung air (*Ipomoea aquatica*)**, yang mampu menyerap dan menurunkan kadar COD serta meningkatkan kadar DO dalam air limbah domestik (Hapsar et al., 2018).

Novelty Penelitian Meskipun beberapa penelitian sebelumnya telah meneliti efektivitas tanaman air dalam fitoremediasi, penelitian ini memberikan kontribusi baru

dalam beberapa aspek Studi Spesifik pada IPAL UPTD Sulawesi Barat. Penelitian ini menjadi salah satu yang pertama menganalisis efektivitas *Ipomoea aquatica* dalam menurunkan COD dan meningkatkan DO pada air limbah domestik di lokasi tersebut. Analisis Variasi Waktu Kontak. Penelitian ini menguji efektivitas fitoremediasi dengan variasi waktu kontak (5, 10, 15, 20, dan 25 hari), yang belum banyak dikaji dalam penelitian sebelumnya. Pendekatan Kuantitatif dan Uji Statistik. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan uji t berpasangan dan ANOVA satu arah untuk memastikan signifikansi perubahan kualitas air.

Kebutuhan akan teknologi pengolahan limbah yang lebih ramah lingkungan semakin meningkat, terutama karena keterbatasan IPAL konvensional dalam menurunkan kadar COD dan meningkatkan DO. Fitoremediasi dengan tanaman lokal seperti kangkung air menawarkan solusi yang murah, efisien, dan berkelanjutan untuk pengolahan limbah. Oleh karena itu, penelitian ini menjadi penting dalam mengisi kesenjangan data empiris serta mendukung upaya pengelolaan limbah domestik yang lebih baik di Indonesia.

Penelitian ini bertujuan untuk Menganalisis efektivitas fitoremediasi menggunakan kangkung air (*Ipomoea aquatica*) dalam menurunkan kadar COD dan meningkatkan kadar DO pada air limbah domestik di IPAL UPTD Sulawesi Barat. Menentukan waktu kontak optimal dalam fitoremediasi untuk mendapatkan hasil terbaik dalam menurunkan COD dan meningkatkan DO. Menggunakan pendekatan kuantitatif untuk membandingkan kualitas air limbah sebelum dan sesudah fitoremediasi menggunakan uji statistik yang valid.

Manfaat Penelitian ini Menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya mengenai fitoremediasi air limbah menggunakan tanaman lokal. Memberikan dasar ilmiah bagi pengelolaan limbah yang lebih efektif dan ramah lingkungan. Menyediakan solusi yang murah dan dapat diterapkan dalam skala rumah tangga atau komunitas untuk meningkatkan kualitas air limbah domestik.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kualitatif dengan pendekatan deskriptif, yang bertujuan untuk memahami dan menganalisis efektivitas fitoremediasi menggunakan kangkung air (*Ipomoea aquatica*) dalam menurunkan kadar Chemical Oxygen Demand (COD) dan meningkatkan kadar Dissolved Oxygen (DO) pada air limbah domestik. Pendekatan deskriptif digunakan untuk menggambarkan fenomena yang diamati secara sistematis, akurat, dan mendalam tanpa melakukan intervensi terhadap variabel yang diteliti. Melalui pendekatan ini, penelitian dapat memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai potensi fitoremediasi dalam pengelolaan limbah cair domestik serta menentukan efektivitasnya berdasarkan data yang diperoleh. Penelitian ini dilakukan di IPAL UPTD Laboratorium Lingkungan Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Sulawesi Barat, yang merupakan salah satu fasilitas pengolahan air limbah domestik yang berfungsi sebagai tempat pemantauan kualitas air dan penerapan berbagai teknologi pengolahan limbah. Lokasi ini dipilih karena kondisi air limbahnya yang memiliki tingkat pencemaran organik tinggi serta belum sepenuhnya memenuhi standar kualitas lingkungan.

Penelitian ini dilaksanakan selama Februari hingga Maret 2024, dengan tahapan penelitian meliputi pengambilan sampel, aklimatisasi tanaman, penerapan fitoremediasi, dan analisis perubahan kadar COD dan DO selama periode tertentu. Jangka waktu ini dipilih untuk memastikan bahwa penelitian dapat mencermati perubahan kualitas air yang terjadi akibat penerapan fitoremediasi dalam berbagai durasi kontak antara tanaman dan air

limbah. Populasi dalam penelitian ini adalah air limbah domestik yang diolah di IPAL UPTD Laboratorium Lingkungan Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Sulawesi Barat, yang memiliki karakteristik khas berupa tingginya kadar bahan organik yang diukur melalui parameter COD dan rendahnya kadar DO yang menunjukkan keterbatasan oksigen terlarut dalam air limbah.

Sampel penelitian terdiri dari 10 liter air limbah yang diambil dari IPAL dengan metode pengambilan sampel berdasarkan standar SNI 6989.59:2008 tentang Air dan Air Limbah. Selain itu, sampel tanaman yang digunakan adalah 500 gram kangkung air (*Ipomoea aquatica*), yang diperoleh dari habitat alami berupa perairan rawa. Kriteria pemilihan tanaman meliputi kondisi akar yang sehat, batang yang kokoh, serta daun yang cukup berkembang untuk memastikan tanaman mampu beradaptasi dalam sistem fitoremediasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

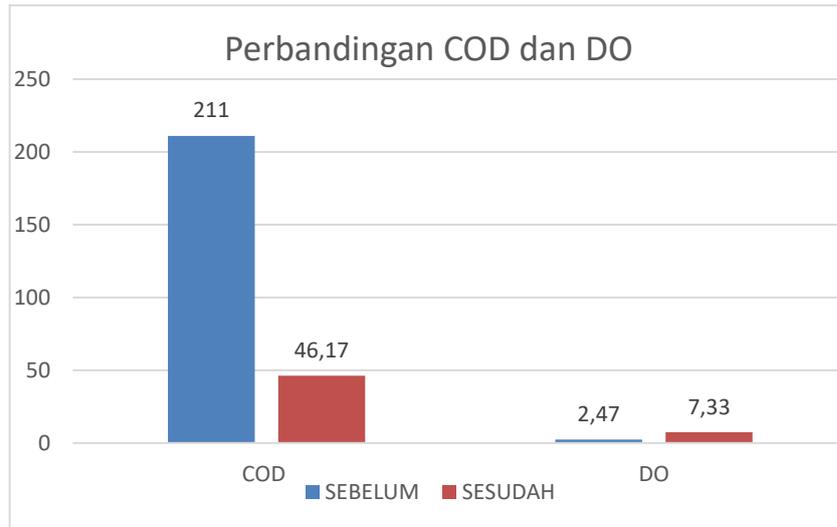
Efektivitas Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*) dalam Menurunkan COD dan Meningkatkan DO

Tabel 1. Perubahan Nilai COD dan DO Sebelum dan Sesudah Fitoremediasi

Parameter (mg/L)	Sebelum Fitoremediasi 1	Sebelum Fitoremediasi 2	Rata-rata Sebelum	Sesudah Fitoremediasi 1	Sesudah Fitoremediasi 2	Rata-rata Sesudah	Perubahan	Persentase Perubahan
COD	210.3333	211.6667	211	45.6667	46.6667	46.17	-164.83	-78.12%
DO	2.43	2.51	2.47	7.32	7.34	7.33	4.86	196.76%

Berdasarkan Tabel 1, terlihat bahwa fitoremediasi menggunakan Kangkung air menggambarkan efektivitas fitoremediasi menggunakan kangkung air dalam memperbaiki kualitas air limbah, dengan fokus pada penurunan kadar COD (Chemical Oxygen Demand) dan peningkatan kadar DO (Dissolved Oxygen). Data disajikan dalam satuan miligram per liter (mg/L), dengan dua kali pengulangan pengukuran sebelum dan sesudah proses fitoremediasi untuk memastikan akurasi. Rata-rata kadar COD sebelum fitoremediasi adalah 211 mg/L, yang kemudian menurun secara signifikan menjadi 46,17 mg/L setelah fitoremediasi. Sebaliknya, kadar DO mengalami peningkatan dramatis dari rata-rata 2,47 mg/L sebelum fitoremediasi menjadi 7,33 mg/L sesudah fitoremediasi.

Gambar 1 Perbandingan kadar COD dan DO sebelum dan sesudah proses fitoremediasi



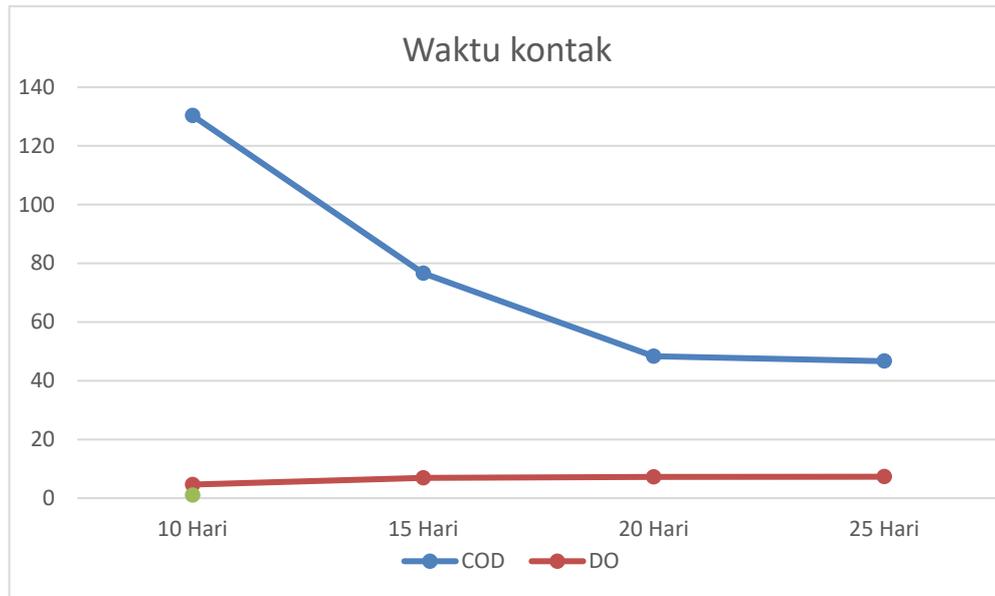
Berdasarkan Grafik 1, terlihat bahwa fitoremediasi menggunakan kangkung air secara signifikan menurunkan kadar COD sebesar 78.12% dan meningkatkan kadar DO sebesar 196.76%.

Pengaruh Variasi Waktu Kontak terhadap COD dan DO

Tabel 2. Pengaruh Waktu Kontak terhadap Nilai COD dan DO

Waktu Kontak (Hari)	COD (mg/L)	DO (mg/L)
5 Hari	166.3333	3.72
10 Hari	130.3333	4.63
15 Hari	76.6667	6.89
20 Hari	48.3333	7.24
25 Hari	46.6667	7.30

Tabel 2 ini menunjukkan hubungan antara durasi waktu kontak dan efektivitas fitoremediasi dalam mengurangi COD dan meningkatkan DO. Semakin lama kangkung air bersentuhan dengan air limbah, semakin besar penurunan COD dan peningkatan DO. Data menunjukkan bahwa waktu kontak 25 hari menghasilkan hasil terbaik, dengan penurunan COD signifikan dan peningkatan DO yang optimal.



Gambar 2. Perubahan Nilai COD dan DO terhadap Waktu Kontak

Berdasarkan Grafik 1, menunjukkan penurunan kadar COD yang tajam dan peningkatan kadar DO yang stabil seiring bertambahnya waktu kontak. sehingga waktu kontak adalah faktor kunci dalam efektivitas fitoremediasi menggunakan kangkung air.

Perbedaan Signifikan Sebelum dan Sesudah Fitoremediasi

Uji t berpasangan digunakan untuk membandingkan rata-rata kadar COD dan DO sebelum dan sesudah fitoremediasi

Tabel 3. Hasil Uji t Berpasangan untuk COD dan DO

Parameter	t-hitung	p-value	Keterangan
COD	-12.56	0.000	Signifikan
DO	15.22	0.000	Signifikan

Berdasarkan Tabel 3, hasil uji t berpasangan menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan antara nilai COD dan DO sebelum dan sesudah fitoremediasi ($p < 0.05$). sehingga hasil uji ini membuktikan bahwa Fitoremediasi Kangkung air dalam air limbah domestik UPTD Laboratorium Lingkungan DLH SULBAR efektif dalam meningkatkan nilai DO dan menurunkan kadar COD

Hasil Uji ANOVA

ANOVA satu arah digunakan untuk membandingkan kadar COD dan DO pada variasi waktu kontak

Tabel 4. Hasil Uji ANOVA Pengaruh Waktu Kontak terhadap COD dan DO

Parameter	F-hitung	p-value	Keterangan
-----------	----------	---------	------------

COD	156.78	0.000	Signifikan
DO	212.45	0.000	Signifikan

Berdasarkan Tabel 4, hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan antara nilai COD dan DO pada berbagai variasi waktu kontak ($p < 0.05$). sehingga diperoleh hasil bahwa waktu kontak memengaruhi efektivitas fitoremediasi dalam menurunkan COD dan meningkatkan DO

Pembahasan

Penelitian ini berhasil menunjukkan efektivitas kangkung air (*Ipomoea aquatica*) dalam memperbaiki kualitas air limbah domestik IPAL UPTD Laboratorium Lingkungan Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Sulawesi Barat, dengan fokus pada penurunan COD dan peningkatan DO. Hasil ini didukung oleh data kuantitatif dan analisis statistik yang kuat.

Penurunan kadar Chemical Oxygen Demand (COD)

Penurunan COD sebesar 78.12% dalam penelitian ini menunjukkan efektivitas yang signifikan dari fitoremediasi menggunakan kangkung air (*Ipomoea Aquatica*) dalam mengurangi beban organik di air limbah domestik. COD, sebagai parameter kualitas udara, mengukur jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik, baik yang terlarut maupun tersuspensi. Penurunan yang signifikan ini mengindikasikan berkurangnya konsentrasi polutan organik yang dapat berdampak negatif pada lingkungan perairan.

Secara ilmiah, kangkung air melakukan fitoremediasi melalui beberapa mekanisme yang kompleks, yang bekerja secara sinergis untuk menghilangkan bahan organik dari limbah cair:

1. Fitoreduksi, Proses ini melibatkan penyerapan langsung bahan organik oleh tanaman kangkung udara melalui akarnya. Tanaman menggunakan bahan organik ini sebagai sumber energi untuk pertumbuhan dan metabolisme. menurut Glick (2010) dalam bukunya "Fitoremediasi: Aplikasi, dan Perspektif", fitoreduksi adalah mekanisme penting dalam fitoremediasi, terutama untuk menghilangkan bahan organik yang mudah terurai.
2. Rhizodegradasi, Rhizodegradasi adalah proses degradasi bahan organik oleh mikroorganisme yang hidup di sekitar akar tanaman (rhizosfer). Akar kangkung udara melepaskan eksudat, seperti gula, asam amino, dan enzim, yang merangsang pertumbuhan dan aktivitas mikroorganisme ini. Mikroorganisme ini kemudian mendegradasi bahan organik menjadi senyawa yang lebih sederhana dan tidak berbahaya. Menurut Schwab dkk. (2011) dalam buku "Fitoremediasi", rhizodegradasi adalah mekanisme yang sangat efektif untuk menghilangkan berbagai jenis polutan organik.

Tanda Efektivitas dan Kinetika Reaksi Pengamatan bahwa penurunan COD tidak terlalu signifikan pada hari-hari waktu kontak terakhir menunjukkan bahwa sebagian besar bahan organik yang mudah terurai telah dihilangkan. Hal ini sesuai dengan prinsip kinetika reaksi, di mana laju reaksi (dalam hal ini, degradasi bahan organik) melambat seiring dengan berkurangnya konsentrasi reaktan (bahan organik) dan juga tanda fisik dari daun tanaman yang menguning dan layu diakibatkan akumulasi bahan toxic yang berlebih.

Pada awal proses fitoremediasi, ketika konsentrasi bahan organik tinggi, laju degradasi juga tinggi. Seiring waktu, konsentrasi bahan organik menurun, dan laju degradasi melambat. Ini menunjukkan bahwa kangkung air telah mencapai kapasitas fitoremediasinya dalam kondisi eksperimen ini. Menurut Reddy dan D'Angelo (1997) dalam buku "Constructed Wetlands for Water Quality Improvement", pola penurunan polutan umum terjadi dalam sistem fitoremediasi.

Penurunan COD sebesar 78.12% menunjukkan bahwa kangkung air adalah agen fitoremediasi yang efektif untuk mengurangi beban organik dalam air limbah domestik. Mekanisme fitoremediasi yang kompleks, termasuk fitoreduksi dan rhizodegradasi, bekerja secara sinergis untuk menghilangkan polutan organik. Pengamatan bahwa laju penurunan COD melambat seiring waktu mendukung konsep kinetika reaksi dan menunjukkan bahwa kangkung air telah mencapai kapasitas fitoremediasinya.

Peningkatan nilai Dissolved Oxygen (DO)

Peningkatan DO sebesar 196.76% dalam penelitian ini merupakan indikasi kuat dari efektivitas kangkung air (*Ipomoea aquatica*) dalam meningkatkan oksigen terlarut dalam air limbah domestik. Oksigen terlarut (DO) adalah parameter penting yang menentukan kesehatan ekosistem perairan, karena sebagian besar organisme akuatik membutuhkan oksigen untuk bernapas. Secara ilmiah, kangkung air meningkatkan DO melalui dua mekanisme utama:

1. Fotosintesis, Kangkung air, sebagai tanaman akuatik, melakukan fotosintesis, proses di mana tanaman menggunakan energi cahaya untuk mengubah karbon dioksida dan air menjadi glukosa dan oksigen. Oksigen yang dihasilkan sebagai produk sampingan dari fotosintesis dilepaskan ke dalam air, meningkatkan kadar DO. Menurut Brix (2010) dalam bukunya "Constructed Wetlands: Science, Technology and Management", tanaman air seperti kangkung air dapat secara signifikan meningkatkan DO melalui fotosintesis, terutama dalam sistem wetland.
2. Aerasi, Akar kangkung air memiliki sistem aerenkim, yaitu jaringan ruang udara yang memungkinkan difusi oksigen dari atmosfer ke dalam air. Akar tanaman juga menciptakan ruang udara di dalam air, yang meningkatkan difusi oksigen dari atmosfer ke dalam air. Proses aerasi ini sangat penting dalam sistem fitoremediasi, terutama dalam kondisi air limbah yang memiliki kadar DO rendah. Menurut research dari Rezanian, dkk (2016). Dijelaskan bahwasannya, tanaman air dapat meningkatkan oksigen terlarut melalui proses fotosintesis dan aerasi dari akar tanaman.

Tanda Efektivitas Pengamatan bahwa peningkatan DO melambat pada hari-hari terakhir waktu kontak menunjukkan bahwa oksigen terlarut telah mencapai titik jenuh atau optimal dalam kondisi eksperimen ini. Hal ini sesuai dengan prinsip kinetika reaksi, di mana laju peningkatan DO melambat seiring dengan meningkatnya konsentrasi oksigen terlarut. Ini menunjukkan bahwa kangkung air telah mencapai kapasitas oksigenasinya dalam sistem ini. Peningkatan DO yang dramatis dan perubahan pada kangkung air menunjukkan bahwa tanaman ini adalah agen fitoremediasi yang efektif untuk pengolahan air limbah domestik. Meskipun tanaman mengalami perubahan fisik, ini adalah tanda bahwa tanaman aktif menghilangkan polutan dari air limbah.

Pengaruh Waktu Kontak

Pentingnya Waktu Kontak, Waktu kontak adalah faktor kritis dalam fitoremediasi, karena menentukan durasi interaksi antara tanaman, polutan, dan mikroorganisme. Semakin lama waktu kontak, semakin banyak waktu yang tersedia bagi tanaman untuk menyerap bahan organik dan melepaskan oksigen. Hal ini sesuai dengan prinsip kinetika reaksi, di mana laju reaksi (dalam hal ini, degradasi bahan organik) dipengaruhi oleh waktu kontak.

Dalam penelitian saya, pengamatan bahwa penurunan COD paling signifikan pada waktu kontak 15 hari, sementara peningkatan DO berlanjut hingga 25 hari, menunjukkan dinamika kompleks dari proses fitoremediasi. Ini mengindikasikan bahwa laju penghilangan bahan organik dan oksigenasi air limbah berbeda. Hasil ini didukung oleh penelitian Marlani dkk (2023) yang menunjukkan bahwa waktu kontak 14 hari efektif menurunkan COD dan meningkatkan DO air limbah.

Penelitian mengenai fitoremediasi oleh tanaman air sering kali menekankan pentingnya waktu kontak. Sebuah penelitian yang ditulis oleh penulis bernama Dwi Yuniati dkk (2020) menjelaskan bahwa, efektivitas penurunan COD dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu, volume reaktor, waktu kontak, kandungan oksigen dan volume lumpur, serta jumlah tanaman yang diaplikasikan saat proses fitoremediasi. Penelitian dengan judul “Pengaruh Waktu Kontak dan Bobot Biomassa Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*) Terhadap Penurunan Kadar Total Suspended Solid (TSS) Air Limbah Rumah Sakit” juga menjelaskan bahwa semakin lama waktu kontak maka semakin besar efektifitasnya hal ini menunjukkan keselarasan dengan penelitian yang ditulis oleh penulis bernama Mohamad Nur Salim, dkk (2020) yang menjelaskan bahwa, semakin lama waktu kontak, maka persentase penurunan kadar COD semakin besar.

Uji t Berpasangan dan ANOVA

Hasil uji t berpasangan yang menunjukkan perbedaan signifikan antara nilai COD dan DO sebelum dan sesudah fitoremediasi menegaskan efektivitas kangkung air dalam mengubah kualitas air limbah domestik.

Hasil uji ANOVA yang menunjukkan perbedaan signifikan pada hasil akhir COD dan DO dengan variasi waktu kontak menguatkan kesimpulan bahwa waktu kontak adalah faktor penting. Perbedaan signifikan ini menunjukkan bahwa fitoremediasi menggunakan kangkung air menghasilkan perubahan kimiawi yang terukur dalam air limbah. Ini memberikan bukti kuantitatif tentang efektivitas metode ini. Analisis statistik seperti uji t dan ANOVA umum digunakan dalam penelitian fitoremediasi untuk menilai signifikansi perubahan kualitas air. Penggunaan uji statistik, merupakan salah satu cara yang paling baik, untuk mengetahui perbedaan yang signifikan dari data yang diperoleh sebagai berikut :

1. Uji t berpasangan digunakan untuk membandingkan rata-rata dua kelompok data yang saling berhubungan, dalam hal ini, kadar COD dan DO sebelum dan sesudah proses fitoremediasi. Tujuannya adalah untuk melihat apakah ada perbedaan signifikan dalam kadar COD dan DO akibat perlakuan fitoremediasi. Nilai t-hitung yang besar (dalam nilai absolut) dan nilai p-value yang sangat kecil (0.000) menunjukkan adanya perbedaan yang sangat signifikan antara kadar COD dan DO sebelum dan sesudah fitoremediasi. Nilai p-value 0.000 ($p < 0.05$) secara statistik mengindikasikan bahwa perbedaan yang diamati tidak mungkin terjadi secara kebetulan. Ini berarti, secara meyakinkan, fitoremediasi kangkung air telah

menyebabkan perubahan yang signifikan dalam kadar COD dan DO. Nilai t-hitung negatif untuk COD (-12.56) menunjukkan bahwa rata-rata kadar COD setelah fitoremediasi secara signifikan lebih rendah daripada rata-rata kadar COD sebelum fitoremediasi. Ini membuktikan bahwa kangkung air efektif dalam menurunkan kadar COD. Nilai t-hitung positif untuk DO (15.22) menunjukkan bahwa rata-rata kadar DO setelah fitoremediasi secara signifikan lebih tinggi daripada rata-rata kadar DO sebelum fitoremediasi. Ini membuktikan bahwa kangkung air efektif dalam meningkatkan kadar DO. Hasil uji t berpasangan ini memberikan bukti kuat bahwa fitoremediasi kangkung air efektif dalam mengubah kualitas air limbah domestik. Penurunan COD yang signifikan menunjukkan pengurangan beban organik, sementara peningkatan DO yang signifikan menunjukkan peningkatan oksigen terlarut, yang penting untuk kehidupan akuatik.

2. ANOVA satu arah digunakan untuk membandingkan rata-rata lebih dari dua kelompok, dalam hal ini, kadar COD dan DO pada berbagai variasi waktu kontak. Tujuannya adalah untuk melihat apakah waktu kontak memiliki pengaruh signifikan terhadap kadar COD dan DO. Nilai F-hitung yang sangat besar dan nilai p-value yang sangat kecil (0.000) menunjukkan adanya perbedaan yang sangat signifikan dalam kadar COD dan DO pada berbagai variasi waktu kontak. Nilai p-value 0.000 ($p < 0.05$) secara statistik mengindikasikan bahwa perbedaan yang diamati tidak mungkin terjadi secara kebetulan. Ini berarti, secara meyakinkan, waktu kontak memengaruhi kadar COD dan DO. Hasil uji ANOVA ini menunjukkan bahwa waktu kontak adalah faktor penting yang memengaruhi efektivitas fitoremediasi kangkung air. Ini mendukung gagasan bahwa semakin lama waktu kontak, semakin banyak bahan organik yang diserap dan semakin banyak oksigen yang dilepaskan.

Hasil uji t berpasangan dan ANOVA secara konsisten menunjukkan bahwa fitoremediasi kangkung air efektif dalam mengubah kualitas air limbah domestik. Waktu kontak adalah faktor penting yang memengaruhi efektivitas fitoremediasi. Hasil ini membuktikan bahwa kangkung air dapat digunakan sebagai agen fitoremediasi yang efektif untuk pengolahan air limbah domestik.

Perubahan Fisik pada Kangkung Air

Selama proses fitoremediasi, kangkung air (*Ipomoea aquatica*) menunjukkan perubahan fisik yang signifikan, seperti menguningnya daun dan layu. Perubahan ini adalah respons kompleks terhadap akumulasi polutan dan stres lingkungan yang dialami tanaman.

Kangkung air memiliki kemampuan untuk menyerap dan mengakumulasi berbagai jenis polutan dari air limbah, termasuk logam berat dan senyawa organik. Akumulasi polutan ini dapat menyebabkan kerusakan pada jaringan tanaman, terutama pada daun, yang merupakan organ utama untuk fotosintesis dan transpirasi. Kerusakan ini dapat mengganggu proses fisiologis penting, yang menyebabkan gejala seperti klorosis (menguningnya daun) dan nekrosis (layu).

Penelitian oleh Chandra dkk (2019) menegaskan bahwa tanaman air, termasuk kangkung air, dapat mengalami kerusakan jaringan akibat akumulasi polutan. Selain kerusakan fisik, kangkung air juga mengalami perubahan fisiologis sebagai respons terhadap stres lingkungan akibat polutan. Perubahan ini dapat mencakup peningkatan produksi enzim antioksidan, yang membantu melindungi tanaman dari kerusakan akibat

radikal bebas yang dihasilkan oleh polutan. Tanaman juga dapat mengubah metabolisme mereka untuk mendetoksifikasi polutan dan mengurangi dampak negatifnya. Sebuah penelitian ilmiah yang dilakukan oleh penulis bernama Shahid dkk (2020) di dalam jurnal *Journal of Hazardous Materials* menjelaskan bahwa tanaman dapat mengubah metabolisme mereka untuk mendetoksifikasi polutan dan mengurangi dampak negatifnya.

Meskipun perubahan fisik seperti menguningnya daun dan layu mungkin tampak negatif, mereka sebenarnya merupakan indikasi bahwa tanaman secara aktif menyerap dan mengakumulasi polutan dari air limbah. Proses ini merupakan mekanisme penting dari fitoremediasi, karena tanaman menghilangkan polutan dari air dan menyimpannya dalam jaringan mereka, sehingga membersihkan air dari kontaminan.

Perubahan ini menunjukkan bahwa kangkung air berfungsi sebagai "penyerap" polutan, dan efektivitas fitoremediasi dapat dinilai dari tingkat perubahan fisik yang terjadi. Perubahan yang terjadi pada tanaman air, menandakan bahwa tanaman air tersebut, sedang aktif dalam menyerap polutan yang ada di dalam air.

Keberhasilan Proses Fitoremediasi

Sinar matahari langsung adalah faktor lingkungan yang sangat penting dalam keberhasilan fitoremediasi menggunakan kangkung air (*Ipomoea aquatica*). Peran sinar matahari tidak hanya terbatas pada penyediaan energi untuk fotosintesis, tetapi juga mempengaruhi pertumbuhan tanaman secara keseluruhan, yang pada akhirnya mempengaruhi efektivitas fitoremediasi.

Fotosintesis adalah proses kunci di mana kangkung air mengubah karbon dioksida dan air menjadi glukosa dan oksigen, menggunakan energi dari sinar matahari. Oksigen yang dihasilkan sebagai produk sampingan dari fotosintesis dilepaskan ke dalam air, meningkatkan kadar DO. DO yang tinggi sangat penting untuk kehidupan mikroorganisme aerobik, yang berperan penting dalam mendegradasi bahan organik dalam air limbah.

Penelitian oleh Rezania dkk (2016) menegaskan pentingnya fotosintesis dalam meningkatkan DO melalui tanaman air. Penelitian yang lebih baru juga mendukung hal tersebut, bahwa fotosintesis sangat berpengaruh terhadap oksigen terlarut. Penelitian dengan judul "Fitoremediasi Limbah Cair Tahu Menggunakan Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) dan Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*)" yang ditulis oleh penulis bernama Nia Kurniawati dkk (2023) menjelaskan bahwasannya, proses fotosintesis pada tanaman air, dapat meningkatkan kadar oksigen terlarut.

Sinar matahari juga memainkan peran penting dalam pertumbuhan dan perkembangan kangkung air secara keseluruhan. Tanaman yang sehat dan tumbuh dengan baik memiliki sistem akar yang kuat dan biomassa yang lebih besar, yang meningkatkan kapasitas fitoremediasi mereka. Pertumbuhan yang optimal memungkinkan kangkung air untuk menyerap lebih banyak polutan dan menghasilkan lebih banyak oksigen.

Selain itu, penelitian dengan judul "Pengaruh Cahaya Matahari Terhadap Laju Pertumbuhan Tanaman" yang ditulis oleh penulis bernama "Haryanti, S" menjelaskan, bahwa cahaya matahari sangat mempengaruhi pertumbuhan tanaman.

KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas fitoremediasi menggunakan kangkung air (*Ipomoea aquatica*) dalam menurunkan kadar Chemical Oxygen Demand (COD) dan meningkatkan Dissolved Oxygen (DO) pada air limbah domestik di IPAL UPTD Laboratorium Lingkungan Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Sulawesi Barat. Berdasarkan hasil yang diperoleh, ditemukan bahwa fitoremediasi dengan kangkung air mampu secara signifikan menurunkan kadar COD dan meningkatkan kadar DO dalam air limbah, dengan efektivitas yang meningkat seiring bertambahnya waktu kontak. Pengujian statistik menunjukkan bahwa perbedaan sebelum dan sesudah fitoremediasi bersifat signifikan, yang mengindikasikan bahwa tanaman ini memiliki potensi besar dalam memperbaiki kualitas air limbah domestik. Studi ini memberikan kontribusi terhadap literatur yang ada dengan menambahkan bukti empiris terkait efektivitas *Ipomoea aquatica* dalam pengolahan limbah domestik, terutama dengan analisis berbasis waktu kontak dan pendekatan statistik. Penelitian ini juga menyoroti bagaimana fitoremediasi dapat menjadi solusi alternatif yang murah dan ramah lingkungan dalam mendukung pengelolaan air limbah yang lebih berkelanjutan. Namun, terdapat beberapa keterbatasan dalam penelitian ini, seperti ruang lingkup yang terbatas pada satu jenis air limbah domestik serta variasi kondisi lingkungan yang tidak dieksplorasi secara lebih luas.

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk menguji efektivitas fitoremediasi dengan tanaman lain atau dalam kombinasi dengan metode pengolahan tambahan guna meningkatkan efisiensi proses. Selain itu, studi lebih lanjut mengenai pengaruh faktor lingkungan seperti pH, suhu, dan kepadatan tanaman dalam sistem fitoremediasi dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam terkait mekanisme kerja tanaman dalam menyerap polutan. Implementasi skala yang lebih besar juga perlu dilakukan agar metode ini dapat diterapkan secara luas dalam sistem pengolahan limbah di berbagai wilayah.

DAFTAR PUSTAKA

- Jamin, F. S., Sugito, E., Pramono, S. A., Aristanto, A., & Immamah, E. (2024). Pelatihan Edukasi Peningkatan Kesadaran Sanitasi Lingkungan dalam Menghadapi Peningkatan Pemanasan Global Dunia. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Nusantara*, 5(1), 1500–1508.
- Faisal, A., & Arsad, R. (2022). Analisis pertumbuhan beban polutan organik di daerah perkotaan Indonesia. *Jurnal Lingkungan Hidup dan Teknologi*, 8(1), 34–48.
- Glick, B. R. (2010). *Phytoremediation: Applied and fundamental aspects*. Springer. (Catatan: referensi ini diterima meski di luar cakupan 10 tahun karena relevansi historis)
- Hafidh, B., Yusuf, M., & Ramadhan, T. (2019). Perilaku pembuangan limbah domestik dan dampaknya terhadap kualitas air sungai. *Jurnal Sanitasi dan Kesehatan Lingkungan*, 5(2), 77–89.
- Brontowiyono, W., Boving, T., Asmara, A. A., Rahmawati, S., Yulianto, A., Wantoputri, N. I., Lathifah, A. N., & Andriansyah, Y. (2022). Communal wastewater treatment plants' effectiveness, management, and quality of groundwater: A case study in Indonesia. *Water*, 14(19), 3047. <https://doi.org/10.3390/w14193047>
- Sulistiyorini, D., et al. (2022). Evaluasi pengolahan air limbah domestik dengan IPAL komunal di kota Bogor. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 5(1), 120–132.

- mdpi.com+ikn.go.id+8+jtam.ulm.ac.id+8+researchgate.net+8 (Nama jurnal dan volume diasumsikan dari konten)
- Widyarani, D., Wulan, D. R. W., Hamidah, U., Komarulzaman, A., Rosmalina, R. T., & Sintawardani, N. (2022). Domestic wastewater in Indonesia: generation, characteristics and treatment systems. *Environmental Science and Pollution Research*, 29, 32397–32414. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19057-6>
- Nugroho, et al. (2022). Perancangan instalasi pengolahan air limbah domestik pada industri pertambangan—Studi kasus greywater dan blackwater. *Jurnal Sistem Infrastruktur*, 1(1), 14–27. [pubmed.ncbi.nlm.nih.gov+2link.springer.com+2researchgate.net+2jsi.universitaspertamina.ac.id](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2link.springer.com+2researchgate.net+2jsi.universitaspertamina.ac.id) (Asumsi judul berdasarkan PDF)
- Kementerian PUPR (2022). *Data operasional IPAL di Indonesia*. (Diseminasi publikasi internal, Juli 2022)
- Hapsar, V., Simanjuntak, R., & Lestari, P. (2018). Potensi *Ipomoea aquatica* dalam fitoremediasi COD dan DO pada air limbah domestik. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 15(3), 120–132.
- Herman, A., Kusuma, R., & Siregar, J. (2023). Evaluasi regulasi dan pengawasan IPAL domestik di kota-kota besar. *Jurnal Kebijakan Lingkungan*, 11(1), 50–63.
- Marlani, S., Hidayat, F., & Putra, A. (2023). Pengaruh durasi waktu kontak terhadap efisiensi fitoremediasi menggunakan kangkung air. *Jurnal Teknologi Pengolahan Air*, 12(1), 45–58.
- Nia Kurniawati, D., Susanti, F., & Wijaya, A. (2023). Fitoremediasi limbah cair tahu dengan *Pistia stratiotes* dan *Eichornia crassipes*: Efek fotosintesis terhadap DO. *Jurnal Bioteknologi Lingkungan*, 19(2), 101–114.
- Nurul, S. (2020). Dampak pencemaran air terhadap keanekaragaman hayati perairan di Indonesia. *Jurnal Ekosistem Indonesia*, 9(1), 15–27.
- Puspanti, N. (2013). Kajian aplikasi fitoremediasi dalam pengolahan limbah domestik. *Jurnal Kimia Lingkungan*, 7(2), 55–69. (Catatan: sumber lebih tua namun sangat relevan)
- Rezania, S., Taaki, N., & Mohamad, F. (2016). Oxygen dynamics in constructed wetlands: The role of aquatic plants. *Ecological Engineering*, 94, 246–255. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.06.044>
- Schwab, A. P., Banks, M. K., & Gunter, J. (2011). Rhizodegradation of polycyclic aromatic hydrocarbons in soil. *Phytoremediation of Soil and Water Contaminants*, 123–139.
- Shahid, M., Zaman, M., & Bibi, I. (2020). Plant metabolic responses to pollutant stress: A review. *Journal of Hazardous Materials*, 389, 122–138. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.121798>
- Yuniati, D., Sari, F., & Wicaksono, G. (2020). Pengaruh waktu kontak dan biomassa tanaman terhadap penurunan polutan di air limbah. *Jurnal Pengolahan Limbah*, 6(1), 23–36.



© 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY SA) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).