

Efektifitas Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) dan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) untuk Fitoremediasi Limbah Rumah Tangga di Kelurahan Tungkal II, Kecamatan Tungkal Ilir, Kab. Tanjung Jabung Barat, Jambi

Eldera Noflyza Warnas^{1*}, Fuad Muhammad^{1,2,3}, dan Endah Dwi Hastuti^{1,3}

¹Magister Biologi, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Indonesia; e-mail: eldera.nw@gmail.com

²Magister Ilmu Lingkungan, Sekolah Pascasarjana, Universitas Diponegoro, Indonesia

³Departemen Biologi, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Indonesia

ABSTRAK

Air limbah yang berasal dari kegiatan rumah tangga yang dibuang ke sungai akan mengakibatkan kerusakan serius pada badan air seperti mengendapnya polutan, kurang optimalnya penetrasi cahaya matahari dan bahan organik yang mempengaruhi jumlah oksigen, sehingga menyebabkan terganggunya ekosistem perairan. Pengolahan limbah dapat dilakukan secara biologis dengan memanfaatkan tanaman yang dinamakan fitoremediasi. *Pistia stratiotes* dan *Eichhornia crassipes* dapat digunakan sebagai tanaman fitoremediator. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektifitas penyerapan limbah rumah tangga dengan menggunakan tanaman kayu apu dan eceng gondok. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan dua faktor. Faktor pertama adalah perbedaan spesies (T1=Kayu apu dan T2 = Eceng gondok) dan kerapatan tanaman (K1= 3 individu, K2 = 6 individu, K3 = 9 individu). Parameter kualitas air yang diamati adalah pH, salinitas, BOD, COD, DO, TSS dan ammonia. Penelitian dilakukan selama 21 hari dimana parameter pH dan salinitas diukur pada hari ke 0, hari ke 7, hari ke 14 dan hari ke 21. Sementara parameter BOD, COD, DO, TSS dan ammonia diuji pada hari ke 0 dan hari ke 21. Parameter-parameter tersebut akan diuji efisiensinya menggunakan rumus efisiensi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Pistia stratiotes* mampu menurunkan nilai BOD, COD pada kerapatan tertinggi yaitu 9 individu (K3). Efisiensi penurunan DO tertinggi dihasilkan oleh perlakuan *Pistia* pada kerapatan 3 individu (K1). Nilai efisiensi penurunan DO tertinggi pada *Eichhornia crassipes* ditemukan pada perlakuan kerapatan 6 individu (K2). Nilai efisiensi penurunan ammonia tertinggi ditemukan pada perlakuan kerapatan 3 individu (K1) baik pada *Pistia stratiotes* maupun *Eichhornia crassipes*.

Kata kunci: efektifitas, fitoremediasi, limbah rumah tangga, *Pistia stratiotes*, *Eichhornia crassipes*

ABSTRACT

Wastewater from household activities discharged into rivers can cause significant harm to aquatic ecosystems. It leads to pollutant accumulation, reduced sunlight penetration, and depletion of oxygen due to increased organic matter, all of which disrupt aquatic life. One method of sewage treatment is phytoremediation, a biological approach using plants. *Pistia stratiotes* and *Eichhornia crassipes* are two species commonly used as phytoremediators. This study aims to evaluate the effectiveness of these plants in absorbing household wastewater. The experiment followed a completely randomized design (CRD) with two factors: plant species (T1 = *Pistia stratiotes*, T2 = *Eichhornia crassipes*) and plant density (K1 = 3 individuals, K2 = 6 individuals, K3 = 9 individuals). Water quality parameters observed included pH, salinity, BOD, COD, DO, TSS, and ammonia. The study spanned 21 days, with pH and salinity measured on days 0, 7, 14, and 21, and BOD, COD, DO, TSS, and ammonia measured on days 0 and 21. The efficiency of each parameter was calculated using an efficiency formula. The results indicated that *Pistia stratiotes* effectively reduced BOD and COD at the highest density (K3). The greatest DO reduction efficiency for *Pistia stratiotes* was observed at the lowest density (K1), while for *Eichhornia crassipes*, it occurred at the medium density (K2). The highest ammonia reduction efficiency for both species was found at the lowest density (K1).

Keywords: effectiveness, phytoremediation, household effluent, *Pistia stratiotes*, *Eichhornia crassipes*

Citation: Warnas, E. N. Muhammad, F., dan Hastuti, E. D. (2025). Efektifitas Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) dan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) untuk Fitoremediasi Limbah Rumah Tangga di Kelurahan Tungkal II, Kecamatan Tungkal Ilir, Kab. Tanjung Jabung Barat, Jambi. Jurnal Ilmu Lingkungan, 23(6), 1474-1478, doi:10.14710/jil.23.6.1474-1478

1. PENDAHULUAN

Kelurahan Tungkal II merupakan salah satu kelurahan yang berada di Kecamatan Tungkal Ilir, Kabupaten Tanjung Jabug Barat, Jambi. Kelurahan Tungkal II dengan luas area sebesar 16,52 km² (16,84%) merupakan kelurahan dengan jumlah penduduk tertinggi di Kecamatan Tungkal Ilir, Kab. Tanjung Jabung Barat. Jumlah penduduk pada kelurahan Tungkal II yaitu sebesar 13.200 jiwa (BPS, 2022). Jumlah penduduk juga mengalami peningkatan dalam 10 tahun terakhir (2010-2020) yaitu sebesar 1,15 % (BPS, 2021).

Air merupakan kebutuhan utama bagi proses kehidupan sehingga perlu diperhatikan bagaimana kualitasnya dan memastikan air terhindar dari pencemaran (Dharwal *et al.*, 2020). Pencemaran perairan berasal dari dua sumber yaitu pencemaran domestik dan pencemaran industri. Pencemaran domestik merupakan pencemaran yang berasal dari limbah rumah tangga baik dalam bentuk limbah padat maupun limbah cair (Kemenlhk, 2017).

Air limbah yang berasal dari kegiatan rumah tangga yang dibuang ke sungai akan mengakibatkan kerusakan serius pada badan air seperti mengendapnya polutan, kurang optimalnya cahaya matahari dan bahan organiknya mempengaruhi jumlah oksigen, sehingga menyebabkan terganggunya ekosistem perairan (Arum *et al.*, 2019; Sela *et al.*, 2020; Wan and Wang, 2021; Priyadarshini *et al.*, 2022). Senyawa organik dan senyawa anorganik dari limbah dapat menimbulkan resiko bagi kesehatan manusia seperti reaksi alergi pada kulit, kerusakan ginjal, atau bahkan menyebabkan kanker (Khan *et al.*, 2022).

Pengolahan limbah secara biologi yang memanfaatkan tumbuhan air untuk memperbaiki kualitas air dinamakan fitoremediasi. Fitoremediasi merupakan penggunaan tumbuhan untuk menghilangkan, memindahkan, menstabilkan dan menghancurkan bahan pencemar, baik senyawa organik maupun anorganik (Nirmala, dkk., 2016). Fitoremediasi erat kaitannya dengan sistem perakaran pada tanaman, yang mana akar akan menyerap air, nutrisi dan zat berbahaya dalam waktu bersamaan guna mencegah toksisitas (Corami, 2020; Khan *et al.*, 2022). Oleh karena itu, fitoremediasi membutuhkan beberapa karakteristik tanaman agar efektifitas penyerapan kontaminan berjalan dengan optimal.

Makrofita yang mengambang bebas, tergenang dan tenggelam telah banyak digunakan sebagai agen remediasi di perairan. Diantara makrofita tersebut, makrofita yang mengambang bebas menunjukkan kemampuan yang baik dalam mengakumulasi kontaminan, diikuti oleh makrofita tergenang dan tenggelam (Ansari *et al.*, 2020; Corami, 2020). Kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) adalah jenis makrofita digunakan untuk fitoremediasi karena spesies tanaman air ini mudah ditemukan, memiliki potensi bioakumulasi yang

besar, ketahanan terhadap lingkungan yang tercemar, dan mekanisme invasif (Eksperusi *et al.*, 2019).

Indikator pencemaran air dapat diketahui dengan adanya perubahan yang dapat diamati secara fisika, kimia dan biologis (Hamzah, dkk., 2019). Kualitas suatu perairan dapat ditentukan oleh parameter fisika, kimia dan biologi. Parameter yang akan diuji pada penelitian ini adalah salinitas, pH, BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), DO (*Dissolved Oxygen*), TSS (*Total Suspended Solid*) dan ammonia. Proses penelitian yang dilakukan yaitu pengujian parameter pencemaran, pengamatan morfologi kayu apu dan berat basah tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektifitas penyerapan limbah rumah tangga dari tanaman kayu apu dan eceng gondok.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Kelurahan Tungkal II, Kec. Tungkal Ilir, Kab. Tanjung Jabung Barat, Jambi pada bulan Januari – April 2023. Pengukuran salinitas dan pH dilakukan di Kelurahan Tungkal II, Jambi pada hari ke 0, hari ke 7, hari ke 14 dan hari ke 21. Pengujian parameter BOD, COD, DO, TSS dan Ammonia dilaksanakan di Laboratorium PT. Jambi Lestari Internasional pada hari ke 0 dan hari ke 21.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan dua faktor yaitu perbedaan spesies tanaman dan kerapatan tanaman (3 individu/K1, 6 individu/K2, dan 9 individu/K3). Tanaman yang digunakan pada penelitian ini adalah *P. stratiotes* (T1) dan *E. crassipes* (T2). Setiap perlakuan masing-masing diulang sebanyak 3 kali.

Tahapan penelitian dimulai dengan penentuan titik sampling pengambilan air limbah. Penentuan titik sampling dipilih menggunakan metode *purposive sampling* dimana lokasi stasiun pengamatan didasarkan pada kegiatan masyarakat yang memberikan pengaruh terhadap pencemaran perairan yang disebabkan oleh limbah rumah tangga. Tahap selanjutnya menyiapkan dan mengaklimatisasi tanaman selama 7 hari. Selanjutnya tanaman dipindahkan pada wadah yang telah diisi air limbah. Pengamatan dilakukan selama 21 hari.

Parameter yang diamati akan diuji tingkat efisiensinya menggunakan rumus berikut:

$$\text{Efisiensi (\%)} = \frac{(\text{Kadar awal} - \text{Kadar akhir})}{\text{Kadar awal}} \times 100\%$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengujian Parameter

Hasil pengujian parameter limbah rumah tangga menunjukkan beberapa nilai parameter masih melebihi nilai baku mutu yang tertuang pada PP nomor 22 tahun 2021. Pengujian pada *Pistia stratiotes* dan *Eichhornia crassipes* menunjukkan bahwa hampir semua parameter mempunyai nilai yang lebih tinggi dari baku mutu yang telah ditetapkan (Tabel 1 dan Tabel 2).

Tabel 1. Parameter Kualitas Air Limbah setelah Perlakuan *Pistia stratiotes*

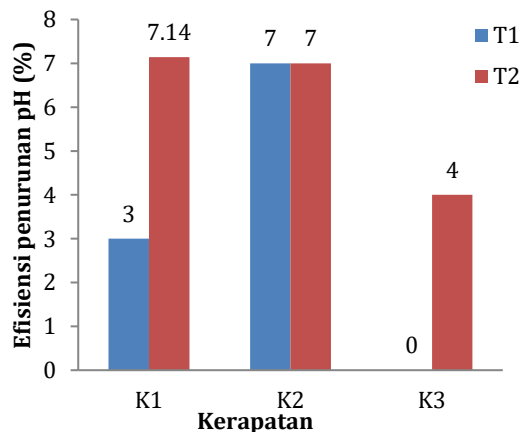
Parameter	Satuan	Nilai pada kerapatan			Baku mutu
		K1	K2	K3	
pH	-	7	7	7	6-9
Salinitas	‰	4	4	4	-
BOD	mg/L	27,5	23,9	24,9	3
COD	mg/L	88,3	79,1	81,8	25
DO	mg/L	6,7	6,6	6,4	4
TSS	mg/L	87,6	92,6	92,6	50
Ammonia	mg/L	0,77	0,43	0,49	0,2

Tabel 2. Parameter Kualitas Air Limbah setelah Perlakuan *Eichhornia crassipes*

Parameter	Satuan	Nilai pada kerapatan			Baku mutu
		K1	K2	K3	
pH	-	7	7	7	6-9
Salinitas	‰	4	4	4	-
BOD	mg/L	24,2	25,5	25,1	3
COD	mg/L	63,8	85,6	83,9	25
DO	mg/L	6,2	6,2	6,0	4
TSS	mg/L	91,8	91	97,4	50
Ammonia	mg/L	0,5	0,39	0,27	0,2

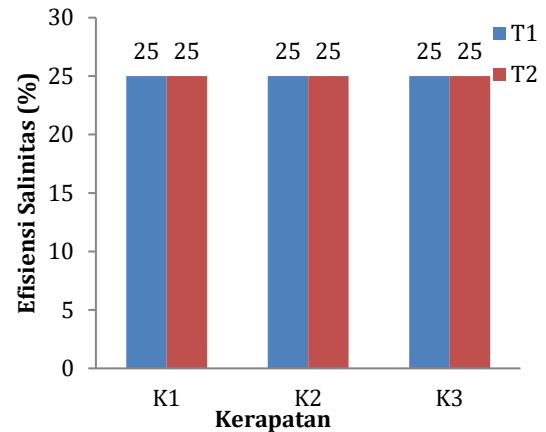
3.2. Efektifitas Fitoremediasi Air Limbah

Efisiensi penurunan pH tertinggi terdapat pada *Eichhornia crassipes* (T2) dengan kerapatan 3 individu (K1) yaitu sebesar 7,14%. Sementara pada *Pistia stratiotes* (T1) efisiensi tertinggi terdapat pada kerapatan 6 individu (K2) sebesar 7% (Gambar 1).

**Gambar 1.** Efisiensi Penurunan pH pada Perlakuan *Pistia stratiotes* dan *Eichhornia crassipes*

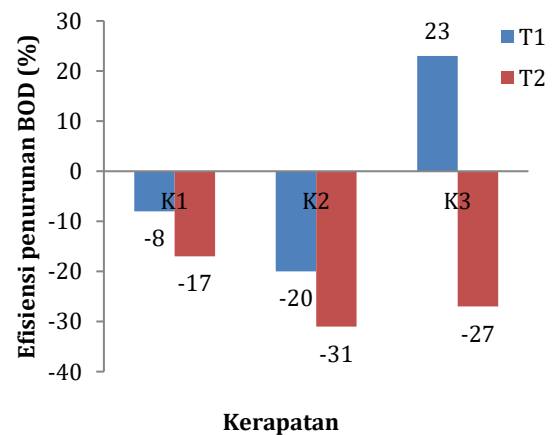
pH juga dapat mempengaruhi kehidupan bakteri dan ketersediaan kontaminan lain dalam air. Secara umum, pH yang sangat tinggi atau sangat rendah dapat mempengaruhi kualitas air (Saalidong *et al.*, 2022). Umumnya penurunan pH selama proses fitoremediasi disebabkan adanya interaksi antara proses biologis dan kimiawi yang terjadi di perairan. Penurunan nilai pH dapat disebabkan karena tanaman mengalami pembusukan (As'ari, dkk., 2022).

Efisiensi penurunan salinitas pada semua perlakuan menunjukkan nilai yang sama yaitu sebesar 25% (Gambar 2).

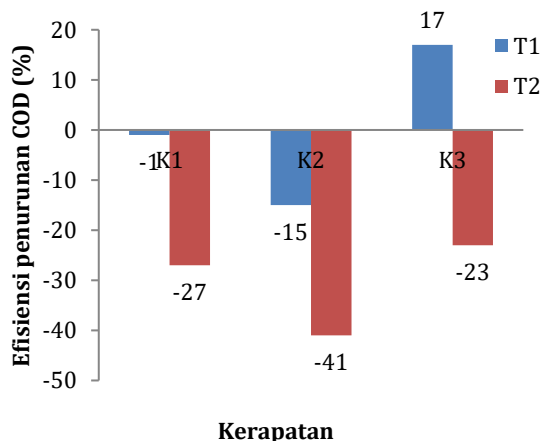
**Gambar 2.** Efisiensi Penurunan Salinitas pada Perlakuan *Pistia stratiotes* dan *Eichhornia crassipes*

Kadar salinitas yang tinggi dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman air melalui mekanisme stress osmotik, penurunan fotosintesis, serta mengakibatkan kerusakan sel akibat akumulasi ion garam. Kadar salinitas berpengaruh signifikan terhadap absorpsi dan pertumbuhan tanaman. Salinitas berdampak negatif pada pertumbuhan dan kemampuan absorpsi nutrisi serta kontaminan.

Hasil pengujian BOD pada hari ke 0 dan hari ke 21 tidak menunjukkan nilai BOD yang lebih tinggi sehingga nilai efisiensi menjadi negatif. Efisiensi penurunan nilai BOD tertinggi ditunjukkan pada perlakuan T1 dengan kerapatan 9 individu (K3) yaitu sebesar 23% (Gambar 3).

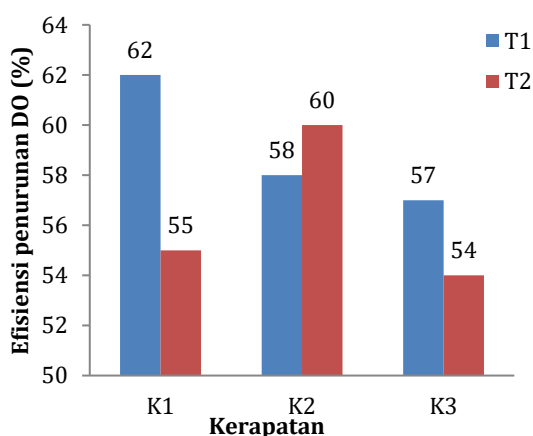
**Gambar 3.** Efisiensi Penurunan BOD pada Perlakuan *Pistia stratiotes* dan *Eichhornia crassipes*

BOD merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik yang terurai (Febriani and Hadiyanto, 2018). Berdasarkan hal tersebut kadar BOD yang rendah menandakan kualitas air yang baik. begitu sebaliknya, kadar BOD yang tinggi mengindikasikan perairan telah tercemar (Eljaiek-Urzola *et al.*, 2019).



Gambar 4. Efisiensi Penurunan COD pada Perlakuan *Pistia stratiotes* dan *Eichhornia crassipes*

Efisiensi penurunan COD yang paling tinggi ditunjukkan pada perlakuan T1 dengan kerapatan 9 individu (K3). Sementara pada perlakuan T2 nilai efisiensi menunjukkan hasil negatif (Gambar 4). COD adalah kebutuhan oksigen kimia untuk menguraikan semua bahan organik terkandung dalam air. COD dapat diartikan sebagai jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan organik yang ada didalam air secara kimiawi (Lumaela, dkk., 2013). Suatu perairan dengan nilai COD tinggi tidak baik untuk kegiatan perikanan dan budidaya (Febriani and Hadiyanto, 2018). Tingginya nilai COD memberikan tanda bahwa mikroorganisme tidak dapat menguraikan senyawa organik dengan kadar yang tinggi pada limbah domestik cair dan mikroorganisme dapat ikut teroksidasi dalam uji COD (Afwa *et al.*, 2021).

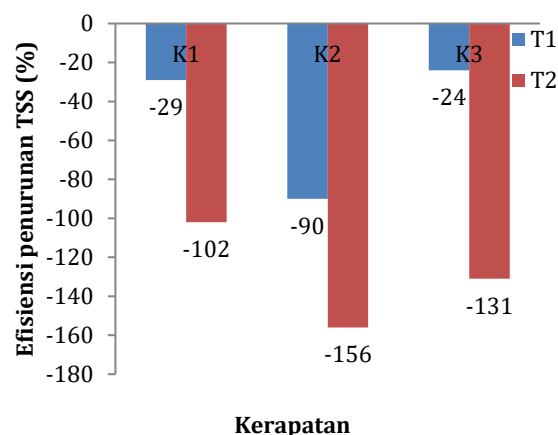


Gambar 5. Efisiensi Penurunan DO pada Perlakuan *Pistia stratiotes* dan *Eichhornia crassipes*

Efisiensi penurunan nilai DO paling tinggi ditunjukkan pada perlakuan T1 dengan kerapatan 3 individu (K1). Sementara pada perlakuan T2 efisiensi paling tinggi terdapat pada kerapatan 6 individu (K2) yaitu sebesar 60% (Gambar 5). DO atau oksigen terlarut merupakan parameter penting dalam menentukan mutu air sungai karna DO dapat

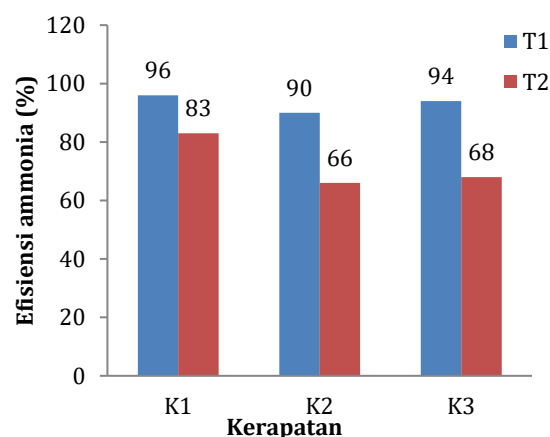
berperan dalam oksidasi dan reduksi bahan organik dan anorganik di lingkungan perairan (Munfarida *et al.*, 2020).

Nilai efisiensi TSS pada kedua perlakuan menunjukkan nilai negatif (Gambar 6). Konsentrasi TSS yang tinggi menyebabkan kekeruhan dan akan menghambat proses fotosintesis (Rizka, dkk., 2020). Salah satu ciri perairan dengan kadar TSS yang tinggi adalah kondisi perairan yang keruh (Yonar, dkk., 2021).



Gambar 6. Efisiensi Penurunan TSS pada Perlakuan *Pistia stratiotes* dan *Eichhornia crassipes*

Nilai efisiensi ammonia paling tinggi ditunjukkan pada perlakuan T1 dan kerapatan 3 individu (K1). Sementara pada tanaman eceng gondok (T2), nilai efisiensi paling tinggi ditunjukkan pada kerapatan 3 individu (Gambar 7). Amonia adalah senyawa anorganik yang terdiri dari satu atom nitrogen yang terikat secara kovalen tiga atom hidrogen (Ni'am *et al.*, 2021).



Gambar 7. Efisiensi Penurunan Ammonia pada Perlakuan *Pistia stratiotes* dan *Eichhornia crassipes*

Perairan yang mengandung amonia disebabkan adanya limbah yang berasal dari urin dan tinja, oksidasi zat organik secara mikrobiologis serta dari air buangan industri dan aktivitas masyarakat (Putri, dkk., 2019; Ni'am *et al.*, 2021). Kadar amonia yang tinggi juga bersifat racun bagi tanaman, efek yang

ditimbulkan diantaranya keadaan seperti terbakar, akar menghitam, dan kematian (Firdayati *et al.*, 2022).

4. KESIMPULAN

Pistia stratiotes mampu menurunkan nilai BOD, COD pada kerapatan tertinggi yang 9 individu (K3) dengan persentase sebesar 17%. Sementara pada DO dan ammonia efisiensi tertinggi ditunjukkan pada perlakuan kerapatan 3 individu (K1) dengan masing-masing nilai persentase adalah 62% dan 96%.

Nilai efisiensi penurunan DO tertinggi pada *Eichhornia crassipes* ditemukan pada perlakuan kerapatan 6 individu (K2) sebesar 60%. Nilai efisiensi penurunan ammonia tertinggi ditemukan pada perlakuan kerapatan 3 individu (K1) sebesar 83%.

DAFTAR PUSTAKA

- Afwa, R.S., Muskananfolo, M.R., Rahman, A., Suryati., and Sabdaningsih, A. 2021. Analysis of the Load and Status of Organic Matter Pollution in Beringin River Semarang. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 10(3), 168-178.
- Ansari, A.A., Naeem, M., Gill, S.S., and Alzuaibar, F.M. 2020. Phytoremediation of Contaminated Waters: An Eco-friendly Technology Based on Aquatic Macrophytes Application, *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 46(4), 371-376.
- Arum, S.P.I., Harisuseno, D., and Soemarno. 2019. Domestic Wastewater Contribution to Water Quality of Brantas River at Dinoyo Urban Village, Malang City, *J-PAL*, 10(2).
- As'ari, R.M., Syafiuddin, A., Adriansyah, A.A., dan Setianto, B. 2022. Fitoremediasi Air Limbah Tempe Menggunakan Tumbuhan Kayu APu (*Pistia stratiotes*), *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 10(5), 564-569.
- BPS Tanjung Jabung Barat. 2021. *Kecamatan Tungkal Ilir dalam Angka*. Kuala Tungkal: BPS Tanjung Jabung Barat.
- BPS Tanjung Jabung Barat. 2022. *Kecamatan Tungkal Ilir dalam Angka*. Kuala Tungkal: BPS Tanjung Jabung Barat.
- Corami, A. 2020. Phytoremediation Impacts on Water Productivity, *Water Productivity Journal*, 1 (2), 72-81.
- Dharwal, M., Parashar, D., Shuaibu, M.S., Abdullahi, S.G., Abubakar, S., and Bala, B.B. 2020. Water pollution: effects on health and environment of Dala LGA, Nigeria, *Proceedings*, 49, 3036-3039.
- Eksperusi, A.O., Sikoki, F.D., and Nwachukwu, E.O. 2019. Application of Common Duckweed (*Lemna minor*) in Phytoremediation of Chemicals in the Environment: State and Future Perspective, *Chemosphere*, 223, 285-309.
- Eljaiek-Urzola, M., Romero-Sierra, N., Segrera-Cabarcas, L., Valdelamar-Martinez, D., and Quiñones-Bolaños, É. 2019. Oil and Grease as a Water Quality Index Parameter for the Conservation of Marine Biota. *Water* 2019, 11, 856.
- Febriani, I.K. and Hariyanto. 2018. The Effectiveness of Using Hyacinth Plant as Phytoremediation Agent On Paper Industry Liquid Waste. *E3S Web Of Conferences* 73.
- Firdayati, M., Anindita, R., Krisnamurti, P.A., and Handajani, M. 2022. Assessment of Water Quality and Challenges for Vegetable Irrigation in Greater Bandung Area, Indonesia. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, 1065 012052.
- Hamzah, A., dan Priyadarshini, R. 2019. *Remediasi Tanah Tercemar Logam Berat*. Malang: Unitri Press.
- Kemenlhk. 2017. Petunjuk Teknis Restorasi Kualitas Air Sungai. <https://ppkl.menlhk.go.id/website/filebox/270/180530101715Petunjuk%20Teknis%20Restorasi%20Kualitas%20Air%20Sungai.pdf>. [05 September 2021]
- Khan, A.U., Khan, A.N., Waris, A., Ilyas, M. and Zamel, Doaa. 2022. Phytoremediation of pollutants from wastewater: A concise review. *Open Life Sciences*, 17(1), 488-496.
- Lumaela, A.K., Otok, B.W., dan Sutikno. 2013. Pemodelan Chemical Oxygen Demand (COD) Sungai Di Surabaya dengan Metode Mixed Geographically Weighted Regression. *Jurnal Sains Dan Seni Pomits*, 2(1), 100-105.
- Munfarida. Auvaria, S.W., Suprayogi, D., and Munir, M. 2022. Application of *Salvinia molesta* for water pollution treatment using phytoremediation batch system. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 493 012002.
- Rizka, R.R., Purnomo, P.W., dan Sabdaningsih, A. 2020. Pengaruh Total Suspended Solid (TSS) terhadap Densitas Zooxanthellae Pada Karang Acropora sp. dalam Skala Laboratorium. *Jurnal Pasir Laut*, 4(2), 95-101.
- Saalidong, B.M., Aram, S.A., Out, S., and Lartey, P.O. 2022. Examining The Dynamics of The Relationship between Water pH and Other Water Quality Parameters in Ground and Surface Water Systems. *Plos ONE*, 17(1).
- Sela, S.K., Hossain, A.K.M.N., Hussai, S.Z. and Hasan, N. 2020. Utilization of prawn to reduce the value of BOD and COD of textile wastewater. Cleaner engineering and technology 1. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2020.100021>.
- Wan, L., and Wang, H. 2021. Control of Urban River Water Pollution is Studied Based on SMS. *Environmental Technology and Innovation*, 22 101468.
- Yonar, M., Luthfi, A.M., dan Isdianto, A. 2021. Dinamika Total Suspended Solid (TSS) di Sekitar Terumbu Karang Pantai Damas, Trenggalek. *Journal of Marine and Coastal Science*, 10(1), 48-57.