

Efektivitas Kayu Apu Dan Kangkung Air Untuk Menurunkan Kadar COD, BOD, Dan Amonia Pada Air Limbah Domestik

Anisa Dian Imaniar ^{1*}, Oto Prasadi ¹, Ilma Fadlilah ¹

¹Politeknik Negeri Cilacap, Jalan Dr. Soetomo No.1, Cilacap 53212, Indonesia,
corresponding author: oto.prasadi@pnc.ac.id

ARTICLE INFO

Article History:

Received 28 July 2022

Revised form 05 August 2022

Accepted 10 October 2022

Published 14 October 2022

Kata Kunci:

Air Limbah Domestik;
Fitoremediasi;
Kayu Apu;
Kangkung Air

Keywords:

Domestic Wastewater;
Phytoremediation
Kayu Apu;
Kangkung Air;

ABSTRACT

Domestic wastewater is generated from washing clothes, kitchen and bathroom waste with high organic matter content. The purpose of this study was to determine the effectiveness of Apu (*Pistia stratiotes* L.) and Water Kangkung (*Ipomoea aquatica* F.) plants in reducing COD, BOD, and Ammonia levels in domestic wastewater at Cilacap State Polytechnic regarding the quality standard of PP RI No. 22 of 202. The acclimatization process was carried out before processing for 15 days. Wastewater treatment is carried out using 2 container boxes with a volume of 9 liters of waste water. This research was conducted using the phytoremediation method in the form of domestic wastewater with processing for 14 days. Domestic wastewater treatment at Cilacap State Polytechnic based on variations in sampling time on day 0 and day 14, it is known that the performance of Apu wood plants is better than Kangkung in reducing COD, BOD, and Ammonia levels, which are highest on day q4, which is successively to 11.3 mg/L, 3.4 mg/L, and 0.0008 mg/L. The effectiveness of reducing the concentration of COD, BOD, and Ammonia was highest on day 14 in wastewater treatment using Kayu apu plant, namely COD 60.07%; BOD 42.37%; and Ammonia 76.0%. Of the 2 plant variations used, kayu apu was more effective in reducing COD, BOD, and Ammonia.

ABSTRAK

Air limbah domestik merupakan limbah yang dihasilkan dari aktivitas pencucian pakaian, air sisa kegiatan dapur, dan kamar mandi yang memiliki kandungan bahan organik tinggi. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan dan efektivitas tanaman kayu apu (*pistia stratiotes* L.) dan kangkung air (*ipomoea aquatica* f.) dalam menurunkan kadar COD, BOD, dan Amonia pada air limbah domestik Politeknik Negeri Cilacap dengan acuan baku mutu PP RI No. 22 Tahun 2021. Proses aklimatisasi dilakukan terlebih dahulu sebelum dilakukan pengolahan selama 15 hari. Pengolahan air limbah dilakukan menggunakan 2 container box dengan volume air limbah 9 liter. Penelitian ini dilakukan dengan metode fitoremediasi berupa air limbah domestik dengan dilakukan pengolahan selama 14 hari. Pengolahan air limbah domestik Politeknik Negeri Cilacap berdasarkan variasi waktu pengambilan sampel pada hari ke-0 dan hari ke-14 diketahui bahwa kinerja pada tanaman kayu apu lebih baik dibandingkan dengan kangkung dalam menurunkan kadar COD, BOD, dan Amonia. Penurunan kadar terjadi paling tinggi di hari ke-14, yaitu berturut-turut menjadi 11,3 mg/L, 3,4 mg/L, dan 0,0008 mg/L. Efektivitas penurunan konsentrasi COD, BOD, dan Amonia tertinggi pada hari ke-14 dalam pengolahan air limbah menggunakan tanaman kayu apu, yaitu COD 60,07%; BOD 42,37%; dan Amonia 76,0%. Dari 2 variasi tanaman yang digunakan, kayu apu lebih efektif dalam menurunkan COD, BOD, dan Amonia.

PENDAHULUAN

Perguruan Tinggi Politeknik Negeri Cilacap yang bertempat di Kota Cilacap merupakan salah satu institusi yang tentunya memiliki kegiatan dalam penggunaan air. Secara umum sumber air limbah domestik Politeknik Negeri Cilacap dihasilkan dari limbah air wudhu mushalla, limbah kegiatan mencuci di laboratorium, dan limbah cair kantin. Pada aktivitas mencuci alat laboratorium dan pencucian alat memasak di kantin menghasilkan limbah detergen. Air limbah detergen yang langsung dibuang ke lingkungan tidak dapat diurai dalam waktu yang singkat sehingga hal ini menyebabkan penurunan tingkat kesuburan tanah. Air limbah dari pencucian berupa sisa detergen mengandung bahan kimia fosfat (70-80%), surfaktan (20-30%), Amonia dan nitrogen, kadar padatan terlarut, kekeruhan, *Biological Oxygen Demand* (BOD), dan *Chemical Oxygen Demand* (COD).⁽¹⁾ Menurut Undang-Undang Republik Indonesia No. 32 Tahun 2009, baik industri maupun instansi harus bertanggung jawab atas pengelolaan limbah yang dihasilkannya. Institusi perguruan tinggi berpotensi menghasilkan air limbah dari kegiatan kantin dan *wastafel* di mana karakteristik limbah yang dihasilkan dari kegiatan tersebut berupa air limbah organik dan anorganik.

Saat ini, air limbah Politeknik Negeri Cilacap belum diolah secara terpadu sebelum dibuang ke badan air. Hal ini tentu dapat menimbulkan bahaya bila dibiarkan secara terus-menerus. Apabila limbah tersebut tidak dikelola dengan baik maka dapat menimbulkan gangguan, baik terhadap kehidupan maupun terhadap lingkungan. Karena itu, guna mencegah potensi terjadinya pencemaran air perlu dilakukan pengendalian melalui pengolahan air limbah untuk menjaga kelestarian lingkungan dan daya dukung lingkungan. Apabila limbah yang dihasilkan nilainya kecil maka tidak akan menimbulkan masalah alam karena alam memiliki kemampuan untuk mengurai limbah yang dihasilkan oleh manusia. Akan tetapi, jika terjadi akumulasi dengan jumlah yang besar, maka akan dapat mengganggu lingkungan.⁽²⁾ Dalam hal ini, teknologi yang dapat diterapkan adalah fitoremediasi. Teknologi ini dianggap relatif lebih aman terhadap lingkungan, bersifat inovatif, dan ekonomis.

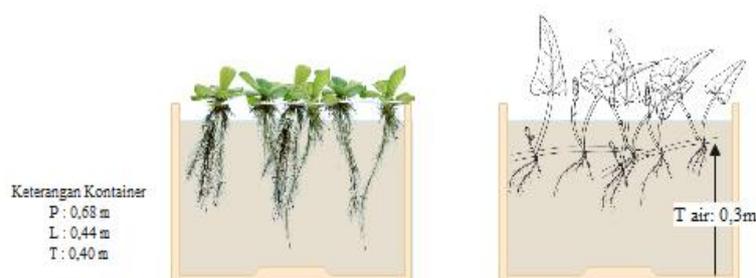
Fitoremediasi merupakan salah satu metode pengolahan air limbah dengan menggunakan tanaman air. Penggunaan tanaman dalam fitoremediasi ini untuk mengestraw, mengakumulasi, dan detoksifikasi polutan untuk memperbaiki kualitas lingkungan.⁽³⁾ Terdapat beberapa langkah pada fitoremediasi, yaitu serapan logam berat (fitoekstraksi), Fitoekstraksi merupakan kontaminan yang diserap oleh tanaman bersama dengan nutrisi dan air. Kontaminan ini kemudian disimpan dan terakumulasi di pucuk daun melalui proses yang disebut fitoakumulasi. Fitoakumulasi dapat mencapai immobilisasi atau inaktivasi in-situ kontaminan dengan penyerapan pada akar tanaman.⁽⁴⁾ Fitoremediasi adalah salah satu teknologi alternatif atau komplementer yang dapat digunakan menggantikan teknologi pembersihan mekanis konvensional yang sering membutuhkan input modal yang tinggi dan padat kaya dan energi.⁽⁵⁾ Di antara keuntungan metode fitoremediasi adalah, biaya yang relatif murah, sehingga lebih ekonomis dibandingkan dengan metode alternatif lainnya. Pengolahan limbah menggunakan fitoremediasi dapat meremoval, mentransfer, atau menghancurkan kontaminan dalam air tanah, dan sedimen.⁽⁶⁾ Untuk mengolah limbah air tersebut, perlu dilakukan pemilihan tanaman dalam fitoremediasi. Parameter pencemar yang akan diujikan adalah *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), dan Amonia.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Rismawati, tanaman kayu apu memiliki nilai efektivitas sebesar 82,02% dan 80,7% dalam menurunkan kadar COD dan BOD.⁽⁷⁾ Demikian juga penelitian yang dilakukan oleh Saputro terkait dengan efektivitas tanaman kayu apu dalam menurunkan kadar limbah amonia menggunakan metode fitoremediasi. Dalam penelitian ini, kayu apu memiliki hasil rata-rata efektivitas selama 7 hari sebesar 97,323%.⁽⁸⁾ Selain itu, penelitian Maslinda terkait dengan penggunaan tanaman kangkung air untuk menurunkan kadar amonia dan COD pada limbah cair, menunjukkan bahwa kangkung air mampu menurunkan sebesar 46% dan 39% dalam waktu tinggal 6 hari perlakuan.⁽⁹⁾

Berdasarkan uraian di atas maka tanaman kangkung air (*ipomoea aquatica f*) dan kayu apu (*pistia stratiotes f*) dipilih untuk mengurangi bahan nutrisi, komponen beracun, serta bahan yang tidak dapat didegradasikan agar menjadi lebih rendah dalam limbah domestik Politeknik Negeri Cilacap. Tanaman kayu apu memiliki kemampuan untuk mengolah limbah, baik dalam bentuk logam berat, zat organik, maupun zat anorganik dengan bantuan bakteri rhizosfer. Mikroorganisme rhizosfer adalah kelompok mikroba yang hidup bersimbiosis di sekitar akar tumbuhan, baik tumbuhan di tanah maupun habitat air yang keberadaannya secara khas bergantung pada akar-akarnya.⁽¹⁰⁾ Kangkung air merupakan tanaman yang tidak selektif terhadap unsur hara tertentu, sehingga ia dapat menyerap unsur yang terkandung di dalam tanah. Kangkung air dapat tumbuh dengan baik di perairan yang tidak terlalu dalam atau di tepi sungai, danau, dan parit.⁽¹¹⁾

METODE

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan pada saluran pembuangan air limbah domestik Politeknik Negeri Cilacap yang bertempat di Jalan Dr. Soetomo No. 1, Sidakaya, Cilacap Selatan, Cilacap. Penelitian dilakukan pada bulan Maret 2022 sampai dengan bulan Mei 2022. Analisis parameter sampel diserahkan dan dianalisis oleh Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit (BBTKLPP) Provinsi Yogyakarta. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *container box* berukuran 68 cm x 44 cm x 45 cm.



Gambar 1
Desain Pengolahan Air Limbah Domestik

Bahan yang digunakan adalah air limbah domestik Politeknik Negeri Cilacap, tumbuhan kayu apu dan kangkung air.

Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahap. Pertama, tahap persiapan, yang meliputi mengetahui debit air limbah domestik Politeknik Negeri Cilacap, penentuan desain tempat pengolahan air limbah dan menyiapkan 2 *container box*, dan menyiapkan tumbuhan kayu apu serta kangkung air.

Kedua, tahap penelitian. Dalam tahap ini, penelitian dilakukan menggunakan 2 *container box* yang berbeda untuk tanaman kayu apu dan kangkung air. Tahap pertama adalah melakukan aklimatisasi tumbuhan kayu apu dan kangkung air selama 15 hari dengan variasi waktu 5 hari pertama aklimatisasi dengan menggunakan air bersih. Kemudian, pada hari ke-6 sampai hari ke-10 aklimatisasi tumbuhan dengan menggunakan 50% air bersih dan 50% air limbah domestik Politeknik Negeri Cilacap. Hari ke-11 sampai hari ke-15 aklimatisasi tumbuhan menggunakan 100% air limbah domestik Politeknik Negeri Cilacap. Kemudian, air limbah domestik dipindahkan dari tempat penampungan ke tempat pengolahan air limbah, lalu pengambilan sampel air limbah dilakukan pada hari ke-0 untuk uji pendahuluan.

Tahapan selanjutnya adalah pemilahan tumbuhan yang telah diaklimatisasi dengan kondisi fisik yang baik dan penimbangan berat tumbuhan yang digunakan seberat 600 gram.

Kemudian memindahkan tumbuhan pada tempat pengolahan air limbah domestik. Pada hari ke-15 dilakukan pengambilan sampel air limbah yang telah diolah untuk diuji analisis.

Metode Analisis

Analisis laboratorium pada parameter *Biological Oxygen Demand* (BOD) berdasarkan acuan SNI 6989.72-2009, parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD) dianalisis berdasarkan acuan SNI 6897.2-2019, dan parameter Amonia dianalisis berdasarkan acuan SNI 06-6989.30-2005.

Analisis data dilakukan dengan membandingkan hasil data sebelum pengolahan dan setelah dilakukan pengolahan kemudian menghitung nilai eektivitasnya. Nilai efektivitas didapatkan dari analisis data dengan melakukan perbandingan hasil data sebelum pengolahan dan setelah pengolahan menggunakan tanaman. Kemudian data hasil dianalisis secara deskriptif dan dibandingkan dengan baku mutu limbah domestik PP RI No. 22 Tahun 2021 kelas III.

Perhitungan nilai efektivitas:

$$\% \text{ Efektivitas} = \frac{(a-b)}{a} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

% Efektivitas : Efektivitas tumbuhan dalam menurunkan beban pencemar.

a : Nilai konsentrasi sebelum pengolahan parameter (BOD,COD, dan Amonia).

b : Nilai konsentrasi setelah pengolahan parameter (BOD, COD, dan Amonia).⁽²⁾

HASIL

Karakteristik Air Limbah Domestik

Pengujian karakteristik air limbah domestik Politeknik Negeri Cilacap dilakukan dengansampel air limbah sebelum pengolahan menggunakan kayu apu dan kangkung air. Berikut merupakan karakteristik air limbah domestik Politeknik Negeri Cilacap dengan baku mutu PP RI No. 22 tahun 2021 kelas III:

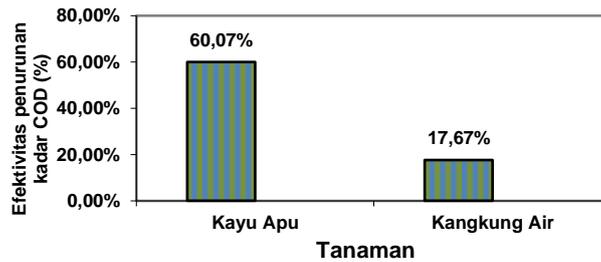
Tabel 1.
Karakteristik Air Limbah Domestik Politeknik Negeri Cilacap

Parameter	Konsentrasi (mg/L)	
	Baku Mutu	Hasil Uji Laboratorium
COD	40	28,3
BOD	6	5,9
Amonia	0,5	0,001

Hasil analisis dalam uji air limbah domestik berdasarkan data pada Tabel 1 tidak terdapat parameter yang melebihi baku mutu. Pada parameter BOD nilai hasil uji hampir mencapai batas baku mutunya. Namun demikian, tetap saja baik air limbah industri maupun rumah tangga perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan.

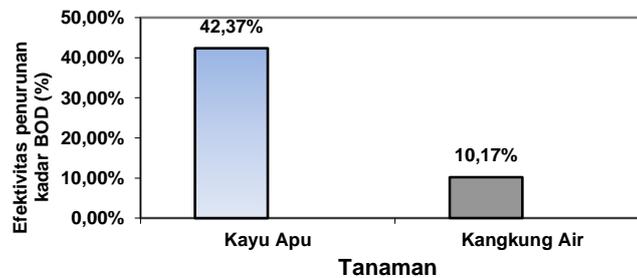
Parameter Kualitas Air

Pertama, penggunaan tanaman terhadap efektivitas penurunan kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD). Jumlah oksigen (mgO₂) pada COD yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik di dalam 1 liter sampel air, di mana pengoksidasi K₂CrO₇ digunakan sebagai sumber oksigen.⁽¹²⁾ Berdasarkan grafik 1, didapatkan hasil bahwa efektivitas penurunan kadar COD dengan tumbuhan kayu apu sebesar 11,3 mg/L dengan persentase 60,07% untuk menurunkan beban pencemar limbah domestik, sedangkan dengan tanaman kangkung air hanya menurunkan beban pencemar sebesar 23,3 mg/L dengan persentase sebesar 17,67%.



Gambar 2.
Hubungan Penggunaan Tanaman Terhadap Efektivitas Penurunan Kadar COD

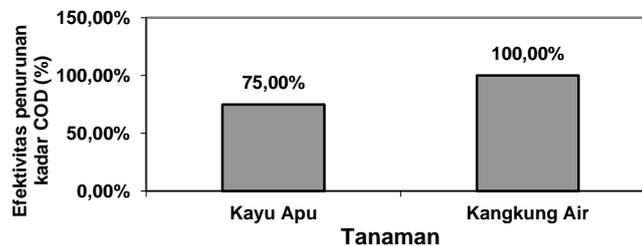
Kedua, penggunaan tanaman terhadap efektivitas penurunan kadar *Biological Oxygen Demand* (BOD). BOD merupakan kebutuhan oksigen biologis yang dibutuhkan mikroorganisme (biasanya bakteri) untuk memecah bahan organik secara aerobik.⁽¹³⁾ Berdasarkan grafik 2, didapatkan hasil fitoremediasi dalam menurunkan kadar BOD dengan tanaman kayu apu dan kangkung air. Tumbuhan kayu apu mampu menurunkan BOD pada hari ke-14 sebesar 3,4 mg/L dengan persentase 42,37 %. Sedangkan, tumbuhan kangkung air hanya mampu menurunkan sebesar 5,3 mg/L dengan persentase 10,17 % dalam menurunkan beban pencemar.



Gambar 3.
Hubungan Penggunaan Tanaman Terhadap Efektivitas Penurunan Kadar BOD

Di sini, terdapat hubungan penggunaan tanaman terhadap efektivitas penurunan kadar Amonia. Amonia merupakan bentuk nitrogen yang dimanfaatkan oleh tumbuhan pada proses fitoremediasi. Pada Grafik 3, didapatkan hasil fitoremediasi tanaman kayu apu dan kangkung air dalam menurunkan kadar Amonia. Tanaman kangkung air lebih mampu menurunkan kadar Amonia sebesar 100,00% dibandingkan dengan tanaman kayu apu.

Grafik 3.
Hubungan Penggunaan Tanaman Terhadap Efektivitas Penurunan Kadar Amonia



PEMBAHASAN

Parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Chemical Oxygen Demand (COD) merupakan total jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimiawi, baik didapatkan dengan didekomposisi secara biologis (*biodegradable*) maupun yang sukar terdekomposisi secara biologis (*non-*

biodegradable).⁽⁹⁾ Pada penelitian ini dalam menurunkan kadar COD dalam air limbah domestik Politeknik Negeri Cilacap dilakukan proses pengolahan dengan fitoremediasi menggunakan tanaman kayu apu dan kangkung air. Pengolahan dilakukan dengan 2 kali pengambilan sampel pada hari ke-0 dan hari ke-14.

Berdasarkan hasil analisis laboratorium, tanaman kayu apu lebih efektif dalam menurunkan kadar COD dalam air limbah domestik sebesar 11,3 mg/L dengan persentase 60,07%. Hal ini dapat disebabkan oleh semakin panjangnya akar tanaman kayu apu yang dapat menyisihkan nilai COD pada air limbah. Kayu apu dalam air akan menyerap logam berat langsung melalui akarnya yang mengandung fitokelatin atau senyawa pengkelat logam. Kemudian logam terlarut dalam limbah cair menembus membran sel di akar dan disimpan dalam vakuola, selanjutnya bergerak melewati selaput sel dan menuju daun.⁽¹⁴⁾ Tanaman kayu apu terdapat bakteri *rhizosfer* yang terletak pada akarnya, penguraian terhadap benda-benda organik dan benda anorganik dalam air limbah mampu dilakukan oleh mikroba tersebut.⁽¹⁵⁾ Bakteri ini secara aerobik akan memecah senyawa organik dalam air limbah menjadi senyawa yang lebih sederhana, selanjutnya senyawa tersebut diserap sebagai sumber nutrisi kayu apu. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Rahadian *et al.* (2017) yang memiliki hasil penelitian bahwa dalam 14 hari pengolahan air limbah *laundry* menggunakan kayu apu mampu menurunkan kadar COD terbaik pada hari ke-14 dengan efisiensi sebesar 72,67%.⁽¹⁶⁾

Parameter Biological Oxygen Demand (BOD)

Biological Oxygen Demand (BOD) merupakan senyawa oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme dalam mengoksidasi senyawa organik. Jumlah oksigen BOD yang ada di dalam air terdapat zat organik baik maupun tersuspensi yang diuraikan oleh bakteri. Semakin tinggi nilai BOD dalam air maka semakin besar kadar pencemarnya. Dalam menurunkan kadar BOD pada air limbah domestik Politeknik Negeri Cilacap menggunakan pengolahan fitoremediasi dengan tanaman kayu apu dan kangkung air. Pengolahan air limbah dilakukan selama 14 hari dengan pengambilan sampel sebanyak 2 kali pada hari ke-0 dan hari ke-14. Hasil analisis laboratorium menunjukkan hasil bahwa tanaman kayu apu lebih efektif dalam menurunkan kadar BOD pada air limbah domestik sebesar 3,4 mg/L dengan persentase 42,37%. Hal ini dapat disebabkan oleh proses rhizofiltrasi, yaitu penyerapan akar tanaman dan mengakumulasi zat kontaminan dari limbah. Selanjutnya, proses fitodegradasi, yaitu penguraian proses metabolisme pada kontaminan organik yang sudah terserap melalui akar, dan proses fitovolatilisasi yaitu merupakan penyerapan polutan oleh tanaman setelah proses fitodegradasi dan polutan ini dikeluarkan dalam bentuk uap air ke atmosfer.⁽¹⁷⁾ Penyisihan kadar BOD dapat disebabkan oleh bakteri pada tanaman kayu apu saat fase eksponensial, pertumbuhan mikroorganisme yang dapat meremoval zat organik secara optimal.⁽¹⁸⁾ Penurunan nilai BOD juga dapat disebabkan karena tanaman kayu apu menyuplai oksigen ke dalam air limbah dan juga menyerap hasil dekomposisi bahan organik. Banyaknya jumlah tanaman kayu apu juga memengaruhi penurunan kadar BOD karena dengan banyaknya tanaman maka suplai oksigen terlarut yang didapatkan dari hasil fotosintesis tanaman akan semakin banyak.⁽¹⁹⁾ Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa dalam 15 hari pengolahan limbah industri tahu dengan media fitoremediasi. Tanaman kayu apu mampu menurunkan kadar BOD dengan nilai efektivitas sebesar 80,7%.⁽⁷⁾

Parameter Amonia

Amonia memiliki sifat racun bagi kehidupan hewan akuatik sehingga dapat menyebabkan terganggunya peredaran darah, kerusakan pada kulit dan insang. Kadar amonia dalam air sangat dipengaruhi oleh suhu dan pH. Kandungan amonia dalam air terdiri dari amonia terionisasi (NH_4OH) dan amonia tidak terionisasi (NH_3) yang keduanya disebut Total Amonia Nitrogen (TAN). Sifat racun amonia tidak terionisasi lebih tinggi dari pada amonia terionisasi.⁽²⁰⁾ Dalam menurunkan kadar amonia, air limbah domestik Politeknik Negeri Cilacap diolah dengan sistem fitoremediasi dengan tanaman kayu apu dan kangkung air. Pengolahan air limbah ini berjalan selama 14 hari dengan 2 kali pengambilan sampel,

yaitu hari ke-0 dan hari ke-14. Berdasarkan hasil analisis laboratorium menunjukkan hasil fitoremediasi menggunakan tanaman kangkung air lebih efektif dibandingkan tanaman kayu apu. Tanaman kangkung dapat menurunkan kadar amonia dalam air limbah dari 0,001 mg/L menjadi 0 mg/L dengan efektivitas 100%. Hal ini disebabkan karena tanaman kangkung air dalam meremediasi air limbah domestik dibantu oleh mikroba *pseudomonas sp* yang terdapat pada akar kangkung air. Mikroba tersebut mampu menghasilkan zat pertumbuhan untuk kangkung air, menghambat nitrogen, dan melarutkan fosfor. Pembentukan sel baru memanfaatkan proses biosintesis penyerapan amonia menjadi amonium.⁽²¹⁾ Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan hasil penelitian bahwa dalam 15 hari pengolahan air limbah RSUD Kota Belitung menggunakan tanaman kangkung air mampu menurunkan kadar amonia sampai dengan 98,67%.⁽²¹⁾

KESIMPULAN

Pengolahan air limbah domestik Politeknik Negeri Cilacap dengan sistem fitoremediasi selama 14 hari menggunakan tanaman kayu apu lebih efektif dalam menurunkan konsentrasi kadar COD dan BOD dengan persentase 60,07 % dan 42,37%. Sedangkan, tanaman kangkung air lebih efektif dalam menurunkan kadar Amonia dengan persentase sebesar 100%.

DAFTAR PUSTAKA

1. Palilingan SC, Pungus M, Tumimomor F. Penggunaan Kombinasi Adsorben sebagai Media Filtrasi dalam Menurunkan Kadar Fosfat dan Amonia Air Limbah laundry. *Fullerene Journal of Chemistry*. 2019;4(2):48. <https://indochembull.com/index.php/fullerene/article/view/59>
2. Ningrum YD, Ghofar A, Haeruddin H. Efektifitas Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solm) sebagai Fitoremediator pada Limbah Cair Produksi Tahu *Effectiveness of Eceng Gondok (Eichhornia)*. *Journal Maquares*. 2020;9(2):97–106. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/maquares/article/view/27765>
3. Sidauruk L, Sipayung P. Fitoremediasi Lahan Tercemar di Kawasan Industri Medan Dengan Tanaman Hias *Jurnal Pertanian Tropik*. 2015;2(2):178-186. <https://jurnal.usu.ac.id/index.php/tropik/article/view/10908>
4. Mendrofa YC. Metode Fitoremediasi dalam Pengelolaan Tanah Tercemar Timbal (Pb) pada Lahan Bekas Tambang , Berdasarkan Literatur Review. Prosiding Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi XVI. 2021;356–61.
5. Sari RP, Irawanto R. Kajian Pengembangan Pembelajaran Menggunakan Riset Fitoremediasi. Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi. 2021;207–14.
6. Warisaura A, Fadlilah I, Prasetya A. Studi Stabilitas Sistem *Sub Surface Flow Constructed Wetland* (SSF-CW) Menggunakan Tanaman Melati Air dan Media Tanam Zeolit untuk Menurunkan Logam Hg. *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan*. 2019;1:17–27. <https://ejournal.pnc.ac.id/index.php/jppl/issue/view/6>
7. Rismawati D, Thohari I, Rochmalia F. Efektivitas Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.) dalam Menurunkan Kadar BOD5 dan COD Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal Penelitian Kesehatan*. 2020;11(2):186–90. <https://forikes-ejournal.com/index.php/SF/article/view/sf11219>
8. Saputro T. Keefektivan Metode Fitoremediasi dengan Pemanfaatan Tanaman Kayu Apu untuk Menurunkan Kadar Amoniak pada Limbah Cair Rumah Sakit Umum PKU Muhammadiyah Delanggu. Disertasi-S3 Universitas Muhammadiyah. Surakarta; 2016.
9. Maslinda. Efektivitas Penggunaan Tanaman Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*) Dalam Menurunkan Kadar Amonia (NH3) Dan COD (*Chemical Oxygen Demand*) Pada Limbah Cair Pabrik Tahu Di Lok Bahu Samarinda. Disertasi S-3 Universitas Mulawarman Vol. 1. Samarinda; 2021.
10. Istighfari S, Dermawan D, Mayangsari NE. Pemanfaatan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*)

- untuk Menurunkan Kadar BOD , COD , dan Fosfat pada Air Limbah Laundry. *Conference Proceeding on Waste Treatment Technology*. 2018;4(2):103–8.
11. Maslinda M, Sedionoto B. Efektivitas Tanaman Kangkung Air (*Ipomoea Aquatica*) Dalam Menurunkan Kadar Amonia Pada Limbah Cair Pabrik Tahu di Lok Bahu Samarinda. Prosiding Seminar Nasional Kesehatan Masyarakat Universitas Muhammadiyah Pontianak. 2022;1:1.
 12. Praja YH. Analisa Kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Total Suspended Solid* (TSS) Pada Limbah Cair dan Air Laut dengan Menggunakan Alat Spektrofotometri UV-Visible Karya Ilmiah. Disertasi-S3 Universitas Sumatra Utara. Malang; 2017.
 13. Santoso AD. Keragaan Nilai DO, BOD dan COD di Danau Bekas Tambang Batubara Studi Kasus pada Danau Sangatta North PT. KPC di Kalimantan Timur. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 2018;19(1):89–96. <https://ejurnal.bppt.go.id/index.php/JTL/article/view/2511>
 14. Roni KA. Pembuatan Biofilter dari Tumbuhan Fitoremediasi Apu Sebagai Media Penurunan Kadar COD Dan BOD Limbah Cair di Pertamina RU III PLAJU. *Jurnal Redoks*. 2020;5(2):78–86. <https://jurnal.univpgri-palembang.ac.id/index.php/redoks/article/view/4770/4436>
 15. Rubianti I, Amran A. Pemanfaatan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) untuk Mengukur Kadar Fosfat dan COD pada Limbah Cair. *Jurnal Sains dan Terapan*, 2022 Jan 3;1(1):1–7. <https://jurnal.jomparnd.com/index.php/js/article/view/11>
 16. Rahadian R, Sutrisno E, Sumiyati S. Efisiensi Penurunan COD dan TSS dengan Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*) Studi Kasus: Limbah Laundry. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 2017;6(3):1–8.
 17. Taurisna TL. Pemanfaatan Tanaman Kayu Apu (*Pistia Stratiotes L.*) untuk Menurunkan Kadar COD, BOD, TSS pada Limbah Cair Industri Tempe dengan Menggunakan Fitoremediasi Sistem *Batch.*, Disertasi S-3, UIN Sunan Ampel Surabaya. 2020.
 18. Rismawati D, Thohari I, Rochmalia F. Efektivitas Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*) dalam Menurunkan Kadar BOD5 dan COD Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal Penelitian Kesehatan "SUARA FORIKES" (Journal Heal Res "Forikes Voice")*. 2020;11(2):186. <https://forikes-ejournal.com/index.php/SF/article/view/sf11219>
 19. Sari SV, Narwati, Hermiyanti P. Pengaplikasian Kayu Apu (*Pistia stratiotes L*) dalam Menurunkan Kadar BOD, COD dan TSS pada Limbah Cair Laboratorium di RSUD Besuki Kabupaten Situbondo. *Jurnal Keperawatan Profesi*. 2020;8(1):26–39. <https://ejournal.unuja.ac.id/index.php/jkp/article/view/1019>
 20. Akbar LOMH, Gappar A, Christyanda DA. Konversi Kadar Amonia (NH3) dari Amonia Total (NH3-N) Menggunakan Alat Bantu Konversi Tanpa Data Salintas. *Buletin Teknik Litkayasa Akuakultur*. 2019;17(2):161–5. <http://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/btla/article/view/8603>
 21. Maddusa SS, Mandagi CKF. Efektivitas Tanaman Jirangau (*Acorus calamus*) dan Tanaman Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*) dalam Menurunkan Kadar Amoniak (NH3) Pada Limbah Cair. *Journal Bionature*. 2017;18 (1):8–14. <https://ojs.unm.ac.id/bionature/article/view/5581>