

FITOREMEDIASI AIR LIMBAH PENCELUPAN BATIK PARAKANNYASAG TASIKMALAYA MENGGUNAKAN KI APU (*Pistia stratiotes* L.)

TRI CAHYANTO, TONY SUDJARWO, SHINTA PUTRI LARASATI, AFRIANSYAH FADILLAH

Jurusan Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Gunung Djati, Jalan AH Nasution 105 Bandung 40614

ABSTRACT

Batik home industry discharge untreated wastewater that can cause pollution to sewage water and its environment. Phytoremediation is the utilization of plants for environmental clean-up or reduces harmful contaminants including heavy metals such as chrome (Cr) of batik dyes. Water cabbage (*Pistia stratiotes* L.) locally named as Ki Apu is an aquatic plant known for its ability to reduce the Cr level in wastewater. This study aimed to determine the efficiency Ki Apu to reduce Cr level from batik dyeing wastewater from Parakannyasag, Tasikmalaya. This study was an experimental using Ki Apu from Indihyang paddy field of Tasikmalaya. 12 individual of Ki Apu were grown on a 20 L water tank with different batik dyeing wastewater concentration of 0%, 25%, 50%, 75%, and 100%, each with five replicates. After 14 days the results showed the highest Cr reduction was measured at 77.5% occurred in 100% wastewater tank. Ki Apu leaf changed its leaf chlorophyll content with the highest estimate of 0.4 mg/L for chlorophyll-b and 1.3 mg/L for the total chlorophyll; both occurred in 75% wastewater tank. The highest rate of phytoremediation indicated by BOD measure was at 33.4 mg/L/day occurred in 100% wastewater tank and by turbidity measure was at 23.3 mg/L/day occurred in 75% wastewater tank. Ki Apu is considered having a high phytoremediation effectivity to reduce Cr content in batik dyeing wastewater in Parakannyasag, Tasikmalaya.

KEY WORDS: batik dyeing wastewater, phytoremediation, ki apu, chromium

Corresponding author: TRI CAHYANTO | email: tri_cahyanto@uinsgd.ac.id

Submitted: 07-02-2018 | Accepted: 19-05-2018

PENDAHULUAN

Industri batik rumahan menghasilkan limbah cair yang dapat mengakibatkan pencemaran terhadap lingkungan dan juga mengancam kelestarian ekosistem akuatik dan estetika lingkungan. Rosada *et al.* (2017), menyatakan bahwa meningkatnya aktivitas antropogenik menyebabkan kualitas lingkungan menurun. Pembuangan limbah cair industri batik biasanya memiliki konsentrasi logam berat yang melebihi baku mutu yang telah ditetapkan oleh pemerintah. Oleh karena itu, pengolahan limbah cair industri batik perlu diterapkan, sebab jika limbah langsung dibuang ke badan air penerima maupun lingkungan, maka penurunan kualitas lingkungan dan kerusakan ekosistem sekitar industri batik tidak dapat dihindari (Sari *et al.*, 2014). Pencemaran lingkungan akibat logam berat terus meningkat dan beberapa diantaranya melebihi ambang batas. Kondisi tersebut dapat menyebabkan gangguan kesehatan lingkungan. Dampak yang akan ditimbulkan bagi organisme akuatik yaitu terganggunya metabolisme tubuh akibat terhalangnya kerja enzim dalam proses fisiologis. Senyawa logam berat dalam limbah cair pencelupan batik di antaranya adalah Cr dan Co (Sasongko & Tresna, 2010). Chromium dapat menumpuk dalam tubuh dan bersifat kronis yang akhirnya mengakibatkan kematian organisme akuatik (Palar, 2008).

Fitoremediasi merupakan teknologi yang memanfaatkan tumbuhan terpilih di alam, mudah dan sederhana melaksanakannya, serta biayanya rendah. Salah satu tumbuhan yang dapat dijadikan agen fitoremediasi yaitu tumbuhan air. Kemampuan tumbuhan air banyak digunakan untuk menyerap senyawa pencemar dalam air buangan. Penelitian

Siswandari *et al.* (2016), menunjukkan tumbuhan melati air (*Echinodorus paleofolius*) mampu menurunkan bahan pencemar air limbah laundry. Beberapa hasil penelitian menunjukkan tumbuhan Ki Apu (*Pistia stratiotes* L.) memiliki akar dengan kemampuan menyerap kandungan yang terdapat dalam limbah cair, baik itu berupa logam berat, zat organik maupun anorganik.

Berdasarkan uraian di atas, dilakukan penelitian menggunakan Ki Apu yang bertujuan untuk menurunkan kadar logam berat krom sebagai bahan pencemar limbah industri batik rumahan. Ki apu adalah tumbuhan air yang merupakan fitoremediator dengan efisiensi tinggi setelah eceng gondok (*Eichhornia crassipes*), yaitu kemampuan absorpsi tinggi terhadap bahan pencemar perairan dibandingkan dengan tumbuhan air lain. Fitoremediasi dilakukan sebagai lanjutan yang dilakukan pelaku usaha pencelupan batik dengan menggunakan metode pengendapan menggunakan bak-bak penampungan limbah cair pencelupan batik. Penelitian yang dilakukan diharapkan dapat menjadikan ki apu sebagai agen penurun alternatif dan utama dengan efisiensi yang tinggi.

METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan April hingga Mei 2015 di Laboratorium Kantor Lingkungan Hidup Kota Tasikmalaya. Alat utama yang digunakan pada penelitian ini adalah spektrofotometer UVVIS. Bahan yang digunakan meliputi air limbah pencelupan batik dari industri rumahan di Kelurahan Parakannyasag, Kota Tasikmalaya masing-masing sebanyak 20 liter setiap unit percobaan. Tanaman Ki Apu yang digunakan diperoleh dari persawahan Indihyang Kota Tasikmalaya sebanyak 12 individu dengan berat masing-masing berkisar antara 10–13 g, memiliki daun sebanyak 8 helai, dan terdiri dari 2 lingkaran daun, serta

bahan-bahan uji Cr total (BSNI 6989.65:2009). Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan lima perlakuan yaitu konsentrasi air limbah 25%, 50%, 75%, 100% dan kontrol (0%). Masing-masing ulangan diberi perlakuan 0% tanpa air limbah, 25% dibuat dengan cara lima liter air limbah ditambah 15 liter air, 50% dibuat dengan cara 10 liter air limbah ditambah 10 liter air, 75% dibuat dengan cara 15 liter air limbah ditambah lima liter air, dan 100% dibuat dengan cara 20 liter air limbah.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode statik yaitu penggunaan fitoremediasi tanpa diganti selama pengujian terhadap bahan. Eksperimen dimulai dengan persiapan tanaman Ki Apu yang seragam dengan bobot 10-13 g dan memiliki jumlah daun sebanyak delapan helai dan diaklimatisasi didalam air bersih selama lima hari. Pengujian kualitas air meliputi uji kadar Cr, BOD, DO, dan kekeruhan, serta dilakukan pengukuran suhu dan pH air limbah sebanyak 500 mL.

Efisiensi fitoremediasi Ki Apu dihitung menggunakan formula (Sudjarwo *et al.*, 2014):

$$E_f = \frac{C_i - C_e}{C_i} \times 100\%$$

E_f = efisiensi (%),

C_i = konsentrasi awal (mg/L),

C_e = konsentrasi akhir (mg/L).

Laju Fitoremediasi Ki Apu dihitung menggunakan formula (Sudjarwo *et al.*, 2014):

$$V_c = \frac{C_2 - C_1}{t_2 - t_1}$$

V_c = laju fitoremediasi (mg/L/hari),

C_1 = konsentrasi awal air limbah (mg/L),

C_2 = konsentrasi akhir air limbah (mg/L),

t_1 = waktu awal air limbah akhir (hari),

t_2 = waktu air limbah akhir (hari).

Kadar klorofil daun Ki Apu diukur menggunakan metode Arnon (1949) pada panjang gelombang 649 nm dan 665 nm. Perhitungan klorofil menggunakan persamaan menurut Wintermans & de Mots (1965). Data yang diperoleh dianalisis menggunakan Analisis Varians (ANOVA) dan dilanjutkan dengan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf beda nyata (α) 5 %.

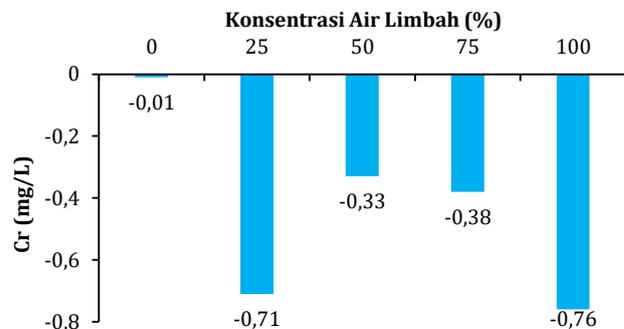
HASIL DAN PEMBAHASAN

Air limbah yang diuji selama 14 hari memiliki rentang pH 7,5–8,1 (keadaan basa ringan) dengan suhu 24,6°C. Suhu udara di lokasi penelitian 25,0°C, dan kelembaban udara 84,4%. Menurut Dewi *et al.* (2015), bila dalam suatu kondisi terjadi pH yang tidak netral maka dapat mengganggu kinerja biologis dalam proses penjernihan badan air. Menurut Sumantri (2013), nilai pH sangat mempengaruhi proses biokimiawi perairan, misalnya proses nitrifikasi yang akan berakhir pada pH yang rendah. Pada pH kurang dari 4, sebagian tumbuhan air akan mati karena tidak dapat bertoleransi terhadap pH rendah.

Suhu suatu badan air dipengaruhi oleh musim, lintang, ketinggian dari permukaan, waktu dalam hari, sirkulasi udara, penutupan awan dan aliran serta kedalaman badan air. Perubahan suhu berpengaruh terhadap proses fisika, kimia dan biologi badan air. suhu juga sangat berperan dalam mengendalikan kondisi ekosistem perairan. Organisme akuatik

memiliki kisaran suhu tertentu (batas atas dan bawah) yang disukai bagi pertumbuhannya. Peningkatan suhu menyebabkan terjadinya peningkatan dekomposisi bahan organik oleh mikroba (Effendi, 2003). Menurut Sari *et al.* (2014), menyatakan bahwa penurunan suhu diakibatkan adanya tumbuhan air yang dapat memberi efek baik terhadap lingkungan. Hal ini berarti Ki Apu mempengaruhi suhu limbah. Hasil pengamatan kelembaban udara dipengaruhi oleh cuaca pada saat penelitian. Waktu pengambilan data akan memengaruhi nilai suhu dan kelembaban udara yang terjadi.

Senyawa kromium dalam strata perairan dapat masuk melalui dua cara, yaitu secara alamiah dan non alamiah. Masuknya kromium secara alamiah dapat disebabkan oleh beberapa faktor fisika, seperti erosi yang terjadi pada batu mineral. Sedangkan non alamiah, lebih merupakan dampak atau efek dari aktivitas yang dilakukan manusia (Palar, 2008).



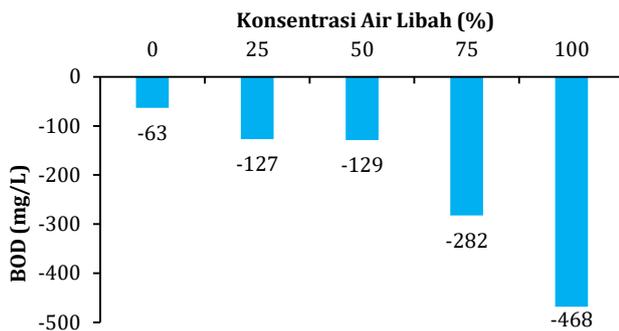
Gambar 1. Perubahan Cr fitoremediasi air limbah pencelupan batik Parakannyasag, Tasikmalaya selama 14 hari

Penurunan Cr tertinggi pada konsentrasi 100% yaitu sebesar 0,76 mg/L (Gambar 1). Hasil perubahan penurunan Cr menunjukkan bahwa Cr yang diserap oleh Ki Apu tinggi. Konsentrasi 100% dan 25% limbah cair menunjukkan nilai dengan selisih kecil, atau nilainya hampir sama. Akar ki apu toleran pada kedua konsentrasi tersebut. Hasil yang diperoleh tersebut lebih tinggi dari penelitian serupa oleh Setiyono dan Gustaman (2017), yang mengalami penurunan Cr sebesar 0,0224 mg/L. Menurut Hartanti *et al.* (2014) kerapatan tumbuhan berpengaruh terhadap penurunan konsentrasi Cr. Semakin tinggi tingkat kerapatan tumbuhan maka semakin kecil pula konsentrasi Cr. Hal tersebut disebabkan karena kadar Cr air limbah telah diserap oleh akar tumbuhan. Akar ki apu mampu mengikat Cr lebih banyak karena sistem perakarannya tipe akar serabut yang lebat.

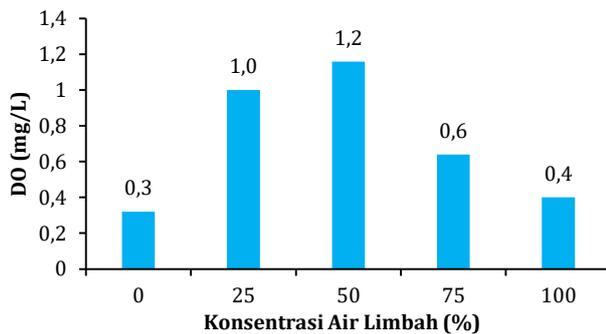
Menurut Ulfin dan Widya (2005), proses penyerapan logam berat terjadi akibat dari difusi yaitu Bergeraknya ion Cr dari konsentrasi media yang pekat ke konsentrasi yang lebih encer dalam membran sel tumbuhan. Tumbuhan dapat mengakumulasi logam berat tersebut dengan mengubahnya menjadi fasa cair ke dalam metabolisme sel dengan berbagai tahap yang berbeda-beda. Menurut Moore (1991), kadar Cr yang

diperkirakan aman bagi kehidupan akuatik 0,05 mg/L. Penyerapan dan akumulasi Cr oleh tumbuhan air mengalami tiga proses yang berkesinambungan, yaitu penyerapan oleh akar, translokasi dari akar ke bagian tumbuhan lain, dan lokalisasi pada bagian sel tertentu agar tidak menghambat metabolisme tumbuhan tersebut (Priyanto & Prayitno, 2012).

BOD adalah jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh bakteri pengurai untuk menguraikan bahan pencemar organik dalam air. Makin besar konsentrasi BOD suatu perairan, menunjukkan konsentrasi bahan organik di dalam air juga tinggi (Yudo, 2010).



Gambar 2. Perubahan BOD fitoremediasi air limbah pencelupan batik Parakannyasag, Tasikmalaya selama 14 hari



Gambar 3. Perubahan DO fitoremediasi air limbah pencelupan batik Parakannyasag, Tasikmalaya selama 14 hari

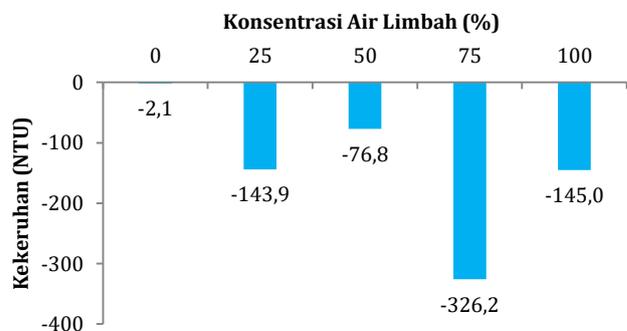
Penurunan jumlah BOD tertinggi yaitu pada konsentrasi 100% sebesar 468 mg/L. dengan nilai rata-rata 251,5 mg/L (Gambar 2). Penurunan BOD tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan penurunan BOD menggunakan *anaerobic baffle reactor* (ABR) oleh Suprihatin (2014), sebesar 111,0 mg/L. Konsentrasi 0% terjadi penurunan 63 mg/L dimungkinkan karena adanya bahan organik di dalamnya sebelum ditambahkan air limbah. Hal tersebut terjadi karena air yang digunakan sebagai kontrol adalah air tanah. Begitu juga pada konsentrasi yang lainnya.

Penurunan BOD ada hubungannya dengan menurunnya kandungan bahan organik dalam air limbah pencelupan batik, suplai oksigen oleh Ki Apu ke dalam air limbah pencelupan batik dan menyerap hasil dekomposisi bahan organik. Menurut Fachrurrozi *et al.* (2010), nilai BOD dipengaruhi adanya tumbuhan

yang menutupi permukaan air limbah. Keberadaan tumbuhan tersebut menyerap zat organik yang terdapat dalam air limbah. Semakin banyak tumbuhan air, maka semakin banyak bahan organik yang terserap dan bahan organik yang harus didegradasi oleh mikroorganisme semakin sedikit. Semakin sedikit bahan organik yang harus didegradasi oleh mikrobia, maka kandungan oksigen dalam air limbah semakin tinggi. Oksigen terlarut dalam air limbah juga semakin banyak karena adanya suplai oksigen dari hasil fotosintesis tumbuhan. Jadi semakin banyak tumbuhan, maka nilai BOD semakin kecil yang berarti semakin baik kualitas air limbah tersebut.

DO adalah banyaknya oksigen yang terkandung di dalam air dan di ukur dalam satuan miligram per liter (mg/L). Oksigen terlarut digunakan sebagai tanda derajat pengotoran limbah yang ada. Semakin besar oksigen terlarut, maka menunjukkan derajat pengotoran yang relatif kecil (Sumantri, 2013).

Perubahan DO menunjukkan bahwa keterlarutan oksigen dari udara ke dalam air limbah lebih tinggi dari kontrol (0,3 mg/L) dengan nilainya meningkat lalu menurun berdasarkan peningkatan konsentrasi air limbah, yaitu berturut-turut 1,0 mg/L, 1,2 mg/L, 0,6 mg/L, 0,4 mg/L. Nilai tertinggi ditunjukkan pada konsentrasi air limbah 50%, yaitu sebesar 1,2 mg/L (Gambar 3). Konsentrasi 50% merupakan pengenceran atau kondisi limbah cair pencelupan batik yang memungkinkan oksigen menyerap ke dalam air lebih banyak. Konsentrasi 50% memungkinkan air mengikat udara lebih tinggi, khususnya oksigen.



Gambar 4. Perubahan kekeruhan fitoremediasi air limbah pencelupan batik Parakannyasag, Tasikmalaya selama 14 hari

Menurut Wulandari *et al.* (2012), oksigen terlarut memegang peranan penting sebagai indikator kualitas perairan, karena oksigen terlarut berperan dalam proses oksidasi dan reduksi bahan organik maupun anorganik. Kadar oksigen terlarut akan meningkat dengan menggunakan tumbuhan air, karena oksigen tersebut didapat dari proses fotosintesis tumbuhan tersebut. Menurut Simatupang *et al.* (2015), perlakuan air limbah yang diberi tumbuhan kiambang mempengaruhi jumlah DO pada semua konsentrasi. Nilai DO akhir pada semua perlakuan mengalami peningkatan dari DO awal sebelum ditumbuhkan tumbuhan kiambang. Berbeda hasilnya pada air limbah pulp dan kertas, semakin tinggi konsentrasi air

limbah pulp dan kertas, semakin menurun nilai kandungan DO-nya.

Kekeruhan adalah ukuran yang menggunakan efek cahaya sebagai dasar untuk mengukur keadaan air, kekeruhan disebabkan oleh adanya benda tercampur atau benda koloid dalam air (Sumantri, 2013). Gambar 4 menunjukkan bahwa Ki Apu sebagai fitoremediator mampu menurunkan tingkat kekeruhan air limbah, meskipun terlihat fluktuatif pada peningkatan konsentrasi air limbah. Penurunan kekeruhan tertinggi, terlihat pada konsentrasi 75% air limbah, yaitu 326 NTU.

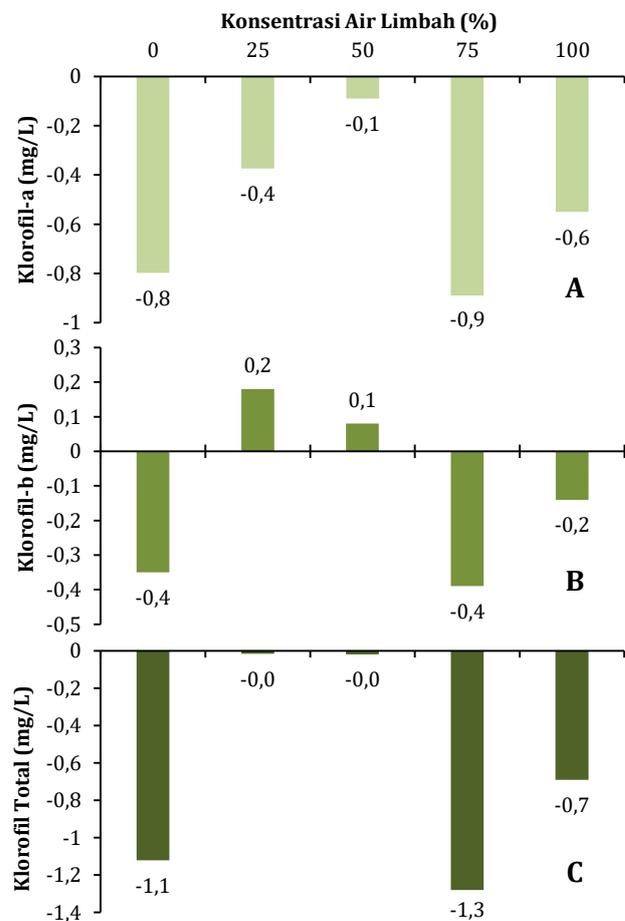
Kekeruhan yang tinggi disebabkan oleh limbah organik, seperti adanya zat warna dan benda yang berasal dari sisa kapas serta pembuangan lilin. Ki apu merupakan gulma air yang sangat kuat dalam menyerap unsur hara maupun bahan pencemar melalui akarnya. Ki Apu menyerap zat pencemar tersebut sehingga kadar kekeruhan menurun (Widowati, 2000). Menurut Effendi (2003), padatan tersuspensi berkorelasi positif dengan kekeruhan. Semakin tinggi nilai padatan tersuspensi, nilai kekeruhan juga semakin tinggi. Akan tetapi, tingginya padatan terlarut tidak selalu diikuti dengan tingginya kekeruhan.

Kekeruhan yang tinggi di perairan ada hubungannya dengan kandungan oksigen menurun. Hal tersebut disebabkan intensitas cahaya matahari yang masuk ke dalam perairan sangat terbatas sehingga tumbuhan atau fitoplankton tidak dapat melakukan proses fotosintesis untuk menghasilkan oksigen (Effendi, 2003). Menurut Ikawati (2013), menyatakan bahwa bila tingkat kekeruhan badan air ≥ 20 NTU masih berbahaya bagi organisme air tersebut, karena dapat merusak aktivitas dan proses metabolisme organisme tersebut.

Klorofil adalah pigmen pemberi warna hijau pada tumbuhan, alga dan bakteri fotosintetik. Pigmen ini berperan dalam proses fotosintesis tumbuhan dengan menyerap dan mengubah energi cahaya menjadi energi kimia. Sifat kimia klorofil, antara lain (1) tidak larut dalam air, melainkan larut dalam pelarut organik yang lebih polar, seperti etanol dan kloroform; (2) inti Mg akan tergeser oleh 2 atom H bila dalam suasana asam, sehingga membentuk suatu persenyawaan yang disebut feofitin yang berwarna coklat (Dwidjoseputro, 1994). Perubahan Klorofil a tidak berbeda nyata, sedangkan klorofil b dan klorofil total berbeda nyata. Kadar klorofil b mengalami peningkatan pada konsentrasi air limbah 25% dan 50% berturut-turut 0,2 mg/L dan 0,1 mg/L, dan mengalami penurunan pada konsentrasi air limbah 75% dan 100% berturut-turut 0,4 mg/L dan 0,2 mg/L (Gambar 5).

Klorofil total menunjukkan tidak ada perubahan pada konsentrasi air limbah 25% dan 50%, dan perubahan pada konsentrasi air limbah 75% dan 100%, berturut-turut 1,3 mg/L dan 0,7 mg/L. Penurunan kadar klorofil a, klorofil b, dan klorofil total tertinggi terjadi pada konsentrasi air limbah 75%. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi 75%

optimum untuk pertumbuhan Ki Apu selama menjadi fitoremediator dibandingkan ketiga konsentrasi lainnya. Hal ini disebabkan karena jumlah Cr yang tinggi dapat menjadi faktor penghambat pembentukan klorofil di dalam sel. Akibatnya klorofil berkurang dibanding keadaan normalnya dan daun mengalami klorosis. Konsentrasi Cr yang semakin tinggi mengubah struktur klorofil, dan mengakibatkan penurunan energi cahaya yang diserap, sehingga menghambat fotosintesis. Hal ini diduga akibat semakin tinggi konsentrasi logam berat yang diberikan dapat merusak kloroplas. Hal tersebut terjadi karena kloroplas merupakan organ yang paling sensitif terhadap logam berat. Akibatnya, pigmen klorofil menjadi terdegradasi atau rusak.



Gambar 5. Perubahan klorofil a (A), klorofil b (B), dan klorofil total (C) fitoremediasi air limbah pencelupan batik Parakannyasag, Tasikmalaya selama 14 hari

Menurut Ai dan Banyo (2011), salah satu respon fisiologis tumbuhan terhadap perubahan lingkungan adalah penurunan konsentrasi klorofil daun yang dapat disebabkan oleh pembentukan klorofil dihambat, penurunan enzim rubisco, dan terhambatnya penyerapan unsur hara, terutama nitrogen dan magnesium yang berperan penting dalam sintesis klorofil. Kadar klorofil daun dapat dipakai sebagai indikator yang terpercaya untuk mengevaluasi ketidakseimbangan metabolisme antara fotosintesis dan hasil produksinya.

Data parameter lingkungan menunjukkan bahwa suhu sekitar tempat penelitian 25–26°C, sehingga mempengaruhi pembentukan klorofil Ki Apu. Suhu dapat mempengaruhi kerja enzim dalam biosintesis klorofil, pada suhu yang ekstrim kerja enzim akan terganggu, sehingga pembentukan klorofil akan terhambat. Selain itu, pembentukan klorofil juga banyak dipengaruhi oleh faktor genetik, cahaya, kandungan O₂, N, Mg, Fe, Mn, Cu, dan Zn, karbohidrat dan air (Dwidjoseputro, 1994).

Pembentukan struktur kloroplas sangat dipengaruhi oleh nutrisi mineral seperti Mg dan Fe. Masuknya logam berat secara berlebihan pada tumbuhan, misalnya logam berat Pb akan mengurangi asupan Mg dan Fe sehingga menyebabkan perubahan pada volume dan jumlah kloroplas (Suhadiyah *et al.*, 2015).

Tabel 1. Efisiensi fitoremediasi air limbah pencelupan batik Parakannyasag, Tasikmalaya, menggunakan Ki Apu.

Konsentrasi Air Limbah (%)	Cr (%)	BOD (%)	DO (%)	Kekeruhan (%)
0%	+28,3 ^a	+70,9 ^{ab}	-7,4 ^c	+75,1 ^b
25%	+77,5 ^b	+76,8 ^b	-53,3 ^a	+59,8 ^b
50%	+26,9 ^a	+58,6 ^a	-43,1 ^{ab}	+32,7 ^a
75%	+31,6 ^a	+70,8 ^{ab}	-29,4 ^{abc}	+65,0 ^b
100%	+46,6 ^a	+74,8 ^b	-21,7 ^{bc}	+25,7 ^a

Keterangan: (+) menunjukkan peningkatan, (-) menunjukkan penurunan. Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf (α) 5%.

Efisiensi fitoremediasi Cr menunjukkan nilai positif dan nilainya makin menurun sejalan dengan peningkatan konsentrasi air limbah dan semua perlakuan menggunakan Ki Apu nilainya lebih besar dibandingkan dengan kontrol (Tabel 1). Nilai positif menunjukkan bahwa kadar Cr hari ke-14 lebih kecil dibandingkan hari ke-0 atau mengalami penurunan. Data menunjukkan perlakuan berbeda nyata pada konsentrasi 25% air limbah dibandingkan dengan konsentrasi air limbah lainnya. Efisiensi Cr tertinggi pada kondisi air limbah 25% sebesar 77,5%. Efisiensi Cr ini menurun pada konsentrasi 50% dan 75% air limbah berturut-turut sebesar 26,9% dan 31,6%, lalu meningkat lagi pada konsentrasi air limbah 100% sebesar 46,6%.

Hasil fitoremediasi di atas menunjukkan Ki Apu mempunyai kemampuan fitoremediasi yang tinggi (efisiensi diatas 75%) pada konsentrasi air limbah 25%. Penurunan konsentrasi atau pengenceran air limbah pencelupan batik melalui penurunan konsentrasi larutan buatan tersebut diharapkan dapat juga berlangsung di alam. Pembuangan air limbah di alam yang menggunakan metode pengendapan bak-bak penampungan secara seri dapat dimodifikasi melalui penambahan air sehingga konsentrasi menjadi 25%. Penambahan air dapat dilakukan secara buatan melalui pemanfaatan irigasi yang ada atau alamiah melalui pemanfaatan air hujan.

Ki Apu, sebagai tumbuhan air, memiliki akar dengan kemampuan menyerap Cr tinggi. Logam berat Cr akan diakumulasi di dalam vakuola sel-sel akarnya

secara fisiologis. Perjalanan Cr di dalam jaringan tubuh Ki Apu ditransportkan ke jaringan-jaringan lainnya, diantaranya ke organ daun. Keberadaan Cr di dalam vakuola sel jaringan di organ daun dapat memengaruhi fisiologis daun itu sendiri, terutama reaksi-reaksi yang terkait dengan fotosintesis di kloroplas. Pengaruh yang dapat dilihat adalah Cr mengganggu peran klorofil dalam fotosintesis, terutama ikatan Mg. Akibatnya, daun mengalami klorosis atau penguningan. Kadar klorofil berkurang. Hasil fotosintesis daun Ki Apu berkurang ehingga proses-proses yang berlangsung untuk pertumbuhan dan perkembangan terganggu. Hal ini dapat dilihat dari morfologi Ki Apu dengan ukuran yang lebih kecil, dan warna tubuh dari Ki Apu yang menguning. Dengan demikian, potensi yang tinggi dari Ki Apu tidak dapat dihindari dari efek lebih lanjut dari akumulasi Cr yang mengganggu fisiologi Ki Apu itu sendiri.

Efisiensi BOD bernilai positif, berbeda nyata, dan menurun sesuai peningkatan konsentrasi air limbah dan lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol (70,9%), kecuali pada konsentrasi 50% dan 75% air limbah berturut-turut sebesar 58,6% dan 70,8%. Nilai positif menunjukkan bahwa nilai BOD hari ke-14 lebih kecil dibandingkan hari ke-0 atau mengalami penurunan. Efisiensi BOD tertinggi pada konsentrasi 25% sebesar 76,8%, menurun pada konsentrasi 50% dan meningkat sampai konsentrasi 100% sebesar 74,8%.

Efisiensi DO bernilai negatif, berbeda nyata, dan nilainya di atas kontrol. Nilai negatif menunjukkan bahwa kondisi DO akhir lebih tinggi dibandingkan kondisi awal. Perlakuan air limbah dari konsentrasi 25% sampai 100% menunjukkan nilai DO menurun berturut-turut -53,3%, -43,1%, -29,4%, dan -21,7%. Efisiensi tertinggi pada konsentrasi 25% yaitu sebesar -53,3%. Efisiensi DO menunjukkan bahwa Ki Apu memberikan kontribusi peningkatan oksigen ke dalam air. Kondisi fisiologis Ki Apu menunjukkan dapat bertahan di dalam habitatnya yang mengandung Cr. Akumulasi Cr di dalam sel organ Ki Apu tidak mengganggu fisiologis sel-sel di akar. Reaksi-reaksi seluler masih mampu memproduksi oksigen. Selain itu, oksigen yang dihasilkan akar adalah hasil aktivitas simbiosis mutualisme bakteri-bakteri di permukaan akar tersebut dengan akar Ki Apu itu sendiri.

Efisiensi fitoremediasi kekeruhan bernilai positif, dan fluktuatif di setiap konsentrasi air limbah. Nilai kekeruhan semua perlakuan lebih kecil dibandingkan dengan kontrol. Nilai efisiensi kekeruhan terendah pada konsentrasi 100% air limbah yaitu sebesar 25,7 NTU, dan secara berturut-turut pada konsentrasi air limbah 75%, 50%, dan 25% sebesar 65 NTU, 32,7 NTU, dan 59,8 NTU. Efisiensi kekeruhan dengan nilai lebih kecil menunjukkan bahwa partikel-partikel air limbah lebih sedikit dibandingkan dengan nilai NTU lebih besar. Mengecilnya nilai efisiensi kekeruhan menunjukkan kemampuan Ki Apu dalam menyerap

partikel-partikel di dalam perairan. Mekanisme penyerapan dilakukan dengan cara pengikatan di permukaan dinding dan membran sel. Selanjutnya, secara apoplas dan periplas, partikel ditranspor hingga ke organ yang disimpan di dalam vakuola.

Tabel 2. Laju fitoremediasi air limbah pencelupan batik Parakannyasag, Tasikmalaya, menggunakan Ki Apu.

Konsentrasi Air Limbah (%)	Cr (mg/L/hari)	BOD (mg/L/hari)	DO (mg/L/hari)	Kekeruhan (NTU/hari)
0%	-0,0 ^c	-4,5 ^d	0,0 ^a	-0,2 ^d
25%	-0,1 ^a	-9,1 ^c	0,1 ^b	-10,3 ^b
50%	-0,0 ^b	-9,2 ^c	0,1 ^b	-5,5 ^c
75%	-0,0 ^b	-20,1 ^b	0,1 ^{ab}	-23,3 ^a
100%	-0,1 ^a	-33,4 ^a	0,0 ^a	-10,4 ^b

Keterangan: (+) menunjukkan peningkatan, (-) menunjukkan penurunan. Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf (α) 5%.

Laju fitoremediasi Cr dan DO bernilai kecil, tidak lebih dari 1 mg/L/hari, BOD ada pada rentang 4,5–33,4 mg/L/hari, dan kekeruhan ada pada rentang 0,2–23,3 mg/L/hari. Laju tertinggi pada BOD dan kekeruhan terlihat pada konsentrasi 100% air limbah berturut-turut sebesar 33,4 mg/L/hari dan 10,4 mg/L/hari (Tabel 2).

Laju fitoremediasi merupakan besaran perubahan yang berlangsung pada peristiwa fitoremediasi. Besar kecilnya laju fitoremediasi dapat dipengaruhi oleh tingkat pencemaran air limbah, tingkat kemampuan fitoremediator, dan faktor lingkungan yang ada. Pencemaran air limbah merupakan tingkatan keberadaan bahan pencemar di dalam lingkungan. Tingkat kemampuan fitoremediator merupakan tingkat kemampuan individu atau spesies terkait kondisi fisiologis Ki Apu.

Laju fitoremediasi Cr dan DO dengan nilai kecil menunjukkan proses yang lambat. Mekanisme pengikatan atau penyerapan Cr pada sel-sel permukaan di akar juga terhambat. Konsentrasi Cr 100% dalam air limbah yang tinggi mengakibatkan konsentrasi di luar sistem perakaran lebih tinggi dibandingkan di dalam sel-sel akar. Oleh karenanya difusi osmosis berlangsung lebih kecil dibandingkan pada konsentrasi air limbah yang lebih kecil. Demikian pula yang terjadi pada BOD dan kekeruhan, makin tinggi konsentrasi molekul atau partikel yang tinggi mempengaruhi tingkat penyerapan oksigen biokimia dari udara meningkat. Peningkatan oksigen biokimia ini diperlukan bagi aktivitas bakteri yang berperan untuk menguraikan molekul atau partikel di dalam air limbah.

KESIMPULAN

Perubahan tertinggi hasil fitoremediasi air limbah pencelupan batik Parakannyasag menggunakan Ki Apu adalah pada konsentrasi air limbah 50% untuk DO, pada konsentrasi air limbah 75% untuk klorofil total dan kekeruhan, serta pada konsentrasi air limbah 100% untuk Cr dan BOD. Sedangkan efisiensi optimal fitoremediasi limbah cair pencelupan batik

Parakannyasag terjadi pada konsentrasi air limbah 25% untuk Cr, BOD, dan kekeruhan.

DAFTAR REFERENSI

- Ai NS, Banyo Y. 2011. Konsentrasi klorofil daun sebagai indikator kekurangan air pada tumbuhan. *Jurnal Ilmiah Sains*. 11(2):166–173.
- Arnon DI. 1949. Copper Enzymes in Isolated Chloroplasts. Polyphenoloxidase in Beta vulgaris. *Plant Physiology* 24(1):1–5.
- Badan Standardisasi Nasional Indonesia. 2009. SNI 6989.65:2009. Badan Standardisasi Nasional Indonesia, Jakarta.
- Dewi F, Faisal M, Mariana. 2015. Efisiensi penyerapan fosfat limbah laundry menggunakan kangkung air (*Ipomoea Aquatic* Forsk) dan Jeringau (*Acorus Calamus*). *Jurnal Teknik Kimia USU*. 4(1):7–10.
- Dwidjoseputro D. 1994. Pigmen klorofil. Di dalam Ai, N. S., dan Y. Banyo. 2011. Konsentrasi klorofil daun sebagai indikator kekurangan air pada tumbuhan. *Jurnal Ilmiah Sains* 11(2):166–173.
- Effendi H. 2003. telaah kualitas air bagi pengelolaan sumber daya dan lingkungan perairan. Kanisius, Yogyakarta.
- Fachrurozi M, Utami LB, Suryani D. 2010. Pengaruh variasi biomassa ki apu. terhadap penurunan kadar BOD, COD, dan TSS limbah cair tahu di dusun Klero Sleman Yogyakarta. *Jurnal Kesmas*. 4(1):1–16.
- Hartanti PI, Alexander TSH, Ruslan W. 2014. Pengaruh kerapatan tumbuhan eceng gondok (*Eichornia crassipes*) terhadap penurunan logam chromium pada limbah cair penyamakan kulit. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. 31–37.
- Ikawati S, Andi Z, Diana A. 2013. Efektivitas dan efisiensi fitoremediasi pada deterjen dengan menggunakan tumbuhan Genjer (*Limncharis Flava*). Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Maritim Raja Ali Haji.
- Moore JW. 1991. Inorganic contaminants of Surface Water. Springer-Verlag, New York.
- Padmaningrum RT. 2014. Fitoremediasi fosfat limbah cair laundry menggunakan tanaman Melati Air (*Echinodorus paleofolius*) dan Bambu Air (*Equisetum hymale*) sebagai sumber belajar biologi. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*, 2(3):222–230.
- Palar H. 2008. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. PT Rineka Cipta, Jakarta
- Priyanto B, Prayitno J. 2005. Fitoremediasi Sebagai Sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran, Khususnya Logam Berat [Internet]. Available from <http://tlt.bppt.tripod.com/sublab/lflora1.htm>.
- Rosada KK, Sunardi, Pribadi TDK, Putri SA. 2017. Struktur komunitas fitoplankton pada berbagai kedalaman di pantai timur pananjung pangandaran. *Jurnal Biodjati*. 2(1):30–37.
- Sangsoko DP, Tresna WP. 2010. Identifikasi unsur dan kadar logam berat pada limbah pewarna batik dengan metode analisis pengaktifan neutron. *Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi TELAAH*, 2(1):22–27.
- Sari AM, Fida R, Herlina F. 2014. Pengaruh cekaman kromium pada limbah cair batik terhadap pertumbuhan *Eichornia crassipes* dan *Salvinia molesta*. *LenteraBio*. 3(1):67–71.
- Setiyono A, Gustaman RA. 2017. Pengendalian Kromium (Cr) yang Terdapat di Limbah Batik dengan Metode Fitoremediasi. *Unnes Journal of Public Health*. 6(3):155–160.
- Simatupang I, Siti F, dan Dyah I. 2015. Pemanfaatan Kiambang (*Salvinia molesta* D. Mitch) untuk fitoremediasi limbah organik pulp dan kertas. *JOM FMIPA*. 2(1):130–143.
- Sudjarwo T, Nisyawati N, Rossiana, Mangunwardoyo W. 2014. The growth of water hyacinth (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) and water lettuce (*Pistia stratiotes* L.) in domestic wastewater in wastewater treatment plant (WWTP) Bojongsong, Bandung, Indonesia. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*. 5(4):393–401.
- Suhadiyah S, Barkey RA, Tambaru E. 2014. Korelasi kondisi daun terhadap kadar Pb, dan Klorofil daun *Hibiscus tiliaceus* dan *Swietenia macrophylla* King di Kampus Universitas Hasanuddin Makassar. Jurusan Biologi, FMIPA Universitas Hasanuddin. p.1–7.

- Sumantri A. 2013. Kesehatan lingkungan, edisi revisi. Kencana Prenada Media Group, Jakarta. p.85-91,209-213.
- Suprihatin H. 2014. Kandungan Organik Limbah Cair Industri Batik Jetis Sidoarjo dan Alternatif Pengolahannya [Skripsi]. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Pembangunan Surabaya .
- Ulfin I, Widya W. 2005. Study penyerapan kromium dengan Ki Apu (*Pistia stratiotes* L.). Jurnal Akta Kimindo. 1(1):41-48.
- Wintermans JF, De Mots AS. 1965. Spectrophotometric characteristics of chlorophylls a and b and their phenophytins in ethanol. Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Biophysics including Photosynthesis 109(2):448-53.
- Wulandari R, Siti Y, Septia E, Indah J, Niken. 2012. Pemanfaatan tumbuhan Iris Air (*Neomarica gracilllis*) sebagai agen bioremediasi air limbah rumah tangga. Seminar Nasional X Pendidikan Biologi FKIP UNS, IPB, Bogor. p.1-6.
- Yudo, S. 2010. Kondisi Kualitas Air Sungai Ciliwung di Wilayah DKI Jakarta Ditinjau dari Parameter Organik, Amoniak, Fosfat, Deterjen dan Bakteri coli. Jurnal Akuakultur Indonesia. 6(1):34-42.
- Yudo S. 2010. Kondisi kualitas air sungai ciliwung di wilayah DKI Jakarta ditinjau dari parameter organik, amoniak, fosfat, deterjen dan bakteri coli. Jurnal Akuakultur Indonesia. 6:34-42