

Identifikasi Logam Berat Kromium di Tiga Sungai yang Melintasi Kota Yogyakarta dan Potensi Fitoremediasinya

Tien Aminatun¹, Anna Rakhmawati¹, Kun Sri Budiasih², Marfuatun², Baso Samsu Rijal¹, Abdullah Nashih Amin¹, David Meilana Nur Arifin², dan Ajeng Septiana Putri²

¹Departemen Pendidikan Biologi, FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta; e-mail: tien_aminatun@uny.ac.id

²Departemen Pendidikan Kimia, FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta

ABSTRAK

Winongo, Gajah Wong, dan Code adalah tiga sungai yang melintasi Yogyakarta. Banyak industri yang membuang limbah ke ketiga sungai ini, sedangkan Cr adalah logam berat yang banyak terdapat pada limbah industri. Berbagai penelitian telah dilakukan untuk melihat potensi fitoremediasi Cr, tetapi umumnya pada limbah cair industri, bukan pada perairan langsung. Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi logam berat Kromium (Cr) di ketiga sungai serta potensi fitoremediasinya. Sampel air dan sedimen diambil dari hulu, tengah dan hilir, kemudian kandungan Cr dianalisis dengan Spektrofotometri UV-Vis di Laboratorium Kimia Fakultas MIPA Universitas Negeri Yogyakarta (UNY). Untuk melihat potensi fitoremediasinya dilakukan eksperimen dengan eceng gondok (*Eichornia crassipes*) dan kayu apu (*Pistia stratiotes*) di greenhouse FMIPA UNY. Pengukuran kualitas air diujikan ke Laboratorium BBTKL-PP. Hasil penelitian menunjukkan ketiga sungai teridentifikasi cemaran Cr tetapi masih di bawah ambang baku mutu menurut Peraturan Gubernur DIY Nomor 20 Tahun 2008 tentang Baku Mutu Air di Provinsi DIY Kelas 1. Potensi eceng gondok dan kayu apu sebagai fitoremediator air sungai yang tercemar Cr tidak tampak jelas karena konsentrasi Cr pada ketiga sungai masih rendah di bawah ambang baku mutu (<0.05 mg/L), akan tetapi dilihat dari performa tanaman maka kedua gulma ini berpotensi untuk menjadi fitoremediator di sungai yang tercemar Cr.

Kata kunci: Identifikasi, Kromium, Sungai, Yogyakarta, Fitoremediasi

ABSTRACT

Winongo, Gajah Wong, and Code are three rivers crossing Yogyakarta. Many industries drain the effluent into the rivers, while Cr is often found in industrial waste. Various studies have been carried out to investigate the phytoremediation potential of Chromium, but generally in industrial wastewater, not in the rivers water. The aims of the research were to identify the Chromium in the three rivers and the potential of its phytoremediation. Water and sediment samples were taken from upstream, middle and downstream, then the Cr was analyzed using UV-Vis Spectrophotometry, while phytoremediation experiments were carried out with water hyacinth (*Eichornia crassipes*) and water lettuce (*Pistia stratiotes*). The water quality was analyzed at the BBTKL-PP Laboratory. In the three rivers were identified of chromium but still below the quality standard threshold according to the Regulation of the Governor of DIY Number 20 of 2008 concerning Water Quality Standards in DIY Province Class 1. The potential of water hyacinth and water lettuce as phytoremediators of river water polluted by Chromium is not clear because its concentration in the water is still low (<0.05 mg/L). However, it was indicated from their performance, the two plants are potential as phytoremediators in rivers polluted by Chromium.

Keywords: Identification, Chromium, River, Yogyakarta, Phytoremediation

Citation: Aminatun, T., Rakhmawati, A., Budiasih, K. S., Marfuatun, Rijal, B. S., Amin, A. N., Arifin, D. M. N., dan Putri, A. S. (2024). Identifikasi Logam Berat Kromium di Tiga Sungai yang Melintasi Kota Yogyakarta dan Potensi Fitoremediasinya. Jurnal Ilmu Lingkungan, 22(3), 620-631, doi:10.14710/jil.22.3.620-631

1. PENDAHULUAN

Dalam beberapa dekade, penggunaan bahan kimia dalam industri telah berdampak negatif pada lingkungan. Proses dalam industri telah menghasilkan limbah yang selanjutnya menyebar jauh ke lingkungan perairan (Edwards & Kjellerup, 2013). Penggunaan pewarna dan pemutih dalam industri

pada umumnya mengandung logam berat yang berpotensi mencemari lingkungan dengan pembuangan limbah ke badan air.

Karakter dari limbah cair industri hasil penggunaan pewarna dan pemutih secara umum berwarna pekat, pH tinggi, konsentrasi *Biological Oxygen Demand (BOD)* tinggi dan mengandung logam

berat yang bersifat toksik (Wardhani et al., 2018). Logam-logam berat yang sering teridentifikasi karena penggunaan zat pewarna dalam industri, khususnya industri tekstil dan batik adalah timbal (Pb), Kadmium (Cd) dan kromium (Cr) (Komarawidjaja, 2016), sedangkan industri penyamakan kulit banyak menghasilkan limbah cair yang mengandung logam berat Cr (Rahman et al., 2020).

Kromium (Cr) adalah logam berat yang secara alami terdapat di alam dengan konsentrasi rata-rata 100 mg/kg dalam kerak bumi dan hadir dalam dua bentuk yaitu trivalen (Cr-III) dan heksavalen (Cr-VI). Kromium trivalen (Cr-III) merupakan mikronutrien dengan toksisitas yang relatif rendah dan hanya sedikit larut dalam air, sedangkan Kromium heksavalen (Cr-VI) bersifat karsinogen yang sangat berbahaya bagi kesehatan manusia, apalagi Cr-VI mudah larut dalam air sehingga lebih *mobile* dan mudah terdistribusi secara luas (WHO, 2017; Tseng et al., 2019).

Penelitian untuk mengidentifikasi logam berat Cr-VI di badan air dan sedimennya, air tanah maupun batuan telah banyak dilakukan karena sifatnya yang berbahaya bagi kesehatan manusia, sehingga perlu dilakukan monitoring keberadaannya di lingkungan (He & Li, 2020; Rahman et al., 2020; Sulistyowati & Yanti, 2021; Sholiha et al., 2021).

Teknik untuk memperbaiki kualitas perairan yang tercemar logam berat Kromium dapat dilakukan dengan fitoremediasi. Fitoremediasi adalah teknik pengendalian pencemaran dengan penggunaan tumbuhan untuk mentransfer, menghapus, menstabilkan atau menurunkan kontaminan di media yang tercemar, baik di tanah, air maupun udara. Berbagai jenis tanaman air yang selama ini dianggap sebagai gulma pada pertanaman padi maupun saluran irigasi ternyata berpotensi sebagai agen fitoremediasi pencemaran logam berat di perairan. Sebagai contoh, kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) berpotensi sebagai fitoremediasi pencemaran logam berat Cr yang berasal dari limbah batik (Billah et al., 2020), eceng gondok (*Eichornia crassipes* Solms.) efektif menurunkan kandungan logam berat Cu dan Cr karena aktivitas biologi yang mengoksidasi senyawa organik maupun anorganik yang terkandung dalam air limbah (Djo et al., 2017). Dengan demikian, di Indonesia banyak penelitian telah dilakukan untuk melihat potensi fitoremediasi logam berat Cr, tetapi umumnya pada limbah cair industri, bukan di perairan langsung atau sungai.

Penelitian pemanfaatan gulma air untuk fitoremediasi air sungai secara langsung tercatat pernah dilakukan di China, yaitu dengan menanam eceng gondok pada tabung bambu terapung. Akan tetapi penelitian tersebut hanya fokus untuk menurunkan pencemar organik dengan menurunkan kandungan Amonium, *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan Pospat total, bukan pencemar logam berat (Wang et al., 2011). Menurut Sutandi et al. (2021) keunggulan eceng gondok sebagai penjernih air

adalah pada akhirnya, yaitu dengan menjaga keseimbangan saat mengapung dan dapat menyerap polutan logam di air serta menghasilkan oksigen yang diperlukan dalam proses oksidasi bahan pencemar.

Penelitian Kurniadie et al. (2016) juga dilakukan di sungai langsung tetapi hanya mengaitkan keragaman gulma air dengan kualitas air sungai yang tercemar limbah pertanian, yang menyimpulkan bahwa semakin baik kualitas air sungai maka semakin banyak gulma yang tumbuh. Dengan demikian, gulma air, termasuk eceng gondok dan kayu apu, kemungkinan membantu memperbaiki kualitas air sungai.

Winongo, Gajah Wong, dan Code adalah sungai-sungai utama yang melintasi Yogyakarta. Ketiga sungai ini strategis karena merupakan 3 dari 10 sungai yang dipantau kualitasnya setiap 3 bulan sekali oleh Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (DLHK DIY). Hal ini karena laju pertumbuhan penduduk yang menyebabkan bertambahnya permukiman di daerah aliran sungai dan menjadi pemicu pencemaran air sungai. Pertumbuhan industri di DIY juga memberikan tekanan terhadap kualitas air sungai. Industri skala rumah tangga masih banyak yang membuang limbah industrinya ke sungai sehingga menyebabkan pencemaran terhadap air sungai (DLHK DIY, 2020).

Logam berat Kromium Heksavalen (Cr-VI) merupakan salah satu parameter wajib yang harus diukur dalam memantau kualitas air sungai berdasarkan Lampiran VI Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Kromium heksavalen sangat beracun dan bersifat mutagenik jika terhirup, sedangkan logam berat ini banyak digunakan oleh industri yang membutuhkan pewarnaan, seperti industri tekstil, cat dan penyamakan kulit (Dewata & Danhas, 2021).

Parameter Cr-VI termasuk dalam parameter kualitas air Sungai Code, Gajah Wong dan Winongo yang dipantau oleh DLHK DIY setiap 3 bulan sekali setiap tahunnya. Berdasar laporan hasil pemantauan oleh DLHK DIY selama tahun 2019-2021, kandungan Cr-VI terdeteksi terdapat dalam perairan ketiga sungai, meskipun masih di bawah ambang batas baku mutu kualitas air sungai kelas I, yaitu kurang dari 0.05 mg/L (Komunikasi Pribadi, 2022). Meskipun demikian, konsentrasi Cr-VI di perairan tetap harus dipantau mengingat sifatnya yang sangat beracun dan bersifat bioakumulatif (Santosa et al., 2014).

Untuk menyelidiki limbah industri yang diprediksi mengandung logam berat Cr tidak mudah karena pada umumnya industri tertutup untuk hal-hal yang berkaitan dengan pengolahan dan pembuangan limbah. Apalagi, banyaknya permukiman di bantaran sungai menambah jumlah dan volume limbah yang masuk di ketiga sungai tersebut, sedangkan limbah domestik juga banyak yang mengandung logam berat (Widyasari, 2009). Oleh karena itu, tujuan penelitian

ini adalah mengidentifikasi logam berat Kromium (Cr-VI) di lingkungan perairan Yogyakarta, khususnya di tiga sungai yaitu Winongo, Gajah Wong, dan Code serta potensi fitoremediasinya menggunakan gulma air eceng gondok (*Eichornia crassipes* Solms.) dan kayu apu (*Pistia stratiotes* L.).

2. METODE

Penelitian ini merupakan gabungan penelitian survei dan eksperimen. Penelitian survei dilakukan pada awal bulan Juni 2022 untuk mengetahui kualitas air di Sungai Code, Gajah Wong dan Winongo. Variabel penelitian untuk penelitian survei, yaitu: (1) penggal sungai; hulu, tengah dan hilir ketiga sungai; (2) konsentrasi logam berat Cr-VI dalam air dan sedimen; dan (3) kualitas air: pH, kekeruhan, temperatur, *Dissolved Oxygen* (DO), *Chemical Oxygen Demand* (COD), dan *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Total Dissolved Solid* (TDS) dan *Total Suspended Solid* (TSS).

Pengukuran parameter temperatur, pH, DO, BOD, COD, TSS dan TDS dilakukan karena parameter-parameter tersebut dapat mempengaruhi konsentrasi dan mobilitas logam dalam air dan sedimen (Mahardika & Salami, 2012; Lécrivain et al., 2021).

Penelitian eksperimen dilakukan selama 2 minggu pada minggu ke-1 sampai ke-3 bulan Juni 2022, untuk mengetahui potensi fitoremediasi air sungai tercemar Cr-VI dengan eceng gondok dan kayu apu. Variabel bebas dari penelitian eksperimen ini adalah air dari ketiga sungai, variasi jenis tanaman fitoremediator (*Eichornia crassipes* atau eceng gondok dan *Pistia stratiotes* atau kayu apu), sedangkan variabel terikatnya adalah konsentrasi logam berat Cr-VI dan kualitas air (pH, kekeruhan, DO, COD, BOD, TSS dan TDS), serta performa tanaman. Prosedur penelitian survei adalah sebagai berikut.

2.1 Penentuan Lokasi Sampling

Lokasi sampling dibagi menjadi 3 segmen untuk masing-masing sungai, yaitu hulu, tengah, dan hilir. Bagian hulu berada di wilayah utara ringroad utara Yogyakarta, bagian tengah di tengah kota Yogyakarta, sedangkan bagian hilir berada di wilayah selatan ringroad selatan Yogyakarta. Lokasi titik-titik sampling disajikan pada peta sampling Gambar 1.

2.2 Pengambilan Sampel Air dan Sedimen

Setiap lokasi pengambilan sampel diambil sampel air dan sedimen dari 3 titik, yaitu di tepi kiri dan kanan serta di tengah sungai, kemudian dikomposit.

2.3 Pengukuran Parameter Fisik dan Kimia On Site

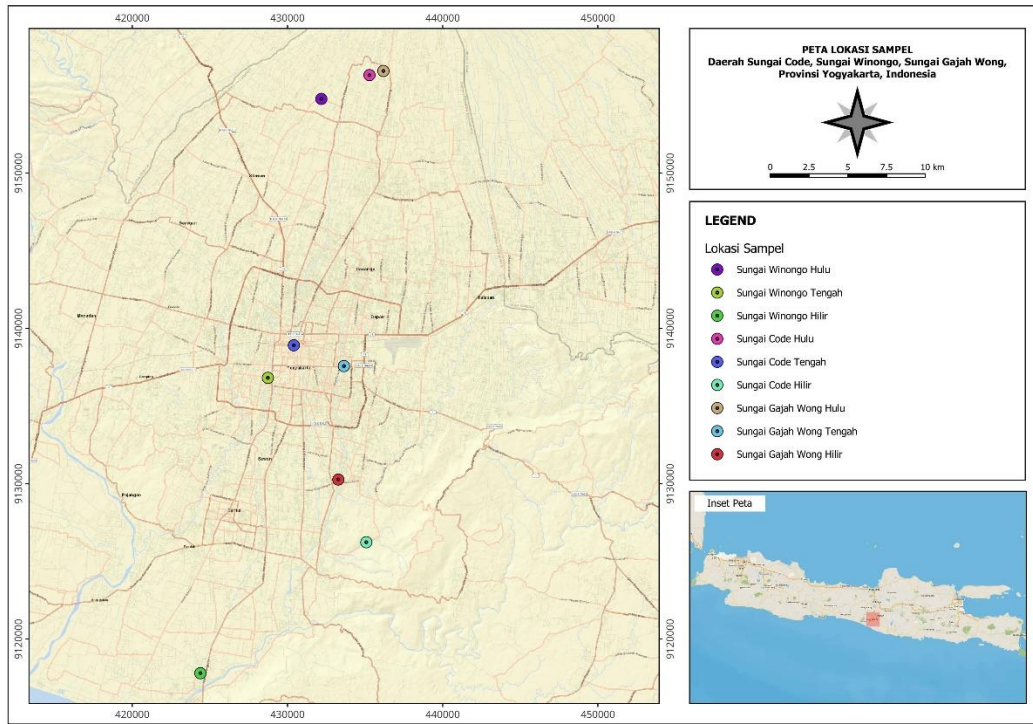
Di setiap titik sampling dilakukan pengukuran suhu air, kekeruhan, pH dan kandungan oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen*/DO) secara langsung (*on site*). Pengukuran suhu air dengan termometer, kekeruhan dengan turbidimeter, pH dengan pH-meter, dan DO dengan DO-meter.

2.4 Pengukuran Parameter Kimia di Laboratorium

Sampel air dan sedimen yang dikumpulkan dari setiap titik pengambilan sampel kemudian dianalisis kadar *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solid* (TSS) dan *Total Dissolved Solid* (TDS), serta kandungan logam berat Kromium valensi 6 (Cr-VI). Analisis BOD, COD, TSS dan TDS dilakukan di Laboratorium Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pemberantasan Penyakit Menular (BBTKL-PP), Jl. Wiyoro Lor, Banguntapan, Bantul, Yogyakarta, sedangkan analisis Cr-VI dilakukan di Laboratorium Kimia FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta (UNY) dengan Spektrofotometri UV-Vis.

Selanjutnya, prosedur penelitian eksperimen potensi fitoremediasi logam berat Kromium dengan gulma air eceng gondok dan kayu apu dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menyiapkan gulma air eceng gondok (*Eichornia crassipes*) dan kayu apu (*Pistia stratiotes*) dengan kondisi yang seragam.
2. Mengaklimatisasi gulma air yang akan digunakan sebagai fitoremediator dalam ember yang berisi air sumur selama 7 hari
3. Mengambil sampel air dari ketiga sungai, kemudian ditampung dalam ember percobaan dengan volume per ember 5 liter.
4. Menyiapkan masing-masing 3 ember air sungai dengan volume masing-masing 5 liter untuk setiap perlakuan sebagai ulangan. Variasi perlakuan yaitu: kontrol (tanpa tanaman, kode K), perlakuan dengan eceng gondok (kode EG), dan perlakuan dengan kayu apu (kode KA). Hal ini dilakukan untuk air masing-masing sungai. Jadi ada 3 seri percobaan karena ada 3 sungai yang diuji coba.
5. Setelah ember diisi dengan air sungai, maka kemudian diberi gulma air yang sudah diaklimatisasi sesuai perlakuan yang direncanakan, yaitu perlakuan dengan eceng gondok dan kayu apu dengan volume sama setiap ulangan dan kerapatan gulma sampai menutupi permukaan air di ember. Berat basah gulma diukur sebelum perlakuan dan harus sama untuk setiap ulangan, yaitu 50 gr untuk kayu apu dan 250 gr untuk eceng gondok.
6. Konsentrasi logam berat Cr-VI, COD, BOD, TDS dan TSS diukur pada hari ke-0 dan ke-14 setelah perlakuan untuk setiap ulangan. Berat basah gulma air ditimbang pada hari ke-0 dan ke-14, serta parameter DO, turbiditas, suhu dan pH diukur hari ke-0, ke-7 dan ke-14 secara *on site*.
7. Performa gulma air diamati dan dicatat pada hari ke-0, ke-7 dan ke-14, yaitu warna dan jumlah daun, panjang akar dan ada tidaknya bunga.
8. Volume air dalam ember dijaga tetap sama dengan di awal percobaan, jika air berkurang karena proses evapotranspirasi maka ditambahkan air sumur sehingga volume menjadi seperti semula.
9. Percobaan diakhiri pada hari ke-14



Gambar 1. Peta lokasi titik-titik sampling di ketiga sungai

2.5 Analisis Data

Analisis data dilakukan secara deskriptif kuantitatif untuk menganalisis kandungan logam berat Kromium dan kualitas air ketiga sungai serta potensi fitoremediasinya menggunakan gulma air eceng gondok dan kayu apu.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Identifikasi Kualitas Air dan Logam Berat Kromium di Sungai Gajah Wong, Code dan Winongo

Tabel 1 menyajikan hasil pengukuran kualitas air di ketiga sungai yang langsung diukur di lapangan (*on site*), yaitu pH, suhu, DO dan turbiditas karena sifat-sifat fisikokimia tersebut berpengaruh terhadap kelarutan dan reaksi logam berat dalam air (Paramita et al., 2017; Masriadi et al., 2019).

Berdasar Tabel 1 parameter yang tidak memenuhi standar baku mutu sesuai Peraturan Gubernur DIY Nomor 20 Tahun 2008 tentang Baku Mutu Air di Provinsi DIY Kelas 1 di semua titik sampling adalah DO. Ketiga sungai mempunyai kualitas air yang terbaik di penggal sungai yang berbeda-beda, dilihat dari parameter DO, suhu, pH dan turbiditas. Pola tersebut tidak jelas, hal ini dimungkinkan karena faktor aktivitas manusia di sekitar sungai yang tidak sama dan waktu pengukuran yang hanya sesaat (*grab sampling*) yang memungkinkan hasil pengukuran dapat berbeda jika diukur pada waktu yang berbeda. Air sungai yang mengalir menyebabkan kualitas airnya sangat dinamis atau mudah berubah. Hal ini karena Daerah Aliran Sungai (DAS) Code, Winongo dan Gajah Wong banyak dimanfaatkan untuk berbagai kegiatan domestik, industri, dan pertanian yang

limbahnya dibuang ke sungai sehingga akan merusak kualitas air sungai (Winata & Hartantyo, 2013).

Aglomerasi dan perkembangan kota Yogyakarta baik ke arah Kabupaten Sleman yang merupakan hulu dari Sungai Code, Gajah Wong dan Winongo, maupun Bantul yang merupakan hilir dari ketiga sungai tersebut (Lupiyanto & Wijaya, 2010; Brontowiyono & Lupiyanto, 2011), menyebabkan kualitas air sungai antara daerah hulu, tengah dan hilir tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan, kecuali pada daerah dekat outlet pembuangan limbah (*point source*). Semakin jauh dari *point source* maka sungai telah mengalami *self purification*, yang biasanya dilihat dari perbaikan parameter fisikokimia, yaitu DO, BOD, pH dan suhu (Hendrasarie & Cahyarani, 2011; Babamiri et al., 2021), akan tetapi kemampuan *self purification* ini terjadi pada kondisi pencemaran yang tidak melebihi ambang batas atau kapasitas daya dukung lingkungan (Arbie et al., 2015). Perkembangan Kota Yogyakarta dengan semakin banyaknya pemukiman dan aktivitas manusia yang membuang limbahnya ke sungai dari hulu sampai hilir inilah yang memungkinkan kondisi kualitas fisikokimia air sungai tidak ada perbedaan signifikan dari hulu sampai hilir karena sungai tidak sempat melakukan *self purification*.

Selanjutnya, hasil uji kandungan Cr-VI terhadap sampel air dan sedimen dari ketiga sungai disajikan pada Tabel 2. Berdasar tabel tersebut maka diketahui bahwa konsentrasi Cr-VI pada perairan ketiga sungai masih di bawah ambang baku mutu (kurang dari 0,05 mg/L), demikian juga konsentrasi Cr-VI pada sedimen ketiga sungai. Kandungan Cr-VI pada perairan ketiga sungai tidak memiliki pola yang sama. Pada Sungai Gajahwong polanya menurun dari hulu ke hilir, pada

Sungai Code bagian tengah memiliki kandungan krom tertinggi, dan pada Sungai Winongo kandungan krom naik dari hulu ke hilir sungai. Hasil tersebut dimungkinkan karena faktor aktivitas manusia di sekitar tiga sungai tidak sama dan saat pengukuran yang hanya sesaat memungkinkan hasil pengukuran berbeda jika diukur pada waktu yang berbeda. Air sungai yang mengalir menyebabkan kualitas airnya sangat mudah berubah.

Hasil pengukuran kandungan Cr-VI di semua penggal sungai menunjukkan masih di bawah ambang baku mutu (kurang dari 0,005 mg/L). Ini dimungkinkan karena penelitian dilakukan di awal bulan Juni 2022, sedangkan aktivitas perekonomian di Daerah Istimewa Yogyakarta selama 2 tahun sebelumnya mengalami penurunan akibat adanya pandemic covid-19 (Setiawan et al., 2020), sehingga limbah cair yang masuk ke sungai pun jauh berkurang.

Hasil pengukuran kandungan Cr-VI pada sedimen diketahui polanya sama dengan kandungan Cr-VI pada air (Tabel 2), yang berarti bahwa kenaikan kandungan Kromium di air akan diikuti kenaikan Kromium pada sedimen. Hal ini karena peningkatan kandungan Kromium di air akan diikuti akumulasi Kromium di sedimen (Tseng et al., 2019).

3.2. Potensi Fitoremediasi Cemar Logam Berat Kromium di Sungai Code, Gajah Wong dan Winongo dengan Eceng Gondok dan Kayu Apu

Dalam penelitian ini efektivitas perlakuan fitoremediasi dilihat dari: (a) kandungan Cr-VI pada air sebelum dan setelah perlakuan; (b) kualitas air sebelum dan setelah perlakuan; (c) kandungan Kromium pada kedua tanaman fitoremediator sebelum dan setelah perlakuan; dan (4) performa

tanaman fitoremediator sebelum dan setelah perlakuan.

Gambar 2 menyajikan kandungan Cr-VI air sungai sebelum dan setelah perlakuan fitoremediasi dengan eceng gondok dan kayu apu dibandingkan dengan kontrol (tanpa tanaman fitoremediator). Grafik pada Gambar 2 menunjukkan bahwa pada perlakuan kontrol kandungan Cr-VI di Sungai Gajahwong bagian hulu, tengah maupun hilir mengalami peningkatan dari hari ke-0 ke hari ke-14. Hal ini berbeda dengan air Sungai Code yang mengalami peningkatan pada bagian hulu dan penurunan pada bagian tengah dan hilir, sedangkan pada air Sungai Winongo mengalami penurunan untuk semua penggal sungai.

Gambar 2 juga menunjukkan bahwa hasil perlakuan fitoremediasi dengan kayu apu pada air Sungai Gajah Wong bagian hulu, tengah maupun hilir pada hari ke-14 mengalami kenaikan konsentrasi krom heksavalen, fenomena ini sama dengan kontrol. Hasil ini berbeda dengan hasil perlakuan fitoremediasi dengan kayu apu pada air Sungai Code dan Sungai Winongo. Air Sungai Winongo dari hulu, tengah maupun hilir mengalami penurunan konsentrasi Cr-VI pada hari ke-14, demikian juga dengan kontrol. Pada air Sungai Code penurunan dialami pada air dari bagian tengah dan hilir, sedangkan pada air dari bagian hulu mengalami kenaikan, dan pola ini sama dengan perlakuan kontrol. Analisis kadar Cr-VI secara spektrofotometri UV-Vis yang menghasilkan angka negatif seperti pada air sungai Code bagian tengah dan hilir setelah perlakuan dengan kayu apu (Gambar 2) dikarenakan hasilnya di bawah MDL (*Method Detection Limit*) sehingga sampel tersebut tidak dapat dideteksi (Sholiha et al., 2021).

Tabel 1. Hasil Pengukuran Parameter Kualitas Air Ketiga Sungai yang Langsung Diukur di Lapangan (*On site*)

Lokasi	Sungai											
	GAJAH WONG				CODE				WINONGO			
	DO (ppm)	Suhu (oC)	pH	Turbiditas (NTU)	DO (ppm)	Suhu (oC)	pH	Turbiditas (NTU)	DO (ppm)	Suhu (oC)	pH	Turbiditas (NTU)
Hulu	2.9	11	7.15	2	4.6	12	7.25	6.8	1.68	12	8	2
Tengah	5.55	16	7.5	13	4.19	15	7.23	4	1.56	16	7.2	6
Hilir	3.8	18	7.39	5	3.95	16	7.64	7	7.02	16	7.8	6
Standar Baku Mutu*	DO : 6 mg/L Suhu : ±3°C terhadap suhu udara pH : 6 - 8.5 Turbiditas: 5 NTU											

Sumber data: *Data Lapangan, 2022*

Keterangan: *Peraturan Gubernur DIY Nomor 20 Tahun 2008 tentang Baku Mutu Air di Provinsi DIY Kelas 1 (untuk air baku air minum)

Tabel 2. Kandungan Kromium Heksavalen (Cr-VI) pada Air dan Sedimen Ketiga Sungai

Lokasi	Kandungan Kromium Hexavalen pada Badan Air (mg/L)						Standar Baku Mutu Kelas I (mg/L)*
	GAJAH WONG		CODE		WINONGO		
	Air	Sedimen	Air	Sedimen	Air	Sedimen	
Hulu	0,00633	0,00578	0,00545	0,00167	0,00565	0,00139	0,05
Tengah	0,00401	0,00398	0,00864	0,00587	0,00579	0,00735	
Hilir	0,00187	0,00104	0,00683	0,00318	0,00603	0,00094	

Sumber: Hasil uji sampel air sungai dengan teknik Spektrofotometri UV-Vis. di *Laboratorium Kimia FMIPA UNY*

Keterangan: *Peraturan Gubernur DIY Nomor 20 Tahun 2008 tentang Baku Mutu Air di Provinsi DIY Kelas 1 (untuk air baku air minum)

Perlakuan dengan eceng gondok pada air Sungai Gajah Wong mengalami peningkatan konsentrasi Cr-VI pada hari ke-14 sebaliknya pada Sungai Winongo mengalami penurunan pada semua penggal sungai. Pada air Sungai Code dari bagian hulu dan tengah mengalami penurunan sedangkan air dari bagian hilir mengalami kenaikan, dan pola ini tidak sama dengan perlakuan kontrolnya yang mengalami kenaikan pada air dari hulu dan kenaikan pada air dari tengah dan hilir sungai (Gambar 2). Persentase penurunan atau kenaikan kandungan Cr-VI pada hari ke-14 dari masing-masing perlakuan disajikan pada Tabel 3.

Berdasar Tabel 3 diketahui bahwa baik pada kontrol maupun perlakuan fitoremediasi pada air Sungai Winongo menghasilkan penurunan kandungan Cr-VI dan penurunan yang paling nampak adalah dengan perlakuan eceng gondok. Akan tetapi, pada air Sungai Code dan Gajah Wong baik pada kontrol maupun perlakuan fitoremediasi hasilnya ada yang naik dan ada yang turun. Hasil dengan pola yang tidak sama ini dapat dipengaruhi oleh banyak faktor, di antaranya adalah parameter yang mempengaruhi kelarutan Cr-VI di air, seperti pH, suhu, kekeruhan dan DO (Paramita et al., 2017; Masriadi et al., 2019). Sebagai contoh, nilai pH sangat berpengaruh terhadap tingkat kelarutan Cr-VI. Reaksi reduksi Cr-VI menjadi Cr-III memerlukan pH asam, dan pada pH basa Cr-III akan lebih mudah mengendap. Kromium akan mudah larut dalam pH asam (Said, 2010), sedangkan pH di semua perlakuan pada hari ke-0, ke-7 dan ke-14 cenderung netral-basa (Tabel 8) sehingga kelarutan Krom rendah. Kenaikan Cr-VI pada beberapa perlakuan seperti yang telah disebutkan di atas dipengaruhi oleh interaksi dari parameter suhu, DO, turbiditas dan pH yang datanya disajikan pada Tabel 6, Tabel 7, Tabel 8 dan Tabel 9.

Selain dipengaruhi oleh reaksi reduksi, oksidasi dan tingkat kelarutan Krom-VI, konsentrasi Krom-VI di air juga dipengaruhi oleh kemampuan fitoremediasi tanaman fitoremediator dalam melakukan rhizofiltrasi pada akar, fitoekstraksi dan fitoakumulasi pada bagian tubuh, dan fitovolatilasi pada bagian daun (Nursagita & Titah, 2021).

Gambar 3 menunjukkan bahwa konsentrasi Cr-VI pada biomassa tanaman kayu apu maupun eceng gondok mengalami peningkatan dari hari ke-0 ke hari ke-14. Hal ini disebabkan karena tanaman menyerap krom dari air sungai dan mengakumulasinya pada bagian tanaman seperti akar, batang dan daun tanaman (Truu et al., 2015; Babincev, 2017). Eceng gondok dan kayu apu memiliki kemampuan untuk menyerap, mengekstraksi dan menghilangkan polutan yang berasal dari lingkungan dengan cara menyerap melalui akar yang akan menyebar ke seluruh bagian tumbuhan melalui pembuluh pengangkut (Vidyawati & Fitrihidajati, 2019; Billah et al., 2020).

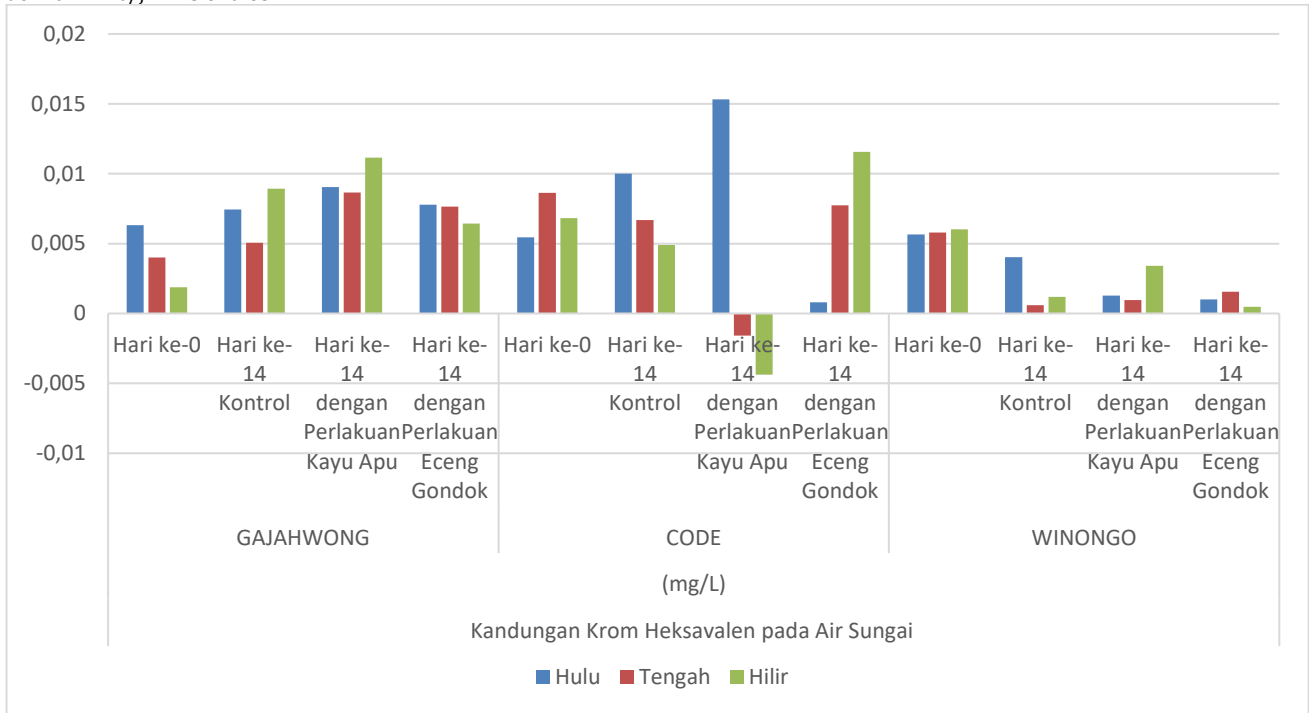
Selanjutnya, untuk mengetahui apakah performa tanaman fitoremediator mengalami penurunan setelah proses fitoremediasi, dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4 menunjukkan bahwa tanaman kayu apu dapat tumbuh dengan baik dilihat dari warna daun dan kenaikan jumlah daunnya serta kenaikan berat basah. Kayu apu merupakan hiperakumulator atau fitoremediator logam berat dengan melakukan bioakumulasi, pengayaan, dan translokasi logam berat ke dalam biomasnya, terutama di bagian daun dan akar (Kumar et al., 2018).

Tabel 5 menunjukkan tanaman eceng gondok dapat beradaptasi dengan baik, ditunjukkan dengan warna daun yang rata-rata masih berwarna hijau, sedangkan adanya daun yang berwarna coklat disebabkan proses alami karena penuaan. Jumlah daun menunjukkan adanya penambahan jumlah, yang menandakan adanya proses pertumbuhan, yaitu dengan munculnya daun muda. Beberapa tanaman eceng gondok juga mengalami pertumbuhan bunga. Ini berarti tanaman eceng gondok tidak mengalami penurunan performa saat dilakukan pengujian pada air sungai yang tercemar krom (Sumardi et al., 2019).

Hasil pengukuran panjang akar tanaman eceng gondok juga mengalami penambahan panjang (Tabel 5). Hal ini menunjukkan tanaman eceng gondok dapat beradaptasi dengan baik pada air yang tercemar krom dilihat dari performa akarnya yang masih mengalami pertumbuhan (Sumardi et al., 2019). Hasil ini berbeda dengan tanaman kayu apu yang mengalami penurunan panjang akar (Tabel 4). Hal ini dimungkinkan karena akumulasi logam berat pada kayu apu lebih banyak pada akar (Kumar et al., 2018), sehingga mempengaruhi pertumbuhan akar.

Hasil pengukuran berat basah tanaman eceng gondok setelah perlakuan fitoremediasi juga mengalami peningkatan (Tabel 5). Hal ini menunjukkan bahwa eceng gondok tumbuh baik pada air sungai yang tercemar Kromium. Eceng gondok beradaptasi dengan melakukan pengenceran logam berat dengan cara menyimpan air dalam daun, sehingga membuat tanaman eceng gondok mengalami peningkatan berat basah (Sari et al., 2014). Pertumbuhan dan penambahan berat eceng gondok juga dapat disebabkan karena konsentrasi krom air sungai yang masih dalam batas toleransinya sehingga eceng gondok masih mampu tumbuh dengan baik (Pandia et al., 2018). Kondisi peningkatan berat basah setelah perlakuan fitoremediasi juga terjadi pada kayu apu dengan rata-rata persentase kenaikan yang lebih tinggi daripada eceng gondok (Tabel 4). Hal ini karena kayu apu dikenal sebagai tanaman fitoremediator atau hiperakumulator logam berat yang banyak menyimpan logam berat pada bagian daunnya sehingga akan menambah berat basah yang signifikan (Kumar et al., 2018).

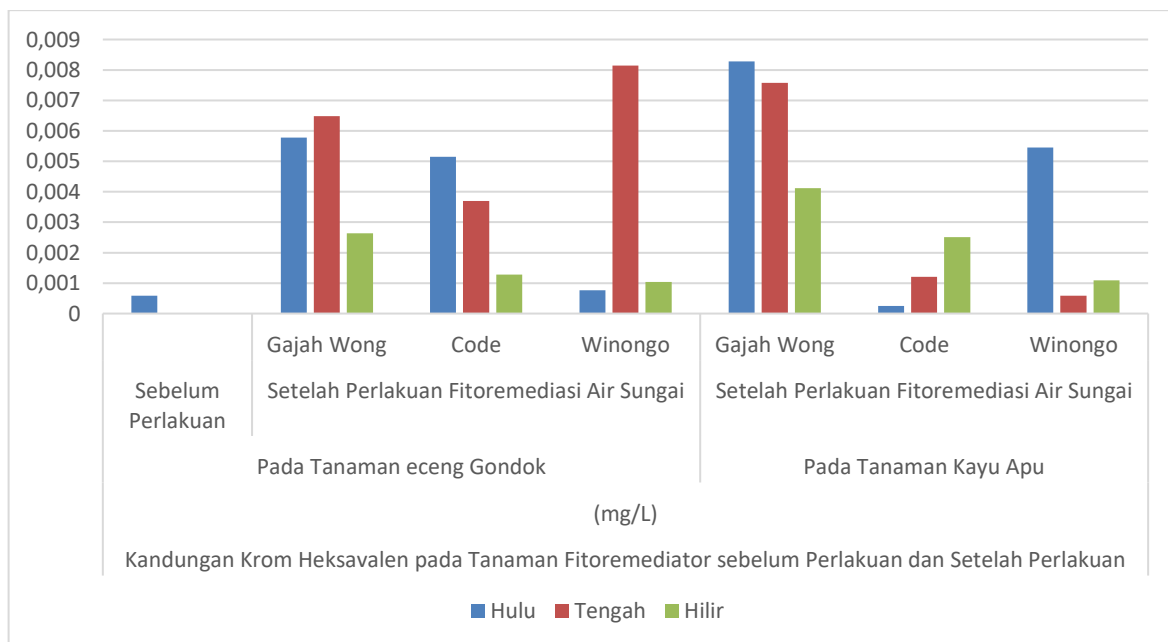


Gambar 2. Kandungan kromium (Cr-VI) pada air sungai pada hari ke-14 dengan perlakuan kayu apu dan eceng gondok vs kontrol

Tabel 3. Persentase Penurunan Cr-VI Setelah Perlakuan Selama 14 Hari pada Kontrol, Perlakuan Kayu Apu dan Perlakuan Eceng Gondok

Dari Bagian	Air Sungai Gajah Wong dengan perlakuan			Air Sungai Code dengan perlakuan			Air Sungai Winongo dengan perlakuan		
	Kontrol	Kayu Apu	Eceng Gondok	Kontrol	Kayu Apu	Eceng Gondok	Kontrol	Kayu Apu	Eceng Gondok
Hulu	(17.694)	(42.970)	(22.907)	(83.670)	(181.101)	85.321	28.850	77.522	82.301
Tengah	(26.185)	(115.711)	(90.773)	22.569	118.171	10.417	89.810	83.247	73.230
Hilir	(377.540)	(495.722)	(243.850)	28.111	164.129	(69.400)	80.265	43.615	91.874

Keterangan: Tanda kurung pada angka menunjukkan kenaikan



Gambar 3. Kandungan Krom Heksavalen pada Tanaman Fitoremediator Kayu Apu dan Eceng Gondok Sebelum dan Setelah Perlakuan Fitoremediasi Air Sungai

Tabel 4. Performa Tanaman Fitoremediator Kayu Apu Setelah Perlakuan (Hari Ke-14)

Perlakuan pada Air Sungai	Performa Tanaman Kayu Apu pada Hari ke-14				
	Warna Daun	Bunga	% Kenaikan Berat Basah dari Hari ke-0	% Kenaikan Jumlah Daun dari Hari ke-7	% Penurunan Panjang Akar dari Hari ke-7
Hulu Code	Hijau	Tidak Ada	13,33	0,15	12,22
Tengah Code	Hijau	Tidak Ada	40	4,81	5
Hilir Code	Hijau	Tidak Ada	20	23,97	6,36
Hulu Winongo	Hijau	Tidak Ada	96,67	12,71	6,8
Tengah Winongo	Hijau	Tidak Ada	60	0,49	2,38
Hilir Winongo	Hijau	Tidak Ada	70	10,74	13,89
Hulu Gajah Wong	Hijau	Tidak Ada	36,67	53,98	20,13
Tengah Gajah Wong	Hijau	Tidak Ada	60	46,52	9,63
Hilir Gajah Wong	Hijau	Tidak Ada	76,67	13,1	22,32

Tabel 5. Performa Tanaman Fitoremediator Eceng Gondok Setelah Perlakuan (Hari Ke-14)

Perlakuan pada Air Sungai	Performa Tanaman Kayu Apu pada Hari ke-14				
	Warna Daun	Bunga	% Kenaikan Berat Basah dari Hari ke-0	% Kenaikan Jumlah Daun dari Hari ke-7	% Penurunan Panjang Akar dari Hari ke-7
Hulu Code	Hijau	Tidak Ada	6,67	18,89	10,51
Tengah Code	Hijau ada sedikit coklat	Ada 1	13,33	24,9	8,67
Hilir Code	Hijau ada sedikit coklat	Tidak Ada	29,33	10,42	(13,23)
Hulu Winongo	Hijau	Tidak Ada	21,33	22,68	1,64
Tengah Winongo	Hijau	Tidak Ada	13,33	36,94	55,12
Hilir Winongo	Hijau	Ada 1	22,67	22,72	7,21
Hulu Gajah Wong	Hijau ada sedikit coklat	Tidak Ada	25,33	14,78	(36,05)
Tengah Gajah Wong	Hijau ada sedikit coklat	Ada 1	40	2,18	4,87
Hilir Gajah Wong	Hijau ada sedikit coklat	Tidak Ada	20	(16,62)	26,11

Keterangan: Tanda kurung pada angka menunjukkan penurunan

Tabel 6. Hasil Pengukuran Parameter Suhu Air dari Hulu, Tengah dan Hilir Ketiga Sungai pada Hari ke-0 serta Hari ke-7 dan ke-14 Setelah Perlakuan Fitoremediasi

Bagian	Perlakuan	Rerata Suhu Air Sungai Gajah Wong (°C)			Rerata Suhu Air Sungai Code (°C)			Rerata Suhu Air Sungai Winongo (°C)		
		Hari ke-0	Hari ke-7	Hari ke-14	Hari ke-0	Hari ke-7	Hari ke-14	Hari ke-0	Hari ke-7	Hari ke-14
		Hulu	Kontrol	11	27	27	12	27	26	12
	Dengan Kayu Apu	11	27,5	26	12	27,8	26,2	12	27	27,3
	Dengan Eceng Gondok	11	27,5	26	12	28	26	12	27	27,2
Tengah	Kontrol	16	27	26	15	28	26	16	27	27
	Dengan Kayu Apu	16	27,2	26	15	28	26	16	27	27,3
	Dengan Eceng Gondok	16	27,5	26	15	27	26	16	27	27,3
Hilir	Kontrol	18	27	26	16	28	26	16	26	27
	Dengan Kayu Apu	18	27,2	26	16	28	26	16	27	27,3
	Dengan Eceng Gondok	18	27,2	26	16	27	26	15	27	27,3

Tabel 7. Hasil Pengukuran Parameter DO dari Hulu, Tengah dan Hilir Ketiga Sungai pada Hari ke-0 serta Hari ke-7 dan ke-14 Setelah Perlakuan Fitoremediasi

Bagian	Perlakuan	Rerata DO Air Sungai Gajah Wong (ppm)			Rerata DO Air Sungai Code (ppm)			Rerata DO Air Sungai Winongo (ppm)		
		Hari ke-0	Hari ke-7	Hari ke-14	Hari ke-0	Hari ke-7	Hari ke-14	Hari ke-0	Hari ke-7	Hari ke-14
		Hulu	Kontrol	2.9	3.93	4.03	4.6	4.9	3.83	1.68
	Dengan Kayu Apu	2.9	3.48	3.23	4.6	3.07	3.72	1.68	2.55	3.87
	Dengan Eceng Gondok	2.9	3.35	4.98	4.6	3.33	3.95	1.68	2.95	3.68
Tengah	Kontrol	5.55	3.93	4.76	4.19	4.4	4.96	1.56	4.35	4.81
	Dengan Kayu Apu	5.55	3.48	3.71	4.19	3.33	3.52	1.56	3.11	4.36
	Dengan Eceng Gondok	5.55	3.35	3.31	4.19	3.25	3.33	1.56	3.32	4.03
Hilir	Kontrol	3.8	4.6	4.61	3.95	4.67	4.46	7.02	4.4	5.38
	Dengan Kayu Apu	3.8	3.53	4.1	3.95	3.38	3.36	7.02	3.13	3.88
	Dengan Eceng Gondok	3.8	3.58	3.8	3.95	3.34	3.45	7.02	3.42	4.2

Tabel 8. Hasil Pengukuran Parameter pH Air dari Hulu, Tengah dan Hilir Ketiga Sungai pada Hari ke-0 serta Hari ke-7 dan ke-14 Setelah Perlakuan Fitoremediasi

Bagian	Perlakuan	Rerata pH Air Sungai Gajah Wong			Rerata pH Air Sungai Code			Rerata pH Air Sungai Winongo		
		Hari ke-0	Hari ke-7	Hari ke-14	Hari ke-0	Hari ke-7	Hari ke-14	Hari ke-0	Hari ke-7	Hari ke-14
Hulu	Kontrol	7.2	8.1	8.1	7.3	8	8.3	8	8.3	8.4
	Dengan Kayu Apu	7.2	7.9	8	7.3	7.7	7.9	8	7.8	7.8
	Dengan Eceng Gondok	7.2	7.8	7.8	7.3	7.8	7.9	8	7.7	7.8
Tengah	Kontrol	7.5	8.1	8.2	7.2	7.9	8.2	7.2	8.4	8.5
	Dengan Kayu Apu	7.5	7.8	7.9	7.2	7.7	7.9	7.2	7.8	8
	Dengan Eceng Gondok	7.5	7.9	7.8	7.2	7.7	7.9	7.2	7.5	7.7
Hilir	Kontrol	7.4	8.1	8.4	7.6	8	8.3	7.8	8.3	8.6
	Dengan Kayu Apu	7.4	7.8	8.1	7.6	7.7	8	7.8	7.7	7.8
	Dengan Eceng Gondok	7.4	7.7	7.7	7.6	7.8	7.8	7.8	7.5	7.8

Tabel 9. Hasil Pengukuran Parameter Turbiditas dari Hulu, Tengah dan Hilir Ketiga Sungai pada Hari ke-0 serta Hari ke-7 dan ke-14 Setelah Perlakuan Fitoremediasi

Bagian	Perlakuan	Rerata Turbiditas Air Sungai Gajah Wong			Rerata Turbiditas Air Sungai Code			Rerata Turbiditas Air Sungai Winongo		
		Hari ke-0	Hari ke-7	Hari ke-14	Hari ke-0	Hari ke-7	Hari ke-14	Hari ke-0	Hari ke-7	Hari ke-14
Hulu	Kontrol	2	3	5	6.8	7	4	2	4	1
	Dengan Kayu Apu	2	1	0.33	6.8	1.67	0.67	2	1	1
	Dengan Eceng Gondok	2	1	4.05	6.8	0.67	1	2	1	1
Tengah	Kontrol	13	3	7	4	4	7	6	3	1
	Dengan Kayu Apu	13	1	0.33	4	1	0.67	6	1	1
	Dengan Eceng Gondok	13	1	0.33	4	0.67	1	6	1	1
Hilir	Kontrol	5	10	6	7	5	4	6	3	1
	Dengan Kayu Apu	5	1	0.33	7	1.33	0.67	6	1	0.67
	Dengan Eceng Gondok	5	1	0.3	7	1	1	6	1	1

Tabel 10. Hasil Analisis Parameter Kualitas air Rata-rata dari Ketiga Sungai di Laboratorium BBTCL-PP Sebelum dan Setelah Perlakuan

Waktu Pengukuran	Parameter yang Diukur pada Air Sungai											
	Gajah Wong				Code				Winongo			
	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TSS (mg/L)	TDS (mg/L)	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TSS (mg/L)	TDS (mg/L)	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TSS (mg/L)	TDS (mg/L)
Hari ke-0	1,33	9,2	9,33	132,33	1,47	8,77	14,67	140,33	2,83	13,3	5,33	146,67
Setelah perlakuan eceng gondok	2,1	12,9	117	197	1,4	14,4	111	208	6,1	59,4	119	136
Setelah perlakuan kayu apu	3,33	17,9	120	181	2,6	13,7	79	213	5,9	51	115	194

Keterangan: *Peraturan Gubernur DIY Nomor 20 Tahun 2008 tentang Baku Mutu Air di Provinsi DIY Kelas 1 (untuk air baku air minum)

Perlakuan fitoremediasi diakhiri pada hari ke-14. Hasil pengukuran parameter kualitas air sungai setelah perlakuan fitoremediasi disajikan pada Tabel 6 (untuk parameter suhu), Tabel 7 (untuk parameter DO), Tabel 8 (untuk parameter pH) dan Tabel 9 (untuk parameter turbiditas). Berdasar tabel-tabel tersebut diketahui bahwa tidak ada perbedaan kualitas air yang mencolok antar perlakuan.

Parameter suhu mengalami peningkatan di semua perlakuan dan masih sesuai dengan standar baku mutu, hal ini karena dipengaruhi dengan suhu udara dalam *green house* tempat dilakukannya percobaan fitoremediasi. Parameter DO yang awalnya rendah mengalami peningkatan pada hari ke-14 meskipun belum mencapai standar baku mutu. Nilai pH mengalami peningkatan ke arah basa pada semua perlakuan terutama pada kontrol, akan tetapi masih sesuai standar baku mutu. Turbiditas cenderung

mengalami penurunan setelah perlakuan dan mencapai standar baku mutu, sedangkan pada kontrol cenderung lebih tinggi daripada perlakuan fitoremediasi dan cenderung tidak memenuhi standar baku mutu. Antara perlakuan kayu apu dan eceng gondok cenderung tidak ada perbedaan yang mencolok.

Tabel 10 menunjukkan hasil pengukuran kualitas air ketiga sungai. Air sungai Gajah Wong dan Sungai Winongo BOD-nya mengalami peningkatan setelah diberi perlakuan, sedangkan pada air Sungai Code mengalami penurunan pada perlakuan eceng gondok tetapi mengalami peningkatan pada perlakuan kayu apu. Pada hasil pengukuran COD di ketiga sungai mengalami peningkatan setelah perlakuan dengan kayu apu maupun eceng gondok. Hal ini dimungkinkan karena adanya daun yang layu dan kering kemudian jatuh di dalam air perlakuan. Adanya

daun yang layu dan kering dapat disebabkan oleh luas penutupan tanaman pada permukaan ember perlakuan yang digunakan mencapai 100%, sehingga mengakibatkan adanya kompetisi antar tanaman fitoremediator. Hal tersebut dapat membuat data BOD dan COD menjadi fluktuatif karena adanya bahan organik yang masuk ke dalam air. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian (Zumandi et al., 2015) bahwa tanaman eceng gondok tumbuh sangat baik pada penutupan 30% dibandingkan penutupan 60% dan 90 %. Oleh karena itu, perlakuan dengan penutupan 100% akan menyebabkan kompetisi antara individu tanaman dalam memperebutkan unsur-unsur pertumbuhan seperti hara, cahaya, air dan udara, sehingga mengakibatkan adanya daun mati yang jatuh ke dalam air. Hasil pengukuran TSS dan TDS setelah proses fitoremediasi juga menunjukkan peningkatan dibandingkan dengan hari ke-0, baik pada air Sungai Code, Winongo maupun Gajahwong. Hal ini dikarenakan bahan organik yang masuk ke dalam air yang berasal dari pembusukan daun-daun yang jatuh ke dalam air dapat meningkatkan konsentrasi BOD, COD, TDS, dan TSS (Siswoyo et al., 2020).

Berdasar hasil keseluruhan dari pengukuran parameter Cr-VI dan kualitas air maka secara umum dapat dikatakan bahwa *trend* datanya tidak jelas. Hal ini dapat dimungkinkan karena kandungan kromium di ketiga sungai sangat rendah masih jauh di bawah ambang baku mutu, sehingga proses remediasi tidak signifikan perannya dalam meremediasi kualitas air sungai yang tercemar logam Kromium. Oleh karena itu, potensi eceng gondok dan kayu apu sebagai fitoremediator air sungai yang tercemar logam berat Kromium tidak nampak jelas karena konsentrasi Cr-VI pada air di ketiga sungai masih rendah di bawah ambang baku mutu (<0.05 mg/L), sesuai dengan hasil laporan pemantauan kualitas air ketiga sungai oleh DLHK DIY selama tahun 2019-2021 yang telah disebutkan di latar belakang. Hal itu berarti bahwa berdasar hasil penelitian, konsentrasi Cr-VI di ketiga sungai di tahun 2022 juga terpantau di bawah ambang batas baku mutu. Meskipun demikian, mengingat sifat Cr-VI yang bioakumulatif, maka dilihat dari performa tanaman kedua gulma berpotensi untuk menjadi fitoremediator di sungai yang tercemar logam berat Kromium. Berdasar Tabel 4 dan Tabel 5, kedua jenis gulma air ini mempunyai kelebihan masing-masing dalam hal performa setelah perlakuan fitoremediasi, yaitu jika dilihat dari persentase kenaikan berat basah kayu apu lebih unggul dari eceng gondok, tetapi jika dilihat dari penambahan panjang akarnya maka eceng gondok lebih unggul karena kayu apu justru mengalami pemendekan akar.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa di Sungai Code, Winongo maupun Gajah Wong teridentifikasi cemaran logam berat Kromium (Cr-VI) tetapi masih di bawah ambang baku mutu menurut Peraturan Gubernur DIY Nomor 20 Tahun 2008

tentang Baku Mutu Air di Provinsi DIY Kelas 1 (untuk air baku air minum). Potensi eceng gondok dan kayu apu sebagai fitoremediator air sungai yang tercemar Kromium tersebut tidak nampak jelas karena konsentrasi Kromium (Cr-VI) pada air di ketiga sungai masih rendah di bawah ambang baku mutu (<0.05 mg/L), akan tetapi dilihat dari performa tanaman maka kedua gulma ini berpotensi untuk menjadi fitoremediator di sungai yang tercemar logam berat Kromium.

Penelitian ini memiliki keterbatasan karena pengukuran kualitas air yang bersifat sesaat dan tanpa pengulangan waktu pengambilan sampel, sedangkan perbedaan aktivitas manusia yang mempengaruhi kualitas air sungai sangat fluktuatif. Analisis yang dilakukan juga hanya secara deskriptif, bukan analisis statistik inferensial. Keterbatasan penelitian menjadi saran untuk dilakukan penelitian lanjutan dengan melakukan banyak ulangan waktu sampling dan melakukan analisis statistik inferensial.

DAFTAR PUSTAKA

- Arbie, R. R., Nugraha, W. D., & Sudarno. 2015. Studi Kemampuan Self Purification pada Sungai Progo Ditinjau dari Parameter Organik DO dan BOD (Point Source: Limbah Sentra Tahu Desa Tuksono, Kecamatan Sentolo, Kabupaten Kulon Progo, Provinsi D.I. Yogyakarta). *Jurnal Teknik Lingkungan*, 4(3), 1–15. <https://doi.org/10.5614/jtl.2011.17.1.1>
- Babamiri, O., Vanaei, A., Guo, X., Wu, P., Richter, A., & Ng, K. T. W. 2021. Numerical simulation of water quality and self-purification in a mountainous river using QUAL2KW. *Journal of Environmental Informatics*, 37(1), 26–35. <https://doi.org/10.3808/jei.202000435>
- Babincev, L. M. 2017. Heavy Metals in Soil and Application of New Plant Materials in the Process of Phytoremediation. *Journal of Bioremediation & Biodegradation*, 08(06), 6–10. <https://doi.org/10.4172/2155-6199.1000413>
- Billah, A. R., Moelyaningrum, A. D., & Ningrum, P. T. 2020. Phytoremediasi Chromium Total (Cr-T) menggunakan kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) pada limbah cair batik. *Jurnal Biologi Udayana*, 24(1), 47. <https://doi.org/10.24843/jbiounud.2020.v24.i01.p06>
- Brontowiyono, W., & Lupiyanto, R. 2011. Pengembangan Kawasan Pinggiran Kota dan Permasalahan Lingkungan di Kampung Seni Nitiprayan, Bantul. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 3(1), 31–51. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol3.iss1.art3>
- Dewata, I. & Danhas, Y.H. 2021. Toksikologi Lingkungan, Konsep & Aplikatif. PT. RajaGrafindo Persada - Rajawali Pers. Depok, Jawa Barat.
- Djo, Y. H. W., Suastuti, D. A., Suprihatin, I. E., & Sulihingtyas, W. D. 2017. Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Untuk Menurunkan COD dan Kandungan Cu dan Cr Limbah Cair Laboratorium Analitik Universitas Udayana. *Cakra Kimia (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry)*, 6(2), 137–144.
- DLHK DIY. 2020. Dokumen Informasi Kinerja Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah (IKPLHD) Daerah Istimewa Yogyakarta Tahun 2020. Yogyakarta.

- Aminatun, T., Rakhmawati, A., Budiasih, K. S., Marfuatun, Rijal, B. S., Amin, A. N., Arifin, D. M. N., dan Putri, A. S. (2024). Identifikasi Logam Berat Kromium di Tiga Sungai yang Melintasi Kota Yogyakarta dan Potensi Fitoremediasinya. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 22(3), 620-631. doi:10.14710/jil.22.3.620-631
- Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan Daerah Istimewa Yogyakarta. 2022. Rekapitulasi Hasil Pemantauan Kualitas Air Sungai Code, Sungai Gajah Wong dan Sungai Winongo Tahun 2019 - 2021. (Komunikasi Pribadi). Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Yogyakarta
- Edwards, S. J., & Kjellerup, B. V. 2013. Applications of biofilms in bioremediation and biotransformation of persistent organic pollutants, pharmaceuticals/personal care products, and heavy metals. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 97(23), 9909–9921. <https://doi.org/10.1007/s00253-013-5216-z>
- He, X., & Li, P. 2020. Surface Water Pollution in the Middle Chinese Loess Plateau with Special Focus on Hexavalent Chromium (Cr⁶⁺): Occurrence, Sources and Health Risks. *Exposure and Health*, 12(3), 385–401. <https://doi.org/10.1007/s12403-020-00344-x>
- Hendrasarie, N., & Cahyarani. 2011. Kemampuan Self Purification Kali Surabaya, Ditinjau dari Parameter Organik Berdasarkan Model Matematis Kualitas Air. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 2(1), 1–11. Retrieved from <http://eprints.upnjatim.ac.id/id/eprint/1247>
- Komarawidjaja, W. 2016. Sebaran Limbah Cair Industri Tekstil dan Dampaknya di Beberapa Desa Kecamatan Rancaekek Kabupaten Bandung Outspread of Textile Industry Waste Water and its Impact to a Number of Villages in Rancaekek District, Bandung Regency. *Teknologi Lingkungan*, 17, 118–125.
- Kumar, V., Singh, J., & Chopra, A. K. 2018. Assessment of plant growth attributes, bioaccumulation, enrichment, and translocation of heavy metals in water lettuce (*Pistia stratiotes* L.) grown in sugar mill effluent. *International Journal of Phytoremediation*, 20(5), 507–521. <https://doi.org/10.1080/15226514.2017.1393391>
- Kurniadie, D., Putri, D. V. & Umiyati, U. (2016) 'Hubungan kualitas air tercemar dengan keragaman gulma air di daerah aliran sungai Cikeruh dan Cikapundung Provinsi Jawa Barat', *Kultivasi*, 15(3), pp. 194–201. doi: 10.24198/kultivasi.v15i3.11763.
- Lécrivain, N., Clement, B., Dabrin, A., Seigle-Ferrand, J., Bouffard, D., Naffrechoux, E., & Frossard, V. 2021. Water-level fluctuation enhances sediment and trace metal mobility in lake littoral. *Chemosphere*. 264. doi: 10.1016/j.chemosphere.2020.128451.
- Lupiyanto, R., & Wijaya, D. 2010. Pengelolaan Kawasan Sungai Code Berbasis Masyarakat. *Jurnal Sains Dan Teknologi Lingkungan*, 2(1), 7–20.
- Mahardika, D. I. & Salami, I. R. S. S. 2012. Profil Distribusi Pencemaran Logam Berat Pada Air Dan Sedimen Aliran Sungai Dari Air Lindi Tpa Sari Mukti. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 18(1), pp. 30–42. doi: 10.5614/jtl.2012.18.1.4.
- Masriadi, Patang, & Ernawati. 2019. Analisis Laju Distribusi Cemaran Kadmium (Cd) di Perairan Sungai Jeneberang Kabupaten Gowa. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 5(2), 14–25.
- Nursagita, Y. S., & Titah, H. S. 2021. Kajian Fitoremediasi untuk Menurunkan Konsentrasi Logam Berat di Wilayah Pesisir Menggunakan Tumbuhan Mangrove (Studi Kasus: Pencemaran Merkuri di Teluk Jakarta). *Jurnal Teknik ITS*, 10(1). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v10i1.59848>
- Pandia, S., Purba, E., Hasan, W. 2018. Analisis Limbah Tumbuhan Fitoremediasi (*Typha latifolia*, Enceng Gondok, Kiambang) Dalam Menyerap Logam Berat. *Serambi Engineering, III*, 344–351.
- Paramita, R. W., Wardhani, E., & Pharmawati, K. 2017. Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd) dan Kromium (Cr) di Air Permukaan dan Sedimen: Studi Kasus Waduk Saguling Jawa Barat. *Reka Lingkungan*, 5(2), 1–12.
- Rahman, H., Hoque, N., Sarker, P. K., & Safa, A. 2020. Assessment of Hexavalent Chromium Pollution in Buriganga and Dhaleshwari River Waterbodies Adjacent to Tannery Estates in Bangladesh. *Mist International Journal of Science and Technology*, 8(June), 11–15. [https://doi.org/10.47981/j.mijst.08\(01\)2020.160\(11-15\)](https://doi.org/10.47981/j.mijst.08(01)2020.160(11-15))
- Said, N. I. 2010. Metode Penghilangan Logam Berat (As, Cd, Cr, Ag, Cu, Pb, Ni dan Zn) di Dalam Air Limbah Industri. *Jurnal Air Indonesia*, 6(2), 136–148. <https://doi.org/10.29122/jai.v6i2.2464>
- Santosa, S.L, Siswanta, D. & Sudiono, S. 2014. Dekontaminasi Ion Logam dengan Biosorben Berbasis Asam Humat, Kitin dan Kitosan. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta
- Sari, A. M., Rachmadiarti, F., & Fitrihidayati, H. 2014. Pengaruh Cekaman Kromium pada Limbah Cair Batik terhadap Pertumbuhan *Eichornia crassipes* dan *Salvinia molesta*. *Lentera Bio*, 3(1), 67–71.
- Setiawan, A., Saputra, H. A., & Muksin, D. 2020. Pandemi Covid-19 Dampak Ekonomi di Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Pemerintahan Dan Kebijakan (JPK)*, 1(2), 94–103. <https://doi.org/10.18196/jpk.v1i2.10062>
- Sholiha, D. L., Safarina, N., & Musawwa, M. M. 2021. Measurement of Cod, Tds, and Hexavalent Chromic Metals As a Quality Monitoring of Bengawan Solo River Bodies in the Laboratory Upt of the Environmental Service Gresik. *Indonesian Journal of Chemical Research*, 6(2), 59–70. <https://doi.org/10.20885/ijcr.vol6.iss2.art2>
- Siswoyo, E., Faisal, Kumalasari, N., & Kasam. 2020. Constructed Wetlands Dengan Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) Sebagai Alternatif Pengolahan Air Limbah Industri Tapioka. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 12(1), 59–67. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol12.iss1.art5>
- Sulistyowati, R. Z., & Yanti, I. 2021. Determination of Cr (VI) and SO₄²⁻ Using UV-Vis Spectrophotometry in River Water Samples at the Environment Office of Semarang City Penentuan Cr (VI) and SO₄²⁻ Menggunakan Spektrofotometri UV-Vis dalam Sampel Air Sungai di Dinas Lingkungan Hidup Kot. *IJCR-Indonesian Journal of Chemical Research*, 6(2), 51–58.
- Sumardi, A., Arifuddin, W., & Al Banna, M. Z. 2019. Bioakumulasi Logam Berat Kromium (Cr) Menggunakan Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*). *Chemica: Jurnal Ilmiah Kimia Dan Pendidikan Kimia*, 20(1), 11. <https://doi.org/10.35580/chemica.v20i1.13611>
- Sutandi, M. C., Genkensiana, A. & Mayaut, C. C. I. (2021) 'Pemanfaatan Gulma Eceng Gondok sebagai Penjernih Air', *Jurnal Teknik Sipil*, 17(1), pp. 55–69. doi: 10.28932/jts.v17i1.2895.
- Truu, J., Truu, M., Espenberg, M., Nõlvak, H., & Juhanson, J. 2015. Phytoremediation and Plant-Assisted

- Bioremediation in Soil and Treatment Wetlands: A Review. *The Open Biotechnology Journal*, 9, 85–92.
- Tseng, C. H., Lee, I. H., & Chen, Y. C. 2019. Evaluation of hexavalent chromium concentration in water and its health risk with a system dynamics model. *Science of the Total Environment*, 669, 103–111. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.103>
- Vidyawati, D., & Fitrihidajati, H. 2019. Pengaruh Fitoremediasi Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) Melalui Pengenceran Terhadap Kualitas Limbah Cair Industri Tahu. *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, 8(2).
- Wang, H., Zhang, H. & Cai, G. 2011. An application of phytoremediation to river pollution remediation. *Procedia Environmental Sciences*, 10(PART C), pp. 1904–1907. doi: 10.1016/j.proenv.2011.09.298.
- Wardhani, K., Kriswandana, F., & Hermiyati, P. 2018. The Effectiveness of Decreasing Levels of Chromium (Cr) Using Coagulant FeSO₄ and Al₂(SO₄)₃ (Research Study Batik Home Industry in The Village of Tuban Jarorejo Year 2018). *Gema Kesehatan Lingkungan*, 16(1), 189–195.
- WHO. 2017. Guidelines for Drinking-Water Quality. In *WHO Library Cataloguing in Publication Data*. https://doi.org/10.5005/jp/books/11431_8
- Widyasari, T. 2009. Beban Pencemaran Sumber Limbah di Sungai Code. *Jurnal Teknik Sipil*, 5(2), 144–154. <https://doi.org/10.28932/jts.v5i2.1319>
- Winata, E., & Hartantyo, E. 2013. Kualitas Air Tanah di Sepanjang Kali Gajah Wong Ditinjau dari Pola Sebaran *Escherichia Coli* (Studi Kasus Kecamatan Umbulharjo) (Halaman 8 s.d. 11). *Jurnal Fisika Indonesia*, 17(50), 8–11. <https://doi.org/10.22146/jfi.24415>
- Zumandi, D., Suryaman, M., & Dewi, S. M. 2015. Pemanfaatan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) untuk Fitoremediasi Kadmium (Cd) pada Air Tercemar. *Jurnal Siliwangi*, 1(1), 22–31.