

Efektivitas Metode Fitoremediasi dengan Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*) terhadap Penurunan Kadar BOD dalam Limbah Domestik di Jakarta

Dodit Ardiatma¹⁾ Nur Ilman Ilyas¹⁾ Nadya Ulfani Sara¹⁾

¹⁾ Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Pelita Bangsa, Bekasi, Indonesia

E-mail : doditardiatma@pelitabangsa.ac.id

Abstrak

*Masalah pencemaran air yang terjadi di kota-kota besar seperti di Indonesia, khususnya di Jakarta saat ini telah menunjukkan gejala cukup serius dan harus segera mendapat penanganan. Penyebab pencemaran tidak hanya berasal dari buangan industri tetapi dapat berasal dari limbah domestik atau rumah tangga. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas metode fitoremediasi dengan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) terhadap penurunan kadar BOD, COD, TSS dan ammonia dalam limbah domestik di Jakarta. Tanaman kayu apu merupakan jenis gulma air yang sangat cepat tumbuh dan mudah untuk beradaptasi terhadap lingkungan baru. Tanaman pengganggu ini dapat dimanfaatkan untuk menyerap unsur-unsur toksis pada air limbah. Tumbuhan tersebut akan menyerap unsur-unsur hara yang larut dalam air melalui akar-akarnya. Penelitian ini diawali dengan pengambilan sampel limbah domestik yang berasal dari inlet IPAL MBBR PD PAL Jaya Jakarta. Kemudian selanjutnya ialah proses aklimatisasi tumbuhan, proses RFT, serta pengujian fitoreaktor dengan sirkulasi. Langkah terakhir yaitu menganalisis data hasil pengujian. Berdasarkan hasil pengujian laboratorium, pengolahan air limbah domestik menggunakan tanaman kayu apu dengan konsentrasi limbah 40% v/v dapat menurunkan kandungan BOD dengan efektifitas mencapai 90,2%.*

Kata Kunci: BOD, Fitoremediasi, Limbah Domestik, *Pistia stratiotes L*

Abstract

*The problem of water pollution that occurs in big cities such as in Indonesia, especially in Jakarta, now shows quite serious symptoms and needs to be treated immediately. The source of pollution is not only caused by industrial waste but can also be caused by domestic or household waste. This study aims to find out the effectiveness of phytoremediation methods using watercress (*Pistia stratiotes L.*) to reduce BOD, COD, TSS and ammonia levels in domestic waste in Jakarta. Watercress is a type of aquatic weed that is very fast growing and easy to adapt to new environments. This weed can be used to absorb toxic elements in waste water. Watercress will absorb nutrients that dissolve in water through the roots. This research started by taking samples of domestic waste from WWTP MBBR inlet PD PAL Jaya Jakarta. Then next is the plant adaptation process, the RFT process, and testing of the phytoreactor with circulation. The final step is to analyze the test result data. Based on the results of laboratory tests, domestic wastewater treatment using apu wood with a waste concentration of 40% v/v can reduce the BOD content with an effectiveness of up to 90,2%.*

Keywords: BOD, Domestic Waste, Phytoremediation, *Pistia stratiotes L*

1. PENDAHULUAN

Dalam kehidupan, air merupakan salah satu aspek penting. Semua makhluk hidup memerlukan air. Di Indonesia, air sangat melimpah hal ini karena Indonesia merupakan negara kepulauan. Namun, hal tersebut tidak dimanfaatkan dengan baik oleh masyarakat (Al Idrus, 2018). Sebaliknya, masyarakat kebanyakan menyalahgunakan kelebihan ini dengan mencemarinya. Pencemaran air adalah suatu perubahan keadaan ditempat penampungan air antara lain seperti danau, sungai, lautan, dan air tanah akibat aktivitas manusia (Easter et al., 2017).

Terjadinya masalah pencemaran di kota-kota besar seperti di Jakarta saat ini telah menunjukkan gejala cukup serius dan harus segera mendapat penanganan. Penyebab pencemaran tersebut tidak hanya berasal dari kegiatan industri, melainkan dapat berasal dari limbah domestik atau limbah yang berasal dari kegiatan rumah tangga (Yudo, 2001). Sumber utama timbulan air limbah domestik di Indonesia yaitu adanya pemakaian air yang berlebihan oleh aktivitas rumah tangga, industri atau perkantoran. Karakteristik utama dalam air limbah domestik yaitu berupa kadar pencemar seperti BOD, COD, padatan tersuspensi (TSS), amoniak (NH_3) dan sedikit minyak dan lemak (Al Kholif & Sugito, 2020).

Meningkatnya jumlah air limbah domestik yang tidak diimbangi dengan peningkatan badan air penerima baik dari aspek kapasitas maupun kualitasnya, menyebabkan jumlah air limbah yang masuk ke dalam badan air tersebut dapat melebihi daya tampung maupun daya dukungnya (Agus et al., 2011). Dinas Pekerjaan Umum (PU) DKI Jakarta dengan Tim JICA (1990) melakukan penelitian, hasilnya ialah jumlah unit air buangan dari buangan rumah tangga per orang per hari adalah 118 liter dengan konsentrasi BOD rata-rata 236 mg/l (Said, 2006).

Upaya yang harus dilakukan untuk mengurangi dampak pencemaran oleh air limbah adalah dengan menjaga buangan kualitas air limbah sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 68/Menlhk/Setjen/kum.1/8/2016. Dalam peraturan tersebut menyatakan bahwa setiap usaha dan atau kegiatan yang menghasilkan air limbah domestik, wajib mengolah air limbahnya. Dalam mencapai tujuan tersebut, pengolahan limbah

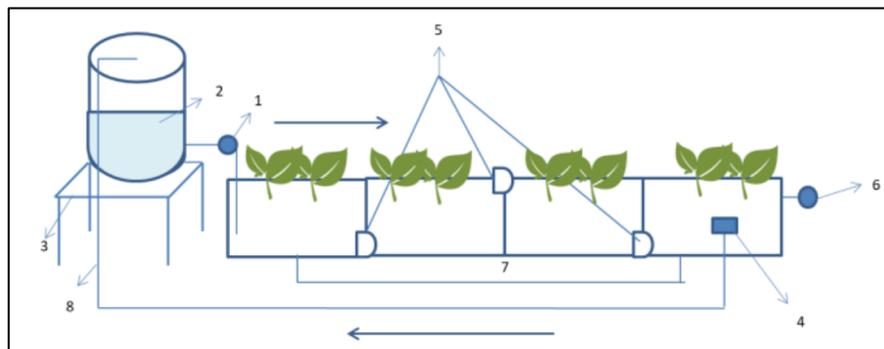
dengan prinsip ekologis sangat direkomendasikan mengingat karakteristik limbah domestik yang pada umumnya bersifat biodegradable. Salah satu alternatif sistem pengolahan air limbah tersebut adalah fitoremediasi. Fitoremediasi adalah pengubahan zat kontaminan berbahaya menjadi tidak berbahaya yang dilakukan oleh tanaman (Mangkoedihardjo, 2005). Dewasa ini, metode fitoremediasi menggunakan tanaman air mulai banyak digunakan untuk menurunkan berbagai kadar logam beracun dan zat organik. Tanaman air selain cukup mudah untuk didapatkan juga secara alami efektif dalam menyerap dan mengakumulasi berbagai logam beracun dan zat organik yang berada di dalam kandungan air (Rido dan Rudy, 2010).

Tanaman kayu apu merupakan tanaman air yang biasanya dianggap gulma oleh masyarakat karena populasinya yang tinggi. Tumbuhan tersebut di sisi lain dapat memberikan keuntungan bagi perairan yang tercemar. Tanaman kayu apu merupakan jenis gulma air yang sangat cepat tumbuh dan mudah untuk beradaptasi terhadap lingkungan baru (Tjitrosoepomo, 1981). Tanaman pengganggu ini dapat dimanfaatkan untuk menyerap unsur-unsur toksis pada air limbah. Tumbuhan tersebut akan menyerap unsur - unsur hara yang larut dalam air melalui akar-akarnya (Fachurozi, 2010). Pada penelitian terdahulu, tanaman kayu apu mampu menyisihkan BOD sebesar 98%, COD sebesar 96%, dan fosfat sebesar 99% (Raissa, 2017).

Berdasarkan hasil pengujian, limbah domestik yang berasal dari inlet PD PAL Jaya memiliki nilai TSS sebesar 90,4 mg/L, BOD sebesar 372 mg/L, COD sebesar 1242 mg/L, dan Ammonia sebesar 8,34 mg/L, dengan demikian dapat disimpulkan bahwa parameter tersebut melebihi baku mutu air limbah domestik menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.68/Menlhk/Setjen/kum.1/8/2016. Berdasarkan latar belakang tersebut, perlu dilakukan penelitian tentang Efektivitas Metode Fitoremediasi dengan Tanaman Kayu Apu terhadap Penurunan Kadar BOD, COD, TSS dan Ammonia dalam Limbah Domestik di Jakarta.

2. METODE PENELITIAN

Fitoreaktor dengan sirkulasi dibuat menggunakan bahan dari kaca bening dengan dimensi panjang 160 cm, lebar 30 cm, tinggi 30 cm. Panjang fitoreaktor ini selanjutnya dibagi menjadi empat ruang dan diberi sekat. Sekat terbuat dari kaca dan diberi lubang sirkulasi setengah lingkaran dengan diameter 5 cm. Kotak pertama diberi lubang sirkulasi dibawah, kotak kedua diberi lubang sirkulasi dibagian atas, dan kotak ketiga diberi lubang dibagian bawah. Tujuan lubang sirkulasi dibuat secara berselang-seling ialah agar air dapat mengalir dari bawah dan atas akuarium sehingga air limbah dapat disebarakan secara merata dan juga terjadi sirkulasi. Selain itu, fungsi lubang sirkulasi ialah untuk mencegah stratifikasi termal. Drum penampung dibuat dari bahan plastik karena tahan karat, tahan perubahan suhu serta lebih murah dari bahan aluminium. Untuk mengeluarkan limbah ditempatkan pipa PVC yang disambung dengan keran outlet. Lubang sirkulasi dibuat dari sekat kaca yang diberi lubang setengah lingkaran dengan diameter 5 cm pada bagian bawah atau atas dari bak reaktor seperti pada Gambar 1. Rangkaian komponen fitoreaktor dengan sirkulasi beserta bagian-bagiannya dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian Komponen Fitoreaktor dengan Sirkulasi

Keterangan:

1. Selang menuju bak reaktor
2. Drum penampung limbah
3. Tanaman kayu apu
4. Pompa akuarium
5. Lubang sirkulasi

6. Kran outlet
7. Reaktor kaca
8. Selang menuju bak penampung akhir

Bahan-bahan yang diperlukan dalam penelitian ini meliputi limbah domestik yang berasal dari *influent* IPAL MBBR Setiabudi, PD PAL Jaya Jakarta, serta tanaman kayu apu.

2.1. Pengambilan Sampel Limbah

Limbah yang digunakan pada penelitian ini adalah air limbah domestik yang berasal dari IPAL MBBR Setiabudi, PD PAL Jaya. Air limbah domestik diambil dengan metode grab sampling yaitu pengambilan sampling satu titik dan dilakukan dalam satu waktu secara bersamaan (Effendi, 2003). Proses pengambilan sampel diambil pada *influent* IPAL MBBR Setiabudi, PD PAL Jaya. Pengujian limbah domestik dilakukan untuk mengetahui kandungan yang terdapat pada air limbah sesuai dengan baku mutu air limbah domestik Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016.

2.2. Aklimatisasi Tanaman Kayu Apu

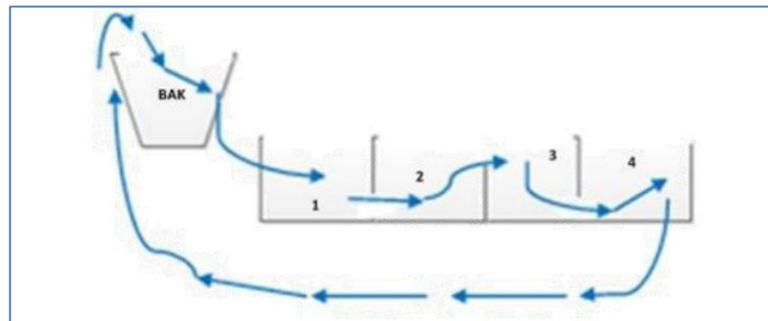
Sebelum penelitian dilakukan maka terlebih dahulu dilakukan aklimatisasi sebagai upaya penyesuaian tanaman kayu apu terhadap lingkungan yang berbeda. Tujuan tahap ini adalah didapatkan tanaman kayu apu yang telah beradaptasi pada media yang akan digunakan pada *Range Finding Test* (RFT) dan uji fitoremediasi (Ni'ma et al., 2014). Tanaman kayu apu yang sesuai dengan kriteria analisis tumbuhan akan diambil untuk penelitian. Aklimatisasi bertujuan untuk mendapatkan hasil yang optimal terhadap penyerapan zat organik yang dilakukan oleh akar tanaman. Tahap aklimatisasi ini dilakukan sebagai upaya penyesuaian fisiologis dari tanaman kayu apu terhadap lingkungan baru yang akan dimasukinya. Menurut Ramadhan et al. (2017) aklimatisasi dilakukan dengan mencampurkan air limbah dengan air bersih, kemudian dimasukkan ke dalam reaktor fitoremediasi yang berisi tanaman kayu apu, lalu pada tahapan ini dilakukan selama 3 hari.

2.3. Tahapan *Range Finding Test* (RFT)

Pada range finding test ini dilakukan variasi konsentrasi untuk mengetahui batas kritis konsentrasi. Pada tahap ini, yang harus dipersiapkan ialah limbah domestik dengan 5 variasi konsentrasi yaitu 10%, 20%, 40%, 60%, dan 80%. Tumbuhan yang digunakan pada tahap ini yaitu tumbuhan hasil dari tahap aklimatisasi sebelumnya. Konsentrasi limbah yang tidak menyebabkan kematian pada tanaman kayu apu yang akan dilakukan pengamatan parameter BOD dilakukan setiap hari selama 7 hari dengan pengambilan sampel dilakukan pada sore hari.

2.4. Mekanisme Pengolahan Limbah Domestik

Limbah domestik mengalir melalui bak penampungan kemudian mengalir ke dalam beberapa kotak yang berisi tanaman kayu apu, selanjutnya di kotak yang ke-4 (terakhir) limbah domestik kembali mengalir ke dalam bak penampungan begitu seterusnya sehingga terjadi sirkulasi. Sirkulasi aliran limbah domestik dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Sirkulasi Aliran Limbah Domestik

Aliran limbah domestik dimulai dari bak penampungan kemudian mengalir dengan adanya gravitasi dan bantuan pompa. Selanjutnya, aliran limbah ini masuk ke dalam kotak 1 dan kemudian masuk ke lubang sirkulasi yang ada di bawah kotak 1 dengan kotak 2. Setelah kotak 1 dan kotak 2 penuh, limbah domestik mengalir karena ada limpasan dari lubang sirkulasi yang berbentuk setengah lingkaran dari kotak 2 ke kotak 3. Saat kotak 3 terisi limbah domestik maka secara otomatis kotak 4 juga terisi limbah karena antara kotak 3 dan kotak 4 terdapat lubang sirkulasi. Lalu ketika kotak 4 terisi maka limbah akan dialirkan dengan bantuan pompa ke atas bak penampungan awal limbah dan tersirkulasi kembali.

Sebelum memulai penelitian mengenai pengolahan limbah domestik, sistem sirkulasi pada proses fitoremediasi dilakukan perancangan alat terlebih dahulu. Perancangan alat ini dilakukan untuk mengetahui atau memudahkan mengukur efisiensi pemberian sirkulasi pada fitoreaktor. Hasil perancangan fitoreaktor terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil Perancangan Fitoreaktor Pengolahan Limbah Cair Domestik

Fitoreaktor pengolah limbah domestik ini terbuat dari kaca bening dengan dimensi panjang 160 cm, lebar 30 cm, tinggi 30 cm dan dilengkapi dengan sistem sirkulasi.

2.5. Analisis Data

Data hasil pengolahan limbah dengan fitoremediasi yang telah dilakukan kemudian dihitung efektivitas penurunan konsentrasi BOD pada limbah domestik. Secara deskriptif pengolahan data menggunakan excel kemudian ditampilkan dalam bentuk diagram batang. Menganalisis efektivitas pengolahan limbah domestik DKI Jakarta dengan menggunakan rumus berikut:

$$E = \frac{S_0 - S_1}{S_0} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

E = Efisiensi (%)

S_0 = Konsentrasi Influent (mg/L)

S_1 = Konsentrasi Effluent (g/L)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Uji Karakteristik Limbah

Hasil uji karakteristik air limbah domestik dari sampel yang diambil di IPAL MBBR Setiabudi, PD PAL Jaya dengan metode grab sampling dapat dilihat pada Tabel 1.

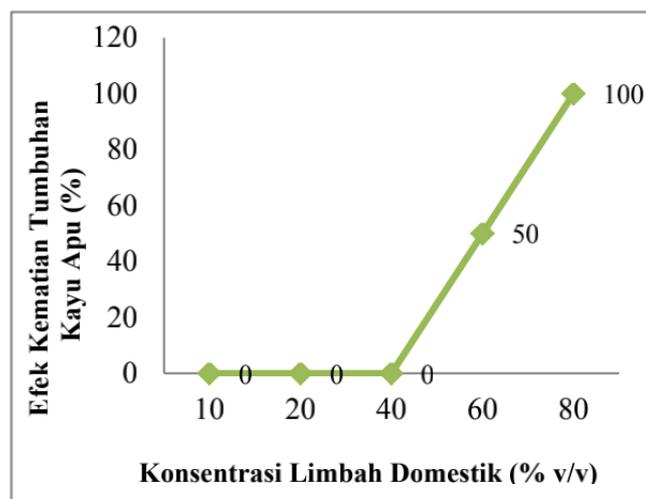
Tabel 1. Hasil Pengujian Karakteristik Air Limbah Domestik

No.	Parameter	Satuan	Baku Mutu*	Hasil Uji
1	TSS	mg/L	30	90,4
2	BOD	mg/L	30	372
3	COD	mg/L	100	1242
4	Amonia	mg/L	10	8,24

*Sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016

3.2 Tahapan Range Finding Test (RFT)

Hasil pengamatan pada tahapan *Range Finding Test* tumbuhan kayu apu dapat dilihat pada Gambar 4.

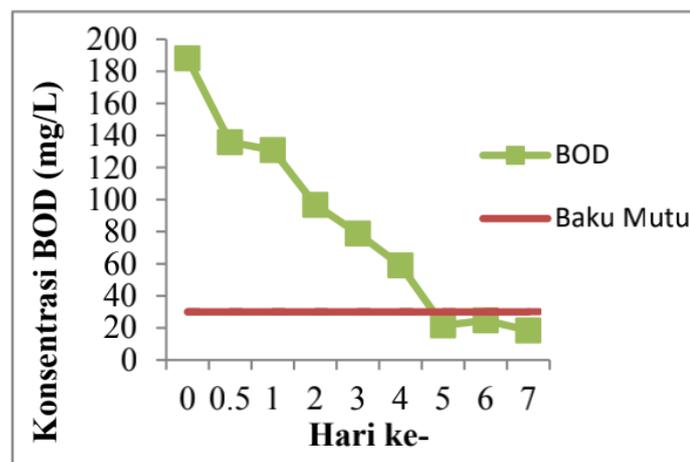


Gambar 4. Hasil Pengamatan Tahap *Range Finding Test*

Berdasarkan pengamatan pada grafik diatas, dapat dilihat bahwa presentase efek kematian pada tumbuhan kayu apu meningkat seiring bertambahnya konsentrasi limbah. Pada konsentrasi limbah 10%, 20% dan 40% menunjukkan persentase kematian pada tumbuhan kayu apu sebesar 0%,. Tumbuhan kayu apu tidak mengalami kematian pada konsentrasi limbah 10%, 20% dan 40% sehingga konsentrasi yang digunakan pada tahap selanjutnya yaitu kosentrasi paling tinggi yaitu pada konsentrasi 40%. Tumbuhan kayu apu mengalami efek kematian pada konsentrasi limbah 60% yaitu dengan persentase efek kematian sebesar 50% dan pada konsentrasi limbah 80% dengan persentase efek kematian sebesar 100%. Penyebab tumbuhan kayu apu tidak dapat bertahan pada konsentrasi 60% dan 80% ialah karena tingginya kandungan zat pencemar yang terdapat dalam limbah sehingga tumbuhan kayu apu mengalami kematian.

3.3 Hasil Pengujian *Biological Oxygen Demand* (BOD)

Proses pengujian BOD dilakukan dengan uji laboratorium secara kuantitatif terhadap konsentrasi limbah optimum yaitu pada konsentrasi 40% v/v. Hasil pengujian BOD pada konsentrasi limbah 40% v/v digambarkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Hasil Pengujian BOD

Gambar di atas menunjukkan grafik hasil pengujian BOD pada hari ke-0 hingga hari ke tujuh. Kandungan BOD awal sebelum pengolahan ialah sebesar 372 mg/L. Pada hari ke-0 hasil pengujian BOD ialah sebesar 188 mg/L. Kemudian mengalami penurunan pada jam ke-12 atau hari ke-0,5 menjadi sebesar 136 mg/L. Lalu, hasil

pengujian BOD terus mengalami penurunan dari hari ke-dua hingga hari ke lima masing-masing hasilnya sebesar 97 mg/L; 79 mg/L; 59 mg/L dan 21 mg/L. Namun, pada hari ke-enam mengalami kenaikan konsentrasi BOD yaitu menjadi sebesar 25 mg/L. Hal ini disebabkan karena pada hari ke enam, peneliti melakukan pengambilan sampel pada malam hari sedangkan hari sebelumnya pada sore hari. Raissa (2017) melakukan penelitian fitoremediasi pada waktu terang dan gelap dengan kerapatan tumbuhan kayu apu 35 mg/cm² di hari ke-5 menghasilkan konsentrasi BOD pada waktu gelap lebih tinggi dibandingkan dengan pada waktu terang yaitu pada waktu gelap sebesar 100 mg/L sedangkan pada waktu terang sebesar 95 mg/L. Perbedaan hasil konsentrasi pada waktu gelap dan terang terjadi karena proses fotosintesis memerlukan bantuan sinar matahari. Lalu pada hari ke-tujuh hasil konsentrasi BOD mengalami penurunan kembali yaitu dari 25 mg/L menjadi sebesar 18 mg/L. Hasil pengujian BOD setelah dilakukan pengolahan dengan metode fitoremediasi kemudian dibandingkan dengan baku mutu lingkungan hidup Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68/Menlhk/Setjen/kum.1/8/2016, dimana untuk parameter BOD memiliki baku mutu sebesar 30 mg/L. Hasil pengujian BOD pada hari ke-tujuh telah memenuhi baku mutu tersebut. Penelitian yang dilakukan oleh Widya, et al. (2014) mampu menurunkan kandungan COD, BOD, dan Warna dengan efektivitas masing-masing sebesar 97,96%, 95,91%, dan 95, 60% pada limbah cair batik menggunakan metode fitoremediasi dengan tanaman kayu apu.

3.4 Efektifitas Penurunan Konsentrasi

Limbah Domestik Proses pengolahan data dalam penelitian ini yaitu dengan membandingkan konsentrasi awal hari ke-0 terhadap konsentrasi akhir hingga hari ke-7 untuk setiap parameter. Berikut ini hasil perhitungan efektivitas penurunan konsentrasi limbah domestik untuk setiap parameter dituangkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Efektifitas Penurunan Konsentrasi Limbah Domestik

Hari Ke-	Efektifias BOD (%)
0	0
0,5	27,8
1	30,4
2	48,6
3	58,1
4	68,6
5	88,6
6	86,9
7	90,2

Tabel di atas merupakan hasil perhitungan efektifitas tanaman kayu apu terhadap penurunan konsentrasi limbah domestik di Jakarta. Berdasarkan tabel 2 diatas, dapat dilihat bahwa pada konsentrasi limbah 40%, mampu menurunkan parameter BOD pada hari ke-tujuh dengan efektifitas sebesar 90,2%.

4. KESIMPULAN

Pengolahan air limbah domestik menggunakan tanaman kayu apu dengan konsentrasi limbah 40% v/v dapat menurunkan kandungan BOD dengan efektifitas mencapai 90,2%. Waktu kontak yang efektif dalam menurunkan kandungan BOD yaitu pada hari ke-tujuh dengan efektifitas sebesar 90,2%.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, U, M., Baiquni, M., & Ritohardoyo, S. (2011). Peran masyarakat dan pemerintah dalam pengelolaan air limbah domestik di wilayah Ternate Tengah. *Majalah Geografi Indonesia*, 25(1), 42–54.
- Al Idrus, S, W. (2018). Analisis kadar karbon dioksida di Sungai Ampenan Lombok. *Jurnal Pijar MIPA*, 13(2), 167–170.
- Al Kholif, M., Sugito, S. (2020). Penyisihan kadar amoniak pada limbah cair domestik dengan menggunakan sistem constructed wetland biorack. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 6(1), 25–33.
- Easter, B., Yulianti, L. I. M., & Jati, A. W. N. J. (2017). Kemampuan kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) dalam meremediasi air tercemar logam berat (Fe). *Universitas Atma Jaya Yogyakarta*, 2(4), 1–9.

- Effendi, H. (2003). Telaah kualitas air: Bagi pengelolaan sumber daya alam dan lingkungan perairan. Yogyakarta: Kanisius.
- Fachrurozi, M., Utami, L, B., & Suryani, D. (2010). Pengaruh variasi biomassa *Pistia stratiotes* L terhadap penurunan kadar BOD, COD, dan TSS limbah cair tahu di Dusun Klero Sleman Yogyakarta. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 4(1), 1–75.
- Mangkoedihardjo, S. (2005). Fitoteknologi dan ekotoksikologi dalam desain operasi pengomposan sampah. *Seminar Nasional Teknologi Lingkungan III ITS*, 27.
- Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (2016). Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutan tentang Air Limbah Nomor 68.
- Ni'ma, N., Widyorini, N., & Ruswahyuni. (2014). Kemampuan apu-apu (*Pistia* sp) sebagai bioremediator limbah pabrik pengolahan hasil perikanan (skala laboratorium). *Management of Aquatic Resources Journal (Maquares)*, 3(4), 257–264.
- Raissa, D. G. (2017). Fitoremediasi air yang tercemar limbah laundry dengan menggunakan kayu apu (*Pistia stratiotes*). *Jurnal Teknik ITS*, 6(2).
- Ramadhan, A. F., Sutrisno, E., & Sumiyati, S. (2017). Efisiensi penyisihan BOD dan phospat pada air limbah pencucian pakaian (laundry) dengan menggunakan fitoremediasi tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes* L). *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(3), 1–11.
- Rido, W., & Rudy, L. (2013). Penggunaan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) untuk pengolahan air limbah laundry secara fitoremidiasi. *Envirotek: Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 5(2), 60–64.
- Said, N. I. (2006). Pengelolaan air limbah domestik di DKI Jakarta. *Jurnal Air Indonesia*, 2(2), 169–177.
- Tjitrosoepomo, G. (1981). Penelitian gulma air, Waduk Sempor (daerah saluran induk Sempor Timur). Direktorat Jenderal Perairan Pembangunan Kedu Selatan. Departemen Pekerjaan Umum.

- Widya, C., Zaman, B., & Syafrudin. (2014). Pengaruh waktu tinggal dan jumlah kayu apu (*Pistia stratiotes* L) terhadap penurunan konsentrasi BOD, COD, dan warna [Doctoral dissertation, Diponegoro University].
- Yudo, S., Said, N, I. (2001). Masalah pencemaran air di Jakarta, sumber dan alternatif penanggulangannya. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 2(2), 199–206.