

Analisis *Constructed Wetlands* sebagai Teknologi Pemulihan Pencemaran Air Permukaan Menggunakan Tanaman *Hydrilla Verticillata* dan Kangkung Air

Ayya Sophia Samad, Wilma Nurrul Adzillah, Nur Ridha Amethysia, Muhammad Gilang Bayu

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Singaperbangsa Karawang, Jawa Barat Indonesia

*Koresponden email: ayyasophiasamad28@gmail.com

Diterima: 12 Agustus 2024

Disetujui: 21 Agustus 2024

Abstract

This research discusses the water treatment process using simple constructed wetlands. The unit or reactor is filled with sand, gravel and aquatic plants such as water spinach and hydrilla. The water used is irrigation canal water from the Citarum River in Karawang Regency. The water was fed into the reactor using a batch system and allowed to stand for 15 days. Water quality monitoring was carried out after 5, 10 and 15 days to measure the effectiveness of the water treatment. Parameters tested included temperature, pH, TDS and DHL. The results showed that the temperature in the reactor was stable. The pH increased towards normal from 6.73 on day 1 to 6.90 on day 15, although it decreased on day 5. TDS showed a removal efficiency of 23%, from 599 ppm on day 1 to 465 ppm on day 15. DHL also showed a removal efficiency of 23%, from 1200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ on day 1 to 932 $\mu\text{S}/\text{cm}$ on day 15.

Keywords: *constructed wetlands, water spinach, Hydrilla, water quality*

Abstrak

Penelitian ini membahas proses pengolahan air menggunakan *constructed wetlands* secara sederhana. Unit atau reaktor diisi dengan pasir, kerikil, dan tanaman air seperti kangkung air dan Hydrilla. Air yang digunakan adalah air saluran irigasi dari Sungai Citarum di Kabupaten Karawang. Air dialirkan ke dalam reaktor dengan sistem batch dan didiamkan selama 15 hari. Pemantauan kualitas air dilakukan dengan periode 5, 10, dan 15 hari untuk mengukur efektivitas pengolahan air. Parameter yang diuji meliputi suhu, pH, TDS, dan DHL. Hasil menunjukkan stabilitas suhu dalam reaktor. Nilai pH mengalami kenaikan menuju normal, dari 6,73 pada hari pertama menjadi 6,90 pada hari ke-15, meskipun sempat turun pada hari ke-5. TDS menunjukkan efisiensi removal sebesar 23%, dari 599 ppm pada hari pertama menjadi 465 ppm pada hari ke-15. DHL juga menunjukkan efisiensi removal sebesar 23%, dari 1200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pada hari pertama menjadi 932 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pada hari ke-15.

Kata Kunci: *constructed wetlands, kangkung air, Hydrilla, kualitas air*

1. Pendahuluan

Sumber air pada air permukaan di Indonesia berpotensi sebagai sumber air air tawar di seluruh dunia sebanyak 6% (Yudo dan Said, 2018) dalam (Mujib et al., 2020). Air adalah salah satu kebutuhan utama dalam kehidupan manusia, dalam memenuhi kebutuhan air tersebut manusia menggunakan air sebagai keperluan sehari-hari (domestik) serta kebutuhan lainnya. Salah satu sumber air permukaan yang banyak digunakan oleh manusia adalah sungai, dimana air sungai dimanfaatkan oleh manusia sebagai sumber air bersih, sumber air baku air minum, kegiatan pertanian dan kegiatan peternakan (Mujib et al., 2020).

Pemanfaatan air sungai ini harus sejalan dengan kualitas air sungai dikarenakan peruntukannya air sungai ini akan kembali digunakan bahkan dikonsumsi oleh manusia. Meningkatnya jumlah penduduk mengakibatkan meningkatnya kebutuhan air dan meningkatnya timbulan air limbah yang dihasilkan. Namun, apabila tidak dikelolanya kualitas air sungai ini dapat mengakibatkan kelangkaan sumber air bersih bagi makhluk hidup. Salah satu penyebab dari menurunnya kualitas air sungai adalah adanya pencemaran air yang disebabkan oleh limbah domestik maupun non domestik yang masuk ke dalam badan air (Yudo, 2010). Menurut Pradhana et al., (2018) dalam Pohan et al., (2023) penurunan kualitas air sungai disebabkan adanya aktivitas yang dilakukan oleh manusia dalam memenuhi kebutuhan yang berasal dari kegiatan rumah tangga, pertanian, dan industri.

Sungai Citarum merupakan aliran irigasi yang mengalir melintasi Kabupaten Karawang dengan hulu sungai yang berada di Kabupaten Bandung. Air Sungai Citarum dimanfaatkan sebagai sumber air baku air minum dan air bersih untuk masyarakat di Kabupaten Karawang yang dimana sebelumnya dikelola dan

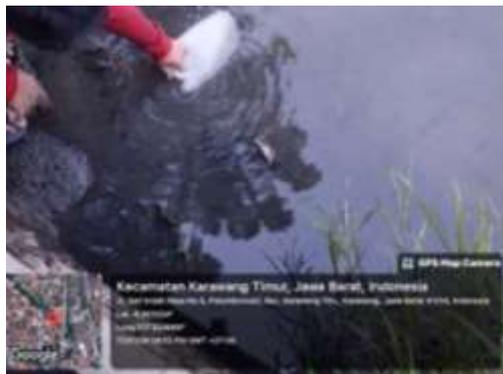
diolah oleh perusahaan pengolah air minum. Berdasarkan Peraturan Pemerintah No 22 Tahun 2021 Air Sungai Citarum masuk ke dalam kategori kelas satu dimana air tersebut diperuntukkan untuk air baku air minum dan/atau diperuntukkan kegiatan lainnya dengan mutu air yang sama.

Constructed Wetland yaitu salah satu pengolahan air dengan sistem pengolahan terkontrol atau terencana dalam proses pengolahan yang alami menggunakan vegetasi dan mikroorganisme. Desain constructed wetland ini menggunakan media yang sederhana dan memanfaatkan tanaman air dalam mengolah air. Constructed Wetland terbagi menjadi 2 jenis yaitu jenis aliran bawah permukaan dan jenis aliran permukaan. Tanaman air yang dimanfaatkan dalam proses pengolahan ini yaitu kangkung air (*Ipomoea aquatica*) dan *Hydrilla verticillata*. Kangkung air memiliki keunggulan sifat tanaman yang adaptif, perawatan yang mudah, dan memiliki usia yang cukup lama (Salim, 2021). Sementara itu *Hydrilla verticillata* merupakan jenis tanaman liar yang banyak tumbuh pada air permukaan seperti sungai, tumbuhan ini banyak digunakan dalam fitoremediasi dikarenakan mudah tumbuh dan memiliki kemampuan dalam menyerap zat kontaminan seperti logam berat (Lestari, 2018 dalam Rahmawati, 2023).

Berdasarkan latar belakang tersebut dilakukanlah unit pengolahan air permukaan menggunakan Constructed Wetland pada Air Sungai Citarum di Kabupaten Karawang.

2. Metode Penelitian

Lokasi penelitian ini dilaksanakan di Universitas Singaperbangsa Karawang dengan lokasi pengambilan sampel air permukaan pada Aliran Sungai Citarum, Kecamatan Karawang Timur Kabupaten Karawang. Lokasi penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1**. Waktu pelaksanaan penelitian ini dilakukan selama 15 hari pemantauan reaktor Constructed Wetland yang telah dibuat.



Gambar 1: Lokasi Pengambilan Sampel Air Permukaan

Objek penelitian ini menggunakan air permukaan yaitu air sungai pada aliran air Sungai Citarum Kecamatan Karawang Timur Kabupaten Karawang. Tanaman air yang digunakan dalam penelitian ini yaitu tanaman *hydrilla* dan kangkung air.

3. Hasil dan Pembahasan

Constructed Wetlands dengan Hydrilla dan Kangkung Air

Penelitian *constructed wetlands* dengan tanaman *Hydrilla* dan Kangkung Air dilakukan dengan tujuan untuk mempelajari proses pengolahan air dengan sistem pengolahan *constructed wetland*, dan dilakukan dengan merencanakan *constructed wetlands* pada skala yang lebih kecil. Tahapan awal pada penelitian ini adalah pembuatan reaktor yang dibuat dengan menggunakan media bak dengan volume 1L, media akan diisi oleh batu kerikil dan pasir dengan perbandingan 2:1. Setelah itu air dan tanaman yang telah disiapkan akan dimasukkan ke dalam reaktor yang telah dibuat. Air yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari air permukaan, yaitu air pada aliran air Sungai Citarum.

Tahap selanjutnya dilakukan pemantauan selama 15 hari, dan pengujian sampel pada hari ke-1, hari ke-5, hari ke-10, hari ke-15. Selama proses pemantauan berlangsung terjadi perubahan fisik pada tanaman yang digunakan. Untuk kangkung air sendiri perubahan ditandai dengan tumbuhnya tunas baru, perubahan warna pada batang dan daun, sementara untuk *Hydrilla*, ditandai dengan perubahan warna pada batang dan daun.



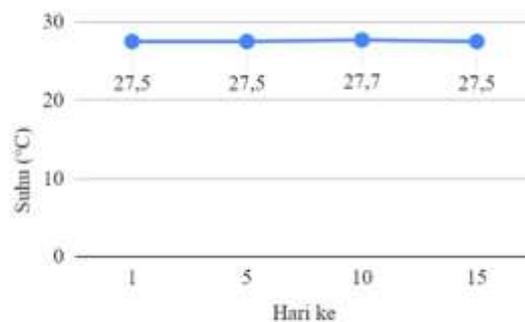
Gambar 2: Kondisi reaktor *constructed wetlands*

Kondisi pada hari ke- 1 air agak keruh, dan berwarna kecoklatan. Kondisi fisik tanaman belum terdapat perubahan apapun, batang dan daun tanaman masih terlihat segar. Kondisi pada hari ke-5 air masih terlihat agak keruh namun terjadi perubahan warna menjadi putih, dan volume air berkurang. Kondisi tanaman pada hari ke-5 terjadi kematian pada tanaman hydrilla, kondisi fisik dari tanaman tersebut pun menjadi layu dan menghitam ,sementara untuk tanaman kangkung air pada batangnya mengalami pemudaran warna yang tadinya hijau segar menjadi agak pudar. Kondisi pada hari ke-10 volume air terus berkurang dikarenakan adanya kebocoran pada media, air menjadi berwarna putih dan jernih. Kondisi tanaman, hydrilla air yang sudah mati mengalami pembusukan dan ada beberapa yang sudah menjadi coklat.

Untuk kangkung air, kondisi fisik batang masih terlihat sama seperti pada hari ke-5, namun beberapa helai daun mulai mengalami perubahan warna menjadi kekuningan dan rontok. Kondisi pada hari ke-15 air sama seperti hari ke-10. Untuk kondisi hydrilla semua tanaman hydrilla sudah mengalami pembusukan dan menjadi warna coklat. Untuk kangkung air, kondisi fisik batang masih terlihat sama seperti pada hari ke-10, namun pada hari ke-15 terjadi penumbuhan cabang pada kangkung air.

Analisis Pengaruh Suhu pada Constructed Wetland

Suhu air dalam *constructed wetlands* telah diukur selama periode lima belas hari dengan hasil yang dapat dilihat pada **Gambar 3**. Dapat diamati bahwa suhu air dalam *constructed wetlands* cenderung stabil selama periode pengamatan, dengan fluktuasi yang kecil.



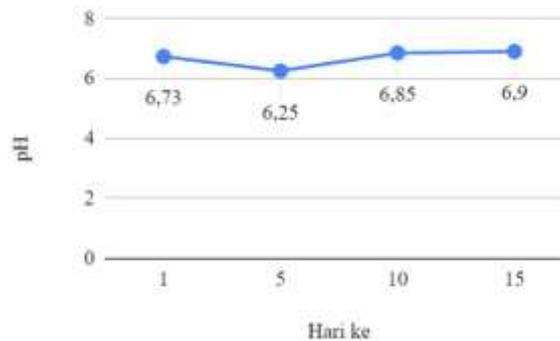
Gambar 3: Nilai suhu pada *constructed wetlands*

Suhu air dalam *constructed wetlands* dengan fluktuasi yang kecil ini menunjukkan bahwa sistem mampu mempertahankan suhu yang relatif konstan. Fluktuasi suhu yang terjadi dalam *constructed wetlands* dapat dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti suhu udara, intensitas cahaya matahari, dan cuaca. Meskipun fluktuasi suhu terjadi, namun tidak ada perubahan yang signifikan selama periode pengamatan,

menunjukkan adanya stabilitas dalam lingkungan *constructed wetlands*. Temperatur memiliki dampak pada aktivitas mikroorganisme dan pertumbuhan tanaman, sehingga akan mempengaruhi efisiensi pengolahan air limbah yang dialirkan ke dalam sistem *constructed wetlands* yang akan digunakan (Suwandhi dkk,2022). Suhu yang tinggi dan stabil akan meningkatkan kecepatan degradasi zat organik dan proses nitrifikasi karena aktivitas mikroorganisme yang terikat pada media akan meningkat (Torren dkk, 2020).

Analisis Pengaruh Nilai pH pada Constructed Wetlands

Analisis nilai pH dilakukan untuk mengetahui keasaman pada air sungai yang digunakan dalam percobaan reaktor dan peran tanaman dalam proses fitoremediasi ini. Berdasarkan hasil pengamatan yang dapat dilihat pada **Gambar 4** didapatkan bahwa nilai pH semakin naik mendekati pH normal kecuali pada hari ke-5 pengamatan menunjukkan penurunan pH menjadi 6,25.



Gambar 4: Nilai pH pada *constructed wetlands*

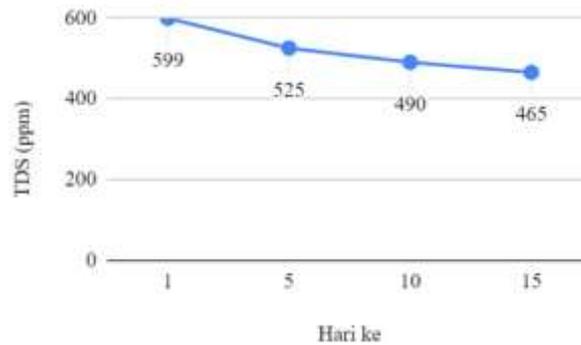
Pengamatan hari ke-5 menunjukkan adanya kematian tumbuhan Hydrilla dan nilai pH yang menunjukkan penurunan menjadi asam, hal tersebut mungkin terjadi akibat kematian dan pembusukan tanaman oleh mikroba penghasil asam. Selain itu, menurut Serang (2018) dalam Rahmawati (2023) nilai pH air yang tidak konsisten disebabkan karena terjadinya aktivitas penyerapan logam berat, penurunan nilai pH juga dapat terjadi dikarenakan tanaman mengalami klorosis dan nekrosis dimana tanaman mengalami kerontokan dan kematian sel yang selanjutnya akan terdekomposisi dan menghasilkan asam humat (Novi dkk., 2019). Menurut Rahayuningtyas dkk., (2018) toksisitas logam berat dipengaruhi oleh nilai pH dimana semakin turun nilai pH maka akan berdampak pada besarnya toksisitas logam.

Kematian tanaman Hydrilla pada hari ke-5 kemungkinan disebabkan oleh adanya kandungan logam berat yang tidak diketahui dan penyusutan air dalam reaktor serta kurangnya cahaya untuk melakukan fotosintesis. Berdasarkan Rahmawati (2023) Hydrilla akan melakukan fotosintesis dengan mengambil CO₂ dan menghasilkan O₂ dan mengambil ion H⁺ yang terkandung dalam air. Maka dari itu tanaman Hydrilla tidak dapat bertahan lama hidup dalam reaktor tersebut.

Sementara itu, tanaman kangkung air dalam pengamatan semakin hari semakin tumbuh segar dan menghasilkan beberapa tunas baru. Hasil pengamatan nilai pH mengalami kenaikan signifikan dari hari ke-5 menuju hari ke-10 dimana pada hari ke-10 nilai pH pada reaktor sebesar 6,85 dan hasil pengamatan pada hari ke-15 menunjukkan nilai pH sebesar 6,90. Proses fitoremediasi yang dilakukan oleh kangkung air ini dapat dikatakan berjalan dengan baik, dimana menurut Wulandari dkk., (2014) kenaikan nilai pH disebabkan oleh tingginya kelarutan oksigen dalam air sehingga tanaman yang hidup pada pH normal maka akan berjalan baik pula metabolismenya.

Analisis Pengaruh TDS pada Constructed Wetlands

TDS air dalam *constructed wetlands* telah diukur selama periode lima belas hari dengan hasil yang dapat dilihat pada **Gambar 5**. Terlihat bahwa konsentrasi TDS dalam *constructed wetlands* mengalami fluktuasi selama periode pengamatan. Penurunan secara konsisten dari hari ke hari menunjukkan adanya proses pengurangan TDS dalam sistem. Penurunan konsentrasi TDS dalam *constructed wetlands* dapat disebabkan oleh proses fitoremediasi yang dilakukan oleh tanaman yang tumbuh di dalamnya. Akar memegang peran penting dalam menyerap TDS dalam proses fitoremediasi. Menurut Sudiro & Agnes (2013) *H. verticillata* selain memanfaatkan akar, juga memanfaatkan daun dan batangnya yang ikut terendam dalam air permukaan untuk menyerap TDS. Penurunan nilai TDS ini, akar tanaman *Ipomoea aquatica* juga dapat berperan karena menyerap TDS selama proses fitoremediasi.

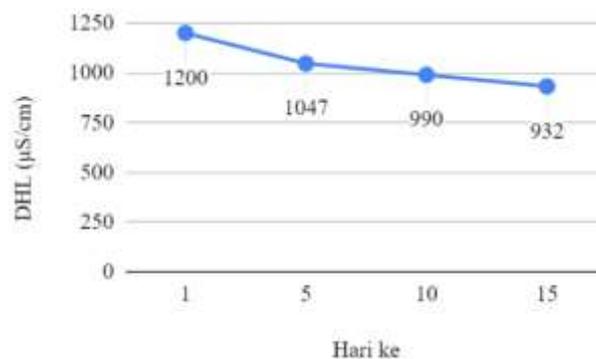


Gambar 5: Nilai TDS pada *constructed wetlands*

Selain itu, penurunan TDS juga dipengaruhi oleh aktivitas mikroorganisme pada akar tanaman mampu menguraikan bahan-bahan organik maupun anorganik menjadi senyawa yang lebih sederhana sehingga lebih mudah diserap oleh akar tanaman (Prasetyo dkk, 2023). Faktor-faktor lingkungan seperti suhu, intensitas cahaya matahari, dan ketersediaan nutrisi juga dapat mempengaruhi konsentrasi TDS dalam air *constructed wetlands*.

Analisis Pengaruh DHL pada Constructed Wetlands

DHL diukur selama periode lima belas hari, dengan hasil yang dapat dilihat pada **Gambar 6** dibawah. Berdasarkan hasil pengamatan dapat dilihat bahwa nilai DHL pada air secara konsisten mengalami penurunan dari hari ke hari.



Gambar 6: Nilai DHL pada *constructed wetlands*

Penurunan nilai DHL ini berkaitan erat dengan kandungan TDS pada air. Dikarenakan TDS ini biasanya disebabkan karena adanya bahan anorganik yang berupa ion-ion, jumlah ion-ion yang terlarut dalam air akan sangat mempengaruhi kemampuan air dalam menghantarkan listrik. Pengukuran DHL ini biasanya dilakukan untuk mempertahankan target konsentrasi hara (Astuti, 2014).

Efektivitas Pengolahan Air dengan Constructed Wetlands

Efektivitas *constructed wetlands* dapat kita lihat dari parameter yang telah diuji, seperti suhu, pH, TDS, dan DHL. Dari hasil yang didapatkan selama periode 15 hari untuk parameter suhu dapat terbilang cukup stabil tidak terjadi perubahan yang signifikan, hal ini menunjukkan bahwa sistem yang dipakai dapat menjaga stabilitas suhu. Lalu untuk pH jika kita melihat Gambar. 4 kita bisa melihat bahwa sistem yang dipakai dapat menjaga dan menaikkan pH menjadi netral mendekati 7, walaupun pada hari ke-5 terjadi penurunan nilai pH dikarenakan terdapat tanaman hydrilla yang mati.

Parameter TDS dan DHL bisa terbilang cukup efektif untuk menurunkan nilai kandungan TDS, jika dilihat pada Gambar. 5 nilai kandungan TDS dari hari ke hari secara konsisten mengalami penurunan. Maksimal nilai kandungan TDS pada air minum adalah sebesar 500 ppm (Ilyas dkk, 2013) hasil yang nilai kandungan TDS yang didapatkan setelah 15 hari adalah 465 ppm, jika dibandingkan dengan hasil pada hari pertama kandungan nilai TDS pada air mengalami penurunan sebesar 94 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa sistem yang digunakan dapat secara efektif mengurangi nilai kandungan TDS. Dikarenakan DHL sangat berkaitan erat dengan nilai kandungan TDS, maka jika kandungan TDS menurun nilai DHL pun

akan ikut menurun. Dari hasil yang telah didapatkan maka dapat dikatakan bahwa sistem *constructed wetlands* cukup efektif dalam menurunkan parameter kontaminan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa proses pengolahan air menggunakan *constructed wetlands* secara sederhana dapat dilakukan dengan menyiapkan unit atau reaktor yang dimana didalamnya diisi dengan beberapa material seperti pasir, kerikil, dan tanaman air dimana dalam penelitian ini menggunakan tanaman kangkung air dan Hydrilla. Air permukaan yang dalam penelitian ini menggunakan air saluran irigasi di Sungai Citarum Kabupaten Karawang akan dialirkan kedalam bak reaktor yang telah disiapkan dengan sistem air batch dan diamkan selama 15 dan dilakukan pemantauan kualitas air dengan periode 5, 10, dan 15 hari untuk mengetahui efektifitas pengolahan air tersebut.

Efektivitas proses pengolahan air dengan *constructed wetlands* dapat dilihat pada parameter yang diuji yaitu suhu, pH, TDS, dan DHL menunjukkan penurunan pada setiap periode pengujian. Parameter suhu pada reaktor menunjukkan adanya kestabilan suhu dan kondisi air pada reaktor tersebut. Nilai pH air tersebut menunjukkan kenaikan menuju pH normal dimana pada hari ke-1 sebesar 6,73 dan pada hari ke-15 sebesar 6,90 pada periode pengujian walaupun pada hari ke-5 mengalami penurunan. Parameter TDS menunjukkan efisiensi removal sebesar 23% dimana pada hari ke-1 sebesar 599 ppm dan pada hari ke-15 sebesar 465 ppm. Parameter daya hantar listrik menunjukkan efisiensi removal sebesar 23% dimana pada hari ke-1 sebesar 1200 s/cm dan pada hari ke-15 sebesar 932 s/cm.

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada rekan-rekan dari Teknik Lingkungan Universitas Singaperbangsa Karawang yang telah memberikan wawasan dan keahlian mereka yang sangat membantu penelitian ini.

6. Daftar Pustaka

- [1] Ariani, D. M., & Soedjono, E. S. (2011). Perencanaan subsurface flow constructed wetland dalam pengolahan efluen tangki septik pada daerah air tanah dangkal (Studi kasus: Perumahan Istana Bestari Kota Pasuruan). Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [2] Alexandros, I. S. (2020). Constructed wetlands: Description and benefits of an EcoTech water treatment system. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-1210-4.ch025>
- [3] Torrens, A., de la Varga, D., Ndiaye, A. K., Folch, M., & Coly, A. (2020). Innovative multistage constructed wetland for municipal wastewater treatment and reuse for agriculture in Senegal. *Water (Switzerland)*, 12(11), 1–12. <https://doi.org/10.3390/w12113139>
- [4] Falah, M. F. (2021). Pengaruh *Trichoderma* sp terhadap pertumbuhan tanaman akuatik *Hydrilla verticillata* dan *Bacopa monnieri* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).
- [5] Fatikasari, R. N., & Tarzan, P. (2022). Efektivitas *Hydrilla verticillata* dan *Lemna minor* sebagai fitoremediator LAS pada deterjen limbah domestik. *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, 11(2), 263–272.
- [6] Handoko, P., & Fajariyanti, Y. (2013). Pengaruh spektrum cahaya tampak terhadap laju fotosintesis tanaman air *Hydrilla verticillata*. *Prosiding Seminar Nasional X Pendidikan Biologi FKIP UNS*, 10(2), 1–9.
- [7] Husnabilah, A. T. H. I. F. (2016). Perencanaan constructed wetland untuk pengolahan greywater menggunakan tumbuhan *Canna indica* (Studi kasus: Kelurahan Keputih Surabaya). Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [8] Lestari, Y. P., & Aminatun, T. (2018). Efektivitas variasi biomassa tanaman *Hydrilla verticillata* dalam fitoremediasi limbah batik. *Jurnal Prodi Biologi*, 4, 233–241.
- [9] Mujib, D. W., Hanuranto, A. T., & Mayasari, R. (2020). Pengukuran sistem monitoring kualitas air di daerah aliran sungai. *eProceedings of Engineering*, 7(2).
- [10] Novi, C., Sartika, S., & Shobah, A. N. (2019). Fitoremediasi logam seng (Zn) menggunakan *Hydrilla* sp. pada limbah industri kertas. *Jurnal Kimia Valensi*, 5(1), 108–114. <https://doi.org/10.15408/jkv.v5i1.8814>
- [11] Pohan, N. H., & Harahap, A. (2023). Analisis kualitas air di Sungai Marbau. *BIOEDUSAINS: Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains*, 6(1), 239–247.
- [12] Pradhana, A., Sutrisno, E., & Nugraha, W. D. (2014). Analisis kualitas air Sungai Bringin Kota

- Semarang menggunakan metode indeks pencemaran (Studi kasus kondisi Sungai Bringin). Doctoral dissertation, Diponegoro University.
- [13] Prasetyo, et al. (2023). Fitoremediasi menggunakan tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica* Forsk.) untuk menurunkan kadar logam berat dalam limbah tekstil. Institut Teknologi Bandung.
- [14] Rahayuningtyas, I., Wahyuningsih, N. E., & Budiyo. (2018). Pengaruh variasi lama waktu kontak dan berat tanaman apu-apu (*Pistia stratiotes* L.) terhadap kadar timbal pada irigasi pertanian. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal)*, 6(6), 166–174.
- [15] Rahmawati, A. Y. (2023). Fitoremediasi tanaman Hydrilla (*Hydrilla verticillata*) untuk menurunkan kadar logam berat seng (Zn) dengan menggunakan sistem batch (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya).
- [16] Salim, Y. A. (2021). Efektivitas sistem constructed wetland sebagai pengolahan limbah batik ecoprint menggunakan tanaman kangkung air. *Jurnal Fusion*, 1(8), 299–311.
- [17] Serang, L. K. O., Eko, H., & Ridesti, R. (2018). Fitoremediasi air tercemar logam kromium dengan menggunakan *Sagittaria lancifolia* dan *Pistia stratiotes* serta pengaruhnya terhadap pertumbuhan kangkung darat (*Ipomea reptans*). *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 5(1), 739–746.
- [18] Surakusumah, W. (2012). Adaptasi dan mitigasi. UPI. <http://file.upi.edu/>
- [19] Suswati, A. C. S. P., & Wibisono, G. (2013). Pengolahan limbah domestik dengan teknologi taman tanaman air (constructed wetlands). *Indonesian Green Technology Journal*, 2(2).
- [20] Suwandhi, I. A., Hendrasarie, N., & Rahyuni, D. (2022). Constructed wetland tipe horizontal subsurface flow menggunakan rumput odot untuk pengolahan efluen IPAL tahu. *Jurnal Serambi Engineering*, 7(3).
- [21] Wulandari, R. E. S. M. A. Y. A., & Purnomo, T. (2014). Kemampuan tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica*) dalam menyerap logam berat kadmium (Cd) berdasarkan konsentrasi dan waktu pemaparan yang berbeda. *Lentera Bio*, 3(1), 83–89.
- [22] Yudo, S. (2010). Kondisi kualitas air Sungai Ciliwung di wilayah DKI Jakarta ditinjau dari parameter organik, amonia, fosfat, deterjen dan bakteri coli. *Jurnal Air Indonesia*, 6(1).
- [23] Yudo, S., & Said, N. I. (2018). Status kualitas air Sungai Ciliwung di wilayah DKI Jakarta, studi kasus: pemasangan stasiun online monitoring kualitas air di segmen Kelapa Dua–Masjid Istiqlal. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 19(1), 13-22.