

Efektivitas Fitoremediasi Kayu Apu (*Pistia Stratiotes L.*) Dalam Memperbaiki Kualitas Air

Prahmawati Pujiyanti Kusuma Dewi¹ Kharisma Putri Maharani², Leony Putri Yuliana³

Ambar Kurnia Sari⁴

Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas PGRI Madiun

Corresponding Author: prahmawati_2202111011@mhs.unipma.ac.id

ARTICLE INFO

Article history

Received : 25 Mei 2023

Revised : 19 Juni 2023

Accepted : 25 Agustus 2023

Published: 22 November 2023

Keywords

Kayu apu

water

phytoremediation

ABSTRACT

Water is a natural resource that is important for life. However, many rivers in Indonesia experience pollution problems. One alternative for handling water pollution is to use phytoremediation plants such as kayu apu. The aquatic plant kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) is known to have phytoremediation capabilities to clean up pollution. However, there is still little research that focuses on the influence of environmental factors on its capacity to improve water quality. Therefore, this research project aims to determine the ability of kayu apu as a phytoremediator in reducing the concentration of pollutants and improving water quality. The method used is a post-test only control group design. Water samples were taken in the Bantaran River, Madiun, then incubated with apu wood plants. The parameters tested include Ph, temperature and water condition (turbid/clear). The research results show that kayu apu is able to reduce the concentration of pollutants and improve water quality through a phytoremediation mechanism. It is hoped that this project can increase understanding regarding the potential of the kayu apu plant as a phytoremediator in efforts to preserve aquatic ecosystems and their biodiversity.

PENDAHULUAN

Pencemaran air merupakan salah satu permasalahan serius yang dihadapi berbagai negara, termasuk Indonesia. Tumpukan limbah cair dari aktivitas manusia, baik domestik maupun industri, menjadi penyebab utama kerusakan kualitas air. Berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), sekitar 73,24% dari sungai di Indonesia tercemar, dengan hanya 2,01% yang memenuhi standar kualitas air (KLHK, 2016). Pencemaran ini berdampak langsung pada ekosistem perairan dan kesehatan manusia, sehingga upaya untuk memulihkan kualitas air menjadi penting. Fitoremediasi adalah salah satu metode yang ramah lingkungan untuk memperbaiki kualitas air yang tercemar. Menurut Rahadian, Sutrisno, dan Sumiyati (2017), tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*) memiliki kemampuan fitoremediator yang efektif dalam mengolah zat pencemar dari air. Kayu Apu mampu menyerap logam berat dan senyawa organik yang terkandung dalam air, sehingga mengurangi tingkat pencemaran air. Penelitian yang dilakukan oleh Kamrun Nahar dan Sirajul Hoque (2021) menunjukkan bahwa tanaman ini

mampu membersihkan air keruh menjadi jernih dalam waktu satu minggu. Meskipun banyak penelitian telah membuktikan efektivitas Kayu Apu sebagai agen fitoremediasi, kajian lebih lanjut mengenai pengaruh variabel lingkungan seperti suhu, pH, dan kualitas air terhadap kemampuannya masih diperlukan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menguji efektivitas fitoremediasi Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*) dalam memperbaiki kualitas air yang tercemar, serta memberikan kontribusi ilmiah bagi pengembangan metode pemulihan lingkungan berbasis alam.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Kost Putri, Gang Cempaka, No. 24, Jl. Setia Budi, Kanigoro, Kartoharjo, pada tanggal 7-23 November 2023. Pengambilan sampel air sungai dilakukan di Sungai Bantaran, Madiun. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan desain *Post-Test Only Control Group*, yaitu membandingkan hasil perlakuan antara kelompok eksperimen dan kontrol tanpa pengukuran awal. Perlakuan terdiri dari variasi volume air dan jumlah tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) selama dua minggu dengan tiga kali pengulangan. Indikator pengamatan meliputi pH, suhu, dan kondisi air. Alat-alat yang digunakan termasuk pH meter, termometer, gelas ukur, dan wadah percobaan. Sampel air diukur setiap minggu untuk melihat perubahan kualitas air berdasarkan parameter yang diamati. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan uji One-Way Anova untuk melihat perbedaan signifikan antar perlakuan.

ANALISIS DATA

□ One-Way Anova

One-Way Anova (analisis ragam satu arah) umumnya digunakan untuk mengevaluasi perbedaan rata-rata atau dampak dari suatu perlakuan dalam sebuah eksperimen yang melibatkan satu faktor, di mana faktor tersebut memiliki tiga atau lebih kelompok. Istilah "satu arah" digunakan karena penelitian ini fokus hanya pada satu faktor, atau dengan kata lain, One-Way Anova mengorganisir data berdasarkan satu kriteria tertentu (Abdulkadir, 2023).

□ Nilai Efektivitas Parameter pH

Efektivitas dalam konteks ini mengarah pada kemampuan kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) sebagai agen fitoremediasi untuk menurunkan tingkat keasaman air (Ph). Penelitian menggunakan metode perbandingan Ph awal dan Ph akhir pada dua ulangan yang mewakili setiap perlakuan dengan kayu apu. Perbandingan efektivitas antar perlakuan dapat memberikan informasi tentang seberapa baik kayu apu dapat memperbaiki kualitas air melalui parameter Ph air. (Rahmah.2019)

HASIL

Berikut adalah data yang diperoleh setelah melakukan percobaan

Tabel 4.1 Rerata Suhu, Ph dan kondisi air masing-masing perlakuan

No	Perlakuan	Rerata		
		Suhu	Ph	Kondisi Air
1	Kontrol	35°	7,39	Keruh
2	A1K1T1	35°	7,46	Jernih
3	A1K1T2	34,5°	7,015	Jernih

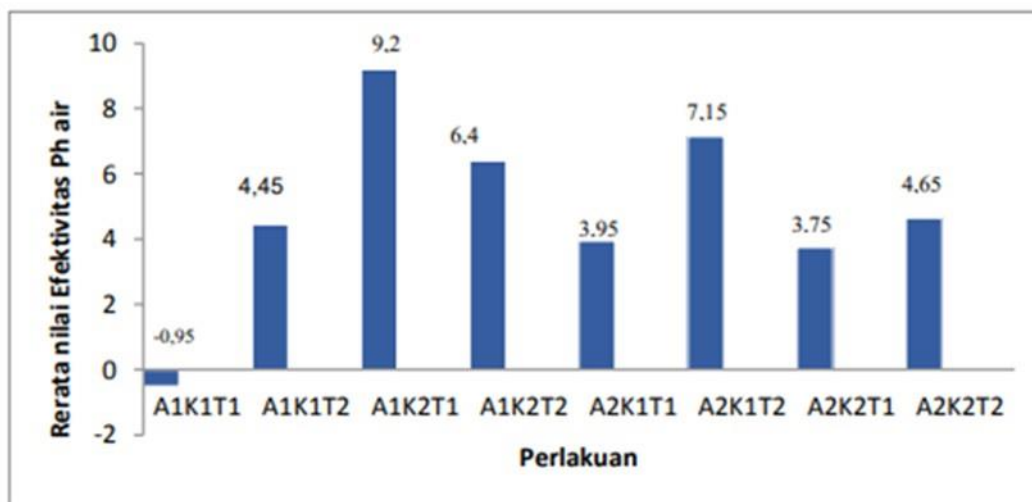
4	A1K2T1	34°	6,705	Jernih
5	A1K2T2	33°	6,91	Jernih
6	A2K1T1	35°	7,095	Jernih
7	A2K1T2	33,5°	6,86	Jernih
8	A2K2T1	34,5°	7,11	Jernih
9	A2K2T2	33°	7,045	Jernih

Perlakuan Kontrol menunjukkan memiliki Rerata suhu 35°C, Rerata Ph 7,39 sedangkan rerata kondisi air adalah keruh. Perlakuan A1K1T1 menunjukkan bahwa Rerata suhu 35°C, Rerata Ph 7,46 sedangkan Rerata kondisi air adalah jernih. Untuk perlakuan A1K1T2 menunjukkan bahwa Rerata suhu 34,5°C, Rerata Ph 7,015 sedangkan Rerata kondisi air adalah jernih. Perlakuan A1K2T1 menunjukkan bahwa Rerata suhu 34°C, Rerata Ph 6,705 sedangkan Rerata kondisi air adalah jernih. Perlakuan A2K2T2 menunjukkan bahwa Rerata suhu 33°C, Rerata Ph 6,91 sedangkan Rerata kondisi air adalah jernih. Perlakuan A2K1T1 menunjukkan bahwa Rerata suhu 35°C, Rerata Ph 7,095 sedangkan Rerata kondisi air adalah jernih. Perlakuan A2K1T2 menunjukkan bahwa Rerata suhu 33,5°C, Rerata Ph 6,86 sedangkan Rerata kondisi air adalah jernih. Perlakuan A2K2T1 menunjukkan bahwa Rerata suhu 34,5°C, Rerata Ph 7,11 sedangkan Rerata kondisi air adalah jernih. Perlakuan A2K2T2 menunjukkan bahwa Rerata suhu 33°C, Rerata Ph 7,045 sedangkan Rerata kondisi air adalah jernih. Berikut hasil analisis one-way anova

Tabel 4.2 Hasil Analisis one way-anova

ANOVA					
NILAI	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.691	7	.099	9.095	.003
Within Groups	.087	8	.011		
Total	.778	15			

Pada analisis one-way ANOVA, nilai signifikansi (sig) sebesar 0,003 menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara setiap perlakuan. Nilai signifikansi yang lebih kecil dari 0,05 ($0,003 < 0,05$) menandakan bahwa perbedaan antara setiap kelompok perlakuan tidak terjadi secara kebetulan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa setiap perlakuan memiliki pengaruh atau perbedaan yang signifikan satu sama lain. Berikut adalah Efektivitas masing masing perlakuan.



Gambar 4.1 Rerata nilai efektivitas Ph air pada setiap perlakuan

Rerata efektivitas Ph Perlakuan A1K1T1 adalah -0,95. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan A1K1T1 tidak efektif. Rerata efektivitas Ph Perlakuan A1K1T2 adalah 4,45,. Perlakuan A1K2T1. Rerata efektivitas ph pada perlakuan A1K2T1 adalah 9,2 sedangkan Rerata efektivitas ph perlakuan A1K2T2 adalah 6,4. Rerata efektivitas ph pada perlakuan A2K1T1 adalah sebesar 3,95, sedangkan rata-rata efektivitas ph pada perlakuan A2K1T2 adalah 7,15. Perlakuan A2K2T1 Rerata efektivitasnya Phnya yaitu sebesar 3,75 dan yang terakhir Perlakuan A2K2T2 Rerata efektivitasnya Phnya adalah 4,65.

PEMBAHASAN

Perlakuan yang memiliki rerata Ph paling tinggi adalah A1K1T1 dengan rerata Ph 7,46 dengan suhu 35° sedangkan perlakuan dengan rerata Ph paling rendah adalah pada perlakuan A1K2T1 yang memiliki rerata Ph 6,705 dengan rerata suhu 35°. Adanya rerata suhu yang tidak sama disebabkan karena perbedaan perlakuan yang ada. Perlakuan dengan volume air yang sama tetapi jumlah kayu apu yang berbeda akan menyebabkan perbedaan rerata Ph air. Kayu apu akan optimal bekerja jika persentase air yang tercemar sebanding dengan jumlah kayu apu yang ada atau bahkan lebih banyak. Perlakuan yang memiliki rerata Ph paling tinggi terjadi karena volume air yang tercemar dengan jumlah kayu apu yang ada disertai dengan suhu tidak seimbang membuat ph air terlalu tinggi sehingga ph air tidak normal/basa yang menandakan bahwa air tercemar sehingga tidak baik untuk pertumbuhan tanaman sedangkan pada perlakuan yang memiliki rerata Ph paling rendah terjadi karena volume air yang tercemar dengan jumlah kayu apu serta suhu tidak seimbang membuat ph air terlalu rendah sehingga ph air tidak normal/asam yang menandakan bahwa air tercemar sehingga tidak baik untuk pertumbuhan tanaman.

Nilai pH mengindikasikan tingkat aktivitas keseimbangan antara senyawa asam dan basa di dalam suatu air. Proses penyerapan nutrisi oleh tanaman berlangsung secara kontinu, sehingga ketika terjadi peningkatan jumlah ion positif yang diserap, nilai pH akan meningkat, dan sebaliknya. Kenaikan nilai pH dipicu oleh proses fotosintesis tanaman, di mana CO₂ diubah menjadi ion OH⁻ yang dilepaskan ke dalam air, sementara ion H⁺ diambil. Oleh karena itu, suhu juga menjadi faktor penentu dalam penelitian ini.

Sebaliknya, penurunan nilai pH terjadi karena ion H⁺ dari tanaman yang mengalami dekomposisi pada bagian yang gugur. Nilai pH yang terlalu rendah dapat memiliki dampak serius pada ekologi dan kesehatan; pH yang rendah dapat membunuh mikroorganisme dalam air dan mengganggu keseluruhan rantai makanan (As'ari.dkk.2022).

Perlakuan yang paling efektif ada pada perlakuan A1K2T1 dengan rerata nilai efektivitas Ph air 9,2 %. Sedangkan yang tidak efektif ada pada perlakuan A1K1T1 dengan rerata nilai efektivitas Ph air -0,95. Perbedaan efektivitas rerata masing-masing perlakuan dipengaruhi pada variasi volume air, jumlah kayu apu dan waktu percobaan yang digunakan dalam setiap perlakuan. Volume air yang berbeda dapat memengaruhi sejauh mana pH dapat diturunkan, sedangkan jumlah kayu apu memainkan peran penting dalam memperbaiki kualitas air terutama pada parameter Ph dan kualitas air. Efektivitas yang berbeda ini merupakan salah satu bukti bahwa variabel jumlah kayu apu, volume air dan waktu percobaan berpengaruh dalam perbaikan kualitas air yang tercemar, selain itu efektivitas kayu apu juga dapat disebabkan oleh mikroorganisme yang terdapat pada akar tumbuhan dimana proses fitoremediasi mempunyai peranan penting dalam hal menyerap kandungan pencemar organik. Disisi lain efektivitas efektivitas kayu apu juga dapat dipengaruhi oleh waktu tinggal padatan atau substrat, kandungan oksigen, volume reaktor, dan jumlah tumbuhan yang digunakan. Panjang akar dan banyaknya jumlah tumbuhan Kayu Apu dapat memberikan pengaruh pada proses penyisihan kadar pencemar dari limbah yang sudah di bawah baku mutu air limbah. Proses penyisihan kadar pencemar yang telah dilakukan tumbuhan Kayu Apu, menjelaskan bahwa hal tersebut karena pada proses fotosintesis menghasilkan oksigen kemudian dilepas ke dalam air atau air limbah yang dapat mengoksidasi senyawa organik. (Rahardian et al.2017.). Selain itu bakteri rhizosfer pada akar tumbuhan Kayu Apu akan memecah senyawa yang lebih sederhana kemudian senyawa akan diserap oleh tumbuhan Kayu Apu sebagai nutrisi (As'ari.dkk.2022)

Keanekaragaman hayati di Indonesia sangat beragam, beberapa jenis tumbuhan dapat digunakan sebagai jalan keluar dari pencemaran air namun belum semuanya dieksplorasi secara menyeluruh. Sedangkan kebutuhan air untuk aktivitas manusia semakin meningkat karena bertambahnya jumlah penduduk. Namun semakin hari kondisi air semakin tercemar. Salah satu upaya yang bisa dilakukan adalah dengan memanfaatkan tumbuhan untuk mengurangi pencemaran tersebut.

Fitoremediasi merupakan salah satu teknologi alam yang menggunakan peran tumbuhan untuk meningkatkan kualitas air yang tercemar. Jenis tumbuhan air yang memiliki kemampuan fitoremediasi sangat banyak sekali terutama tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L). Penelitian efektivitas fitoremediasi menggunakan tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.) menunjukkan bahwa tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.) dapat memperbaiki kualitas air dengan menyerap dan menurunkan kandungan Ph pada air yang tercemar dan membuat kondisi air yang semula keruh menjadi jernih. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanaman Kayu Apu efektif dalam memperbaiki kualitas air dan mengurangi kontaminan tertentu. Dalam Mata Kuliah Keanekaragaman Hayati, hasil dari projek ini dapat disertakan sebagai studi kasus fitoremediasi yang melibatkan tanaman air.



Gambar 4.2 Tanaman Kayu Apu (Sumber Pribadi).

Kayu apu (*Pistia stratiotes*) adalah tumbuhan yang termasuk dalam keluarga Araceae, tumbuh mengapung di permukaan air dengan akar yang menggantung dan terendam di bawah daunnya yang mengapung. Akar tanaman ini bersifat serabut, dan di lapisan atas perairan, akarnya dapat terurai dan sangat efisien dalam menyerap bahan-bahan terlarut. Seperti tumbuhan air lainnya, kayu apu berperan aktif dalam menghasilkan oksigen dalam sistem perairan. Fitriana (2018) menyatakan bahwa hal ini terjadi karena adanya lubang-lubang saluran udara yang terbentuk dari ruang antar sel tanaman air, berfungsi sebagai tempat penyimpanan oksigen bebas.

Penelitian yang telah membuktikan potensi kayu apu sebagai fitoremediasi dalam memperbaiki kualitas air seperti Tumbuhan Kayu apu yang efektif dalam mengurangi konsentrasi senyawa organik dalam limbah laundry. Pelayanan laundry yang semakin di daerah pemukiman modern telah menyebabkan masalah pencemaran air limbah akibat penggunaan deterjen dan pelembut pakaian yang berlebihan. Limbah cair dari pelayanan laundry, seringkali mengandung bahan kimia, dibuang ke saluran drainase dan berpotensi mencemari air sehingga dengan adanya fitoremediasi kayu apu tersebut sangat berkontribusi untuk memperbaiki kualitas air. (Raissa, D., Bieby, D., & Tangahu, V. 2017).

Kayu Apu (*P. Stratiotes*) juga dapat melakukan fitoremediasi pada air danau yang eutrofik di Kota Dhaka dengan meningkatkan sifat fisik dan kimia air. Berdasarkan hasil yang didapatkan *P. Stratiotes* dapat digunakan sebagai alat biologis di negara berkembang seperti Bangladesh untuk pengolahan efektif air tercemar sebelum dibuang ke dalam ekosistem. Menggunakan makrofit seperti kayu apu merupakan teknik pembersihan yang ekonomis dan sumber daya yang berguna untuk fitoremediasi dalam ekosistem akuatik tercemar dan area terkontaminasi besar guna menjaga keberlanjutannya. (Nahar, K., & Hoque, S. 2021).

Tanaman kayu apu dapat efektif dalam mengolah limbah cair pewarnaan batik dengan tingkat efektivitas yang semakin meningkat seiring dengan waktu kontak yang lebih lama. Oleh karena itu, tanaman kayu apu dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam pengolahan limbah cair karena limbah cair dari industri batik mengandung zat-zat kimia yang berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan manusia. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode pengolahan limbah cair yang efektif dan ramah lingkungan. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah fitoremediasi tanaman kayu apu. (Malik, M. J. 2020).

Tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*) berpotensi menjadi alat yang efektif untuk fitoremediasi lingkungan yang terkontaminasi arsenit. Tanaman ini dapat mengakumulasi arsenik konsentrasi tinggi pada akarnya, namun memiliki faktor translokasi yang rendah

dari akar ke pucuk. Konsentrasi arsenik yang lebih tinggi dapat menyebabkan penurunan produksi biomassa dan perubahan morfologi tanaman. Namun, pada konsentrasi yang lebih rendah, tanaman dapat mempertahankan produksi biomassa serupa dengan kontrol. (Vidal.dkk. 2019).

Tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*) juga menunjukkan performa yang baik dalam mengatasi herbisida clomazone dalam formulasi komersial Gamit 360 CS. Tanaman ini mampu menghadapi paparan tinggi, hingga 100 kali lebih tinggi dari yang direkomendasikan untuk penggunaan clomazone dalam pertanian, tanpa mengalami perubahan pada daunnya. Selama uji fitoremediasi, *P. stratiotes* berhasil mengurangi residu clomazone dalam air hingga 90%, menunjukkan potensi besar tanaman ini dalam membantu menghilangkan herbisida tersebut dari sumber daya air. (Dandara dkk. 2019). Maka dengan adanya proyek ini memberikan kontribusi besar mengenai peran kayu apu sebagai fitoremediasi dalam memperbaiki kualitas air yang tercemar terlihat dalam perubahan rerata suhu,ph,dan kondisi air serta efektivitas tanaman kayu apu dalam memperbaiki kualitas air yang terlihat bahwa tanaman kayu apu efektif dalam memperbaiki kualitas air yang tercemar.

Mata kuliah Keanekaragaman hayati dapat memperkaya pemahaman mahasiswa tentang peran tumbuhan, terutama dalam upaya untuk mengatasi pencemaran air dan melestarikan keanekaragaman hayati (Kustiyaningsih.dkk.2019). Keanekaragaman hayati yang ada terutama keanekaragaman hayati air memiliki kontribusi besar dalam memperbaiki kualitas air terutama tanaman kayu apu yang kami pilih dalam proyek ini. Dengan adanya proyek ini dapat membuktikan bahwa tanaman kayu apu yang memiliki kemampuan fitoremediasi dapat memperbaiki kualitas air yang tercemar dilihat dari rerata ph, suhu dan kondisi air yang sebagian dapat kembali normal serta adanya efektivitas dalam setiap perlakuan. Kemudian dengan adanya proyek ini dapat kita ketahui bahwa air yang merupakan salah satu komponen penting dalam kehidupan kita yang harus kita jaga karena semakin hari angka pencemaran air semakin meningkat. Dengan adanya proyek ini memberikan terobosan baru untuk berkontribusi dalam memperbaiki kualitas air yang ada.

SIMPULAN

Hasil eksperimen tanaman kayu apu efektif dalam memperbaiki kualitas air dengan adanya rerata ph,suhu dan kondisi air yang signifikan dan dengan adanya persentase efektivitas ph air yang memperlihatkan bahwa tanaman kayu apu efektif dalam memperbaiki kualitas air yang tercemar. Perlakuan yang paling efektif ada pada perlakuan A1K2T1 dengan rerata nilai efektivitas Ph air 9,2 %. Dengan adanya proyek ini memberikan wawasan mengenai peran tumbuhan dalam memperbaiki pencemaran air dengan menggunakan potensi fitoremediasi terutama pada tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*).

DAFTAR PUSTAKA

Afiatun, E., Wahyuni, S., & Hamdan, F. (2018). Perbandingan Komposisi Koagulan Biji Kelor (*Moringanoleifera*), Biji Asam Jawa (*Tamarindusindica L*) Dan Aluminium Sulfat ($Al_2(SO_4)_3$) Untuk Menurunkan Kekeruhan Air Sungai Citarum Atas Ciparay Kabupaten Bandung. *Journal Of Community Based Environmental Engineering And Management*, 2(1), 21-30. Retrified From <https://journal.unpas.ac.id/index.php/temali/article/view/1453/756>

- Alfonso, M. A. (2021). Kombinasi Biofilter Anaerob dan Fitoremediasi Tumbuhan Kayu Apu (*Pistia Stratiotes*) dalam Pengolahan Air Limbah Rumah Makan. *Pengolahan Air*.
- Ali, H., Khan, E., & Sajad, M. A. (2013). Phytoremediation Of Heavy Metals— Concepts And Applications. *Chemosphere*, 91(7), 869–881. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.01.075>
- Antoniadis, V., Levizou, E., Shaheen, S. M., Ok, Y. S., Sebastian, A., Baum, C., Prasad, M. N. V., Wenzel, W. W., & Rinklebe, J. (2017). Trace elements in the soil-plant interface: Phytoavailability, translocation, and phytoremediation—A review. *Earth- Science Reviews*, 171, 621–645. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.06.005>
- Aprilia, N. P. R. D., Yusa, N. M., & Pratiwi, I. D. P. K. (2019). Perbandingan Modified Cassava Flour (Mocaf) Dengan Tepung Kacang Hijau (*Vigna Radiate. L*) Terhadap Karakteristik Sponge Cake. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pangan*, 8(2), 171-180. Retrieved from https://scholar.google.com/scholar?hl=id&as_sdt=0%2c5&q=Aprilia+Dkk+2019&btnq=#D=Gs_Cit&T=1703990969972&U=%2fscholar%3fq%3dinfo%3aledwam6yykoj%3ascholar.google.com%2f%26output%3dcite%26scirp%3d7%26hl%3did
- As' Ari, R. M., Syafiuddin, A., Andriansyah, A. A., & Setianto, B. (2022). Fitoremediasi Air Limbah Tempe Menggunakan Tumbuhan Kayu Apu (*Pistia Stratiotes*). *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 10(5), 564-569.
- Statistik Badan Pusat. (2017). Modul Hansos Tahun 2017: Survei Sosial Ekonomi Nasional (Susenas) - Kondisi Lingkungan Rumah Tangga. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Billah, A. R., Moelyaningrum, A. D., & Ningrum, P. T. (2020). Phythoremediasi Chromium Total (Cr-T) Menggunakan Kayu Apu (*Pistia Stratiotes L.*) Pada Limbah Cair Batik. *J. Biol. Udayana*, 24(1), 47.
- Bulelengkab. (2023). Pencemaran Air Di Indonesia | Bagian Umum Sekretariat Daerah Kabupaten Buleleng. Retrieved From [Bulelengkab.Go.Id Website:https://umumsetda.bulelengkab.go.id/informasi/detail/artikel/pencemaran-air-di-indonesia](https://umumsetda.bulelengkab.go.id/informasi/detail/artikel/pencemaran-air-di-indonesia)
- 18#:~:Text=Pencemaran%20air%20dapat%20diartikan%20sebagai,Tidak%20bisa%20digunakan%20sesuai%20peruntukannya. a. Dandara Fidélis Escoto, Mateus Cristofary Gayer, Matheus Chimelo Bianchini, Pereira,
- C., Roehrs, R., & Luís, E. (2019). Use Of *Pistia Stratiotes* For Phytoremediation Of Water Resources Contaminated By Clomazone. *Chemosphere*, 227, 299-304. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.04.013>
- Denza Perdana. (2018). Pemprov Jatim Siapkan Alat Pemantau Kualitas Air Sungai Terintegrasi Online. Retrieved December 1, 2023, From [Suarasurabaya.Net Website: https://www.suarasurabaya.net/kelanakota/2018/pemprov-jatim-siapkan-alat-pemantau-kualitas-air-sungai-terintegrasi-online/](https://www.suarasurabaya.net/kelanakota/2018/pemprov-jatim-siapkan-alat-pemantau-kualitas-air-sungai-terintegrasi-online/)
- DLHKS. (2023). Ciri-Ciri Air Yang Tercemar – Dinas Lingkungan Hidup Kota Semarang. Retrieved December 27, 2023, From [Semarangkota.Go.Id](https://semarangkota.go.id)
- Fadilah, H., & Helma, H. (2020). Penaksiran suhu ruangan pada termometer dengan menggunakan Inverse Regression. *Journal of Mathematics UNP*, 5(1). <https://ejournal.unp.ac.id/students/index.php/mat/article/view/8904>
- Fataha. Siti Nelly (2019). Perancangan Alat Pengukur Suhu Air Laut dengan sensor LM35. Fakultas Teknik Universitas Khairun Ternate, Indonesia. *Jurnal Protek* Vol. 06 No. 1, Mei 2019. Retrieved

- Fitriana, A. N. (2018). Efektifitas Penggunaan Jenis Tanaman ((Kayu Apu (*Pistia Stratiotes*), Melati Air (*Echinodorus Palaefolius*)) Dan Lama Kontak Terhadap Kadar Fosfat Pada Limbah Cair Laundry. Skripsi. Semarang : Universitas Muhammadiyah Semarang
- Handayani, P., Rizwan, R., & Kandi, O. (2022). Analisis Kualitas Air Di Pelabuhan Perikanan Samudera (PPS) Kutaraja Yang Berwawasan Lingkungan. *Jurnal Kelautan dan Perikanan Indonesia*, 2(1), 31-38. Retrified from <https://jurnal.usk.ac.id/JKPI/article/view/25877>
- Haryanti, F. (2016). Efektifitas Subsurface Flow-Wetlands dengan Tanaman Eceng Gondok Dan Kayu Apu Dalam Menurunkan Kadar COD dan TSS Pada Limbah Pabrik Saus. Skripsi. Semarang : Universitas Muhammadiyah Semarang.
- Hindayani, A., Permatasari, F., & Putri, A. (2022). Pengukuran Ph Dengan Teknik Kalibrasi Dua Titik. In Badan Standarsisasi Nasional. Retrieved From https://Bsn.Go.Id/Uploads/Download/Panduan_Pengukuran_Ph_Meter_Dengan_Teknik_Kalibrasi_Dua_Titik.Pdf
- Haryanto, H. (2022). Sereal Kayu Apu (*Pistia Stratiotes*) Sebagai Pangan Alternatif Kaya Antioksidan Dalam Rangka Optimalisasi Lahan Pertanian - Fpik Unpad. Retrieved From Fpik Unpad Website: <https://Fpik.Unpad.Ac.Id/Sereal-Kayu-Apu-Pistia-Stratiotes-Sebagai-Pangan-Alternatif-Kaya-Antioksidan-Dalam-Rangka-Optimalisasi-Lahan-Pertanian/>
- Hidayat, Y. M. (2016). Model kematian biota air sebagai fungsi waktu kontak pada air limbah deterjen dan gagasan sederhana pengendaliannya. *Jurnal Sumber Daya Air*, 12(2), 131-146.
- IKLH 2022 (2022). IKLH 2022 Final.Pptx. Retrieved December 1, 2023, From Google Docs WebsitE <https://Docs.Google.Com>
- KLHK (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia), (2016) Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.68/Manlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, Jakarta.
- Irhamni, I., Pandia, S., Purba, E., & Hasan, W. (2017). Kajian akumulator beberapa tumbuhan air dalam menyerap logam berat secara fitoremediasi. *Jurnal Serambi Engineering*, 1(2).
- Irsanda, P. G. R., Kamaningroem, N., dan Bambang, D. 2014. Analisis Daya Tampung Beban Pencemaran Kali Pelayaran Kabupaten Sidoarjo Dengan Metode Qual2kw. *Jurnal Teknik ITS*, 3(1), hal.D47-D52.
- Isa, I. (2015). Potensi tanaman genjer (*Lamncharis flava*) sebagai akumulator logam Pb dan Cu. *Penelitian Kerjasama (Pemda, BUMD/N, Swasta)*, 2(1139).
- Khasanah, M., Moelyaningrum, A.D., Pujiati, R.S. (2018). Analisis Perbedaan Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) sebagai Fitoremediasi Merkuri (Hg) pada Air. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 9 (3), 105-110
- Lahade M. M. 2018. Analisis Kondisi Fisik Sumur Gali dan Kualitas Bakteriologis Air Sumur Di Lingkungan III (Mayondi) Kelurahan Kombos Timur Kecamatan Singkil Kota Manado. Skripsi. Universitas Sam Ratulangi Manado
- Latupeirissa, A. N., & Manuhutu, J. B. (2020). Analisis parameter fisika dan kesadahan air pdam wainitu ambon. *Molluca J Chem Educ*, 10(1), 1-7. ANALISIS PARAMETER FISIKA DAN KESADAHAN AIR PDAM ...<https://ojs3.unpatti.ac.id/index.php/mjoce/article/view/1778>
- Leonardo, Elvince, R., & Ardianor. (2020). Pengaruh air limbah kota palangkaraya pada kualitas air sungai kahayan. Retrieved January 1, 2024,
- Malik, M. J. (2020). Efektivitas Daya Serap Tanaman Kayu Apu (*Pistia Stratiotes*) Dengan Metode Fitoremediasi Dalam Menurunkan Kadar Bod Limbah Cair Pewarnaan Batik Khas Ngawi Widi Nugraha Tahun 2020 Retrieved from <http://repo.poltekkesdepkes-sby.ac.id/2593/1/JURNAL.pdf>

- Manik, E. (2016). Pengaruh Kepemimpinan Transformasional Terhadap Motivasi Berprestasi Dan Iklim Organisasi Serta Kinerja Pegawai. *Jurnal Internasional Penelitian Akademik Dalam Bisnis Dan Ilmu Sosial* , 6 (12), 599-608. Retrified
- Manousaki, E., & Kalogerakis, N. (2011). Halophytes—An Emerging Trend in Phytoremediation. *International Journal of Phytoremediation*, 13(10), 959–969 <https://doi.org/10.1080/15226514.2010.532241>
- Mubarok, N. A., A. Mediani, I. Yusuf, dan N Hafidz, 2019, Perancangan Ruang Publik—Onespot Minimum Space II Berbasis Pengembangan Ruang Terbuka Hijau (RTH) yang Berkelanjutan di Universitas Muhammadiyah Surakarta. hh. 23–26.
- Nahar, K., & Hoque, S. (2021). Phytoremediation To Improve Eutrophic Ecosystem By The Floating Aquatic Macrophyte, Water Lettuce (*Pistia Stratiotes L.*) At Lab Scale. *The Egyptian Journal Of Aquatic Research*, 47(2), 231–237.
- Nurdiana, N. (2016). Pemberdayaan masyarakat dalam pengolahan limbah kulit buah manggis (*garcinia mangostana L*) di Desa Lingsar Kec lingsar Kab. Lombok barat. *Transformasi: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 12(2), 186-197. <https://journal.uinmataram.ac.id>
- Rahardian R, Sutrisno E, Sumiyati S. (2017). Efisiensi Penurunan Cod Dan Tss Dengan Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Kayu Apu (*Pistia Stratiotes L.*) Study Kasus: Limbah Laundry. *J Tek Lingkungan*.
- Rahmah.M (2019). Studi Efektivitas Tanaman Kayu Apu (*Pistia Stratiotes*), Melati Air (*Echinodorus Palaefolius*) Dan Zeolit Alam Guna Meningkatkan Kualitas Limbah
- Raissa, D., Bieby, D., & Tangahu, V. (2017). Fitoremediasi Air yang Tercemar Limbah Laundry dengan Menggunakan Kayu apu (*Pistia stratiotes*). *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), 7–11. 2
- Ramadhini, N. A. (2022). Efektivitas Biofilter Anaerob Media Bioball dan Fitoremediasi Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) dalam Pengolahan Limbah Cair Perikanan (Doctoral dissertation, UIN Ar-Raniry). <https://repository.ar-raniry.ac.id/id/eprint/29243/>
- Rosmeiliyana, R. (2021). Analisis Kualitas Air Dan Strategi Pengendalian Pencemaran Sungai Cisangkan, Kota Cimahi - Itenas Repository. <http://eprints.itenas.ac.id/1634/2/01.pdf>
- Rijal, M. (2014). Studi morfologi kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan kiambang (*Salvinia molesta*). *IAIN Ambon. Ambon*, 3(2).
- Ryanita.P.K.Y. Arsana.I.N. Juliasih1.N.K.A. (2020) Fitoremediasi Dengan Tanaman Air Untuk Mengolah Air Limbah Domestik. Program Studi Biologi Fakultas Teknologi Informasi Dan Sains Universitas Hindu Indonesia. Volume 11 Nomor 02 Oktober 2020. P Issn : 2086-5783 E Issn : 2655-6456
- Rosana, M., 2018, Kebijakan Pembangunan Berkelanjutan Yang Berwawasan Lingkungan Di Indonesia. *Jurnal Ilmu Sosial*, Vol. 1, No. 1, hh. 148–163
- Ryanita, P. K. Y., Arsana, I. N., & Juliasih, N. K. A. (2020). Fitoremediasi Dengan Tanaman Air untuk Mengolah Air Limbah Domestik. *Jurnal Widya Biologi*, 11(2), 76-89.
- Sarminingsih.A. Soekarno.I. Hadihardaja.I.K. dan Kusuma.M.S.B. (2014). Flood vulnerability assessment of upper Citarum river basin, West Java, Indonesia. *International Journal of applied Engineering Research*, 22921-22940.
- Setiawan, (2022). Analisis Pengaruh Beberapa Sektor Pdrb Terhadap Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) Di Indonesia
- Serfia, Adinda (2022) Ta : Monitoring Kualitas Air Sungai Way Sekampung Pada Ruas Lokasi Proyek Bendungan Margatiga Lampung Timur. Diploma Thesis, Politeknik Negeri Lampung.

- Stefhany, C. A., Sutisna, M., & Pharmawati, K. (2013). Fitoremediasi Phospat Dengan Menggunakan Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) Pada Limbah Cair Industri Kecil Pencucian Pakaian (Laundry). *Jurnal Reka Lingkungan*, 1(1),13-23.
- Sondakh, R. C., & Pinontoan, O. (2020). Uji Kualitas Kandungan *Escherichia Coli* Pada Sumur Gali Di Desa Kauditan Kecamatan Kauditan Kabupaten Minahasa Utara. *Kesmas: Jurnal Kesehatan Masyarakat Universitas Sam Ratulangi*, 9(7).
- Suyono, N. A. (2014). Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Pemilihan Karir Sebagai Akuntan Publik (Studi Empiris Pada Mahasiswa Akuntansi Unsiq). *Jurnal Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat Unsiq*, 1(2), 69-83. Retrified from <https://Ojs.Unsiq.Ac.Id/Index.Php/Ppkm/Article/View/235/112>
- Temel, J., A. Jones, N. Jones, dan L. Balint, 2018, Limits of monetization in protecting ecosystem services. *Conservation Biology*, Vol. 32, No. 5, hh. 1048–1062.
- Vidal, F., Alves, J., Silva, Ribeiro, C., & Fernanda. (2019). Phytoremediation Of Arsenite-Contaminated Environments: Is *Pistia Stratiotes* L. A Useful
- Wang, L., Ji, B., Hu, Y., Liu, R., & Sun, W. (2017). A review on in situ phytoremediation of mine tailings. *Chemosphere*, 184, 594–600. Retrified from <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.06.025>
- Wikiwand (2023). Bengawan Madiun. Retrieved December 28, 2023, From Wikiwand Website: https://Www.Wikiwand.Com/Id/Bengawan_Madiun
- Wirawan, W. A., Wirosoedarmo, R., & Susanawati, L. D. (2014). Pengolahan Limbah Cair Domestik Menggunakantanaman Kayu Apu (*Pistia Stratiotes* L.) Dengan Teknik Tanam Hidroponik Sistem Dft (Deepflowtechnique). *Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 1, 63–70.
- Yogafanny, E. (2015). Pengaruh Aktifitas Warga Di Sempadan Sungai Terhadap Kualitas Air Sungai Winongo. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 7(1), 29-40. Retrified from <https://Journal.Uii.Ac.Id/Jstl/Article/View/3494/3087>
- Zulkoni, A., Rahyuni, D., & Nasirudin. (2017). Pengaruh pemangkasan akar jati dan inokulasi jamur mikroriza arbuskula terhadap fitoremediasi tanah tercemar merkuri di kokap kulonprogo yogyakarta