

PENYERAPAN LOGAM KROM TOTAL (Cr) LIMBAH CAIR BATIK MENGGUNAKAN LIMBAH BAGLOG *Pleurotus ostreatus* DENGAN WAKTU KONTAK BERBEDA

ABSORPTION OF TOTAL CHROMIUM (Cr) FROM BATIK WASTEWATER USING *Pleurotus ostreatus* SPENT MUSHROOM SUBSTRATE WITH DIFFERENT CONTACT TIME

Ratna Stia Dewi, Sri Lestari, Ani Siti Nuraini

Fakultas Biologi, Universitas Jenderal Soedirman, Jl. Dr. Soeparno No. 63 Grendeng Purwokerto
e-mail: ratna.dewi0509@unsoed.ac.id

Tanggal diterima: 11 September 2020, direvisi: 8 Juni 2023, disetujui terbit: 8 Juni 2023

ABSTRAK

Limbah cair industri tekstil tradisional batik berasal dari proses pewarnaan yang mengandung logam berat salah satunya yaitu kromium (Cr). Logam Cr memiliki daya racun tinggi dan termasuk jenis logam bahan beracun dan berbahaya (B3). Pemanfaatan limbah medium tanam jamur (baglog) tiram putih (*Pleurotus ostreatus*) dapat digunakan sebagai bahan penyerap untuk menurunkan kandungan Cr pada limbah cair batik karena limbah baglog *P. ostreatus* masih mengandung miselium *P. ostreatus* dan selulosa serbuk gergaji kayu. Miselium *P. ostreatus* yang terkandung dalam serbuk gergaji kayu berguna untuk menyerap ion logam berat dari limbah cair dan selulosa, sehingga berpotensi sebagai bahan penyerap logam berat Cr. Tujuan penelitian adalah mengetahui kemampuan limbah baglog *P. ostreatus* dalam menyerap logam berat Cr total, serta waktu kontak optimum limbah baglog *P. ostreatus* dalam menyerap logam Cr total. Hasil penelitian menunjukkan limbah baglog *P. ostreatus* memiliki kemampuan untuk menyerap logam Cr total dalam limbah cair batik pada waktu kontak dengan variasi 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168, 192 dan 216 jam, berturut-turut yaitu sebesar 22%, 45%, 15%, 35%, 45%, 60%, 62%, 76%, dan 29%. Pada proses ini terjadi penguraian substrat yang menyebabkan perubahan pH dan temperatur akibat metabolisme fungi, yaitu pada pH 5,6 – 6 dan temperatur 26°C – 28°C sesuai dengan baku mutu yang diperbolehkan. Penggunaan limbah baglog *P. ostreatus* sebagai adsorben mampu menurunkan kadar kromium total secara optimum dengan perlakuan waktu kontak 192 jam dengan hasil sebesar 76%.

Kata kunci: limbah baglog *Pleurotus ostreatus*, limbah cair batik, waktu kontak, penyerapan Cr total.

ABSTRACT

Liquid batik waste from the staining process contains heavy metals, such as Chromium (Cr). Chromium has a high toxicity level and includes toxic and hazardous materials. Pleurotus ostreatus Spent Mushroom Substrate can be used as an absorbing material to decrease Cr concentration in batik wastewater because it still contains P. ostreatus mycelium and sawdust cellulose. P. ostreatus mycelium is useful to absorb heavy metal ions from wastewater and cellulose from sawdust has the potential to absorb Cr. This research aims to know the ability of P. ostreatus baglog waste to absorb total Cr and the optimum contact time of P. ostreatus in absorbing total Cr. The results showed that P. ostreatus baglog waste had the ability to absorb total Cr in batik wastewater at contact times with variations of 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168, 192 and 216 hours, respectively 22%, 45%, 15%, 35%, 45%, 60%, 62%, 76%, and 29% and in this process the decomposition of the substrate causes changes in pH and temperature due to fungal metabolism, namely 5.6 – 6 and 26°C -28°C in accordance with the permitted quality standards. The use of P. ostreatus baglog waste as an adsorbent was able to reduce total chromium levels with the optimum contact time treatment with a contact time of 192 hours by 76%.

Keywords: *Pleurotus ostreatus Spent Mushroom Substrate, batik wastewater, contact time, total Cr absorption.*

PENDAHULUAN

Batik merupakan tekstil tradisional warisan budaya tak benda Indonesia. Tingginya produktivitas industri batik di Indonesia memberikan dampak negatif berupa limbah cair batik. Limbah cair batik berasal dari zat pewarna dasar atau lanjutan pada proses pewarnaan. Pewarna yang digunakan pada proses pembatikan hanya sekitar 5% saja yang terikat pada kain, sedangkan sisa 95%-nya berupa air yang dibuang sebagai limbah cair batik dengan warna keruh dan pekat¹.

Kandungan limbah batik berupa zat organik, zat padatan tersuspensi, fenol, minyak lemak, warna, memiliki nilai pH tinggi (basa)² dan logam berat seperti krom (Cr)³. Kadar logam Cr pada sampel limbah cair batik mencapai sebesar 14,68 ppm⁴. Logam berat jenis Cr dari sampel ditemukan di air Sungai Setu dan sedimen yang diambil dari sungai Banyuurip yang tercemar limbah batik¹. Kadar baku mutu pada limbah industri yang diperbolehkan yaitu 1 mg/L⁵.

Cr termasuk salah satu jenis logam golongan kelas B, merupakan bahan beracun dan berbahaya (B3) dan memiliki daya racun tinggi. Keberadaan logam berat seperti Cr yang bersifat toksik di lingkungan akan menyebabkan efek kronis dengan terjadinya bioakumulasi bagi makhluk hidup⁶. Logam Cr dalam jumlah melebihi ambang batas dapat menyebabkan pencemaran lingkungan khususnya perairan⁷. Logam Cr dapat menyebabkan terganggunya metabolisme tubuh organisme akuatik akibat terhalangnya kerja enzim pada proses fisiologis (Cr berikatan dengan gugus -SH)³. Cr bersifat karsinogenik, mutagenik, teratogenik dan berpotensi merusak jaringan⁸. Akumulasi Cr dapat menyebabkan dampak negatif bagi manusia yaitu kerusakan hati (menyebabkan penyakit wilson), ginjal, dan timbulnya kanker pada manusia⁹. Bahaya pada kesehatan yang disebabkan oleh kromium adalah asma bronkial, radang paru-paru dan hidung, alergi kulit, masalah reproduksi dan dapat bersifat karsinogenik hingga dapat menyebabkan kematian¹⁰.

Limbah medium tanam (baglog) jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*) dilaporkan dapat dimanfaatkan untuk dekolorisasi limbah pewarna batik dan menurunkan logam Zn¹¹. Kemampuan ini berasal dari aktivitas miselium jamur *P. ostreatus* dan serbuk gergaji kayu yang masih terkandung dalam limbah baglog.

Miselium jamur berguna untuk menyerap ion logam berat dari limbah cair¹³. Kemampuan jamur dalam mengikat ion logam dikarenakan adanya polisakarida, protein, dan gugus fungsi seperti karboksilat, hidroksil, sulfat, fosfat, dan amino yang terkandung dalam dinding sel¹⁴. Jamur menyerap logam dalam limbah melalui mekanisme adsorpsi dan degradasi¹⁵. Proses absorpsi

merupakan proses penyerapan limbah oleh gel yang terdapat pada miselium, sedangkan proses degradasi merupakan penguraian senyawa kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana yang dilakukan secara enzimatis¹⁵.

Jamur pelapuk putih (*white rot-fungi*) dikenal memiliki potensi dalam menurunkan kadar logam. Salah satu jamur yang termasuk ke dalam kelompok jamur pelapuk putih yang sering digunakan sebagai penyerap yaitu *P. ostreatus*. *P. ostreatus* memiliki kemampuan sebagai penyerap logam berat¹³.

Kandungan lain yang terdapat pada limbah baglog *P. ostreatus* yaitu serbuk gergaji kayu yang mengandung selulosa. Selulosa dan hemiselulosa pada serbuk gergaji kayu menjadikannya berpotensi untuk digunakan sebagai bahan penyerap logam berat Cr⁹. Selulosa dalam struktur molekulnya mengandung gugus karboksil yang berperan dalam pengikatan logam berat¹⁶. Gugus OH pada selulosa dan hemiselulosa menjadikan adsorben memiliki sifat polar, sehingga selulosa dan hemiselulosa kuat dalam menyerap zat yang bersifat polar. Mekanisme penyerapan yang terjadi antara gugus OH yang terikat pada permukaan dengan ion logam yang bermuatan positif (kation) adalah pertukaran ion⁹.

Faktor yang mempengaruhi daya penyerapan logam adalah pH, konsentrasi logam, serta temperatur luas permukaan, jenis ukuran molekul dan karakteristik bahan penyerap¹⁷. Selain itu waktu kontak juga termasuk faktor penting yang mempengaruhi proses penyerapan logam. Waktu kontak mempengaruhi banyaknya zat yang diserap¹⁸. Semakin lama waktu kontak antara bahan penyerap dengan logam, maka penyerapan logam semakin meningkat hingga mencapai titik maksimum, dan kemudian akan menurun kembali ketika telah mencapai titik jenuh¹⁹. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan limbah baglog *P. ostreatus* dalam menyerap logam berat Cr total, serta mengetahui perlakuan waktu kontak yang optimum untuk penyerapan logam Cr total dari limbah cair batik.

METODE

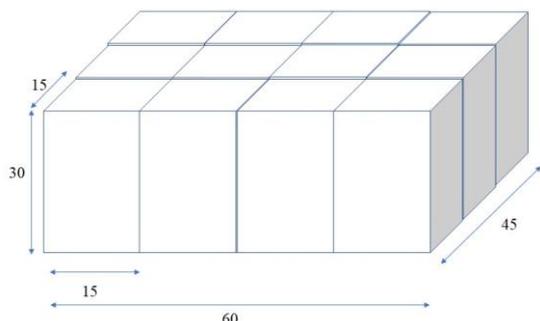
Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian adalah limbah cair pewarna naftol yang diperoleh dari *home industry* batik di Sokaraja Kabupaten Banyumas, limbah baglog *P. ostreatus* dari tempat budidaya Jamur di Baturredan Banyumas, larutan HNO₃ (asam nitrat) pekat, H₂O₂ (hidrogen peroksida), akuades, dan kertas saring Whatman No. 42.

Peralatan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian adalah kotak reaktor kaca berukuran 60 x 45 x 30

cm yang disekat sehingga di dalamnya terdapat 12 kotak kecil masing-masing berukuran 15 x 15 x 30 cm (Gambar 1), *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) Perkin elmer Tipe A Analyst 100, pH meter Hana, alat gelas dan termometer.



Gambar 1. Skema kotak reaktor perlakuan penyerapan limbah cair batik.

Persiapan limbah baglog jamur *Pleurotus ostreatus*

Limbah baglog *P. ostreatus* yang berumur 5 bulan dan masih terdapat miselium dipotong berbentuk dadu dengan ukuran yang setara dengan berat 25 g.

Uji penyerapan Kromium total pada limbah cair batik

Sebanyak 20 potongan limbah baglog *P. ostreatus* dimasukkan ke dalam kotak reaktor perlakuan (*batch system*), kemudian ditambahkan sampel limbah cair batik sebanyak 1000 ml. Sampel ditempatkan pada kotak-kotak reaktor kecil berbeda untuk diinkubasi dalam keadaan statis pada temperatur ruang dengan perlakuan variasi waktu kontak 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168, 192 dan 216 jam sebagai eksperimen penyerapan dengan ulangan sebanyak 3 kali.

Sampel limbah cair batik yang telah diinkubasi kemudian diambil secara merata dari beberapa titik dalam tiap 1 kotak reaktor kecil dan dimasukkan ke dalam botol sampel. Pengambilan sampel dilakukan menggunakan tandon dengan 3 kali pengulangan. Sampel diukur kandungan logam berat Kromium (Cr) total dengan menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrofotometry*)²⁰. Presentase penurunan logam Cr dapat dinyatakan dengan:

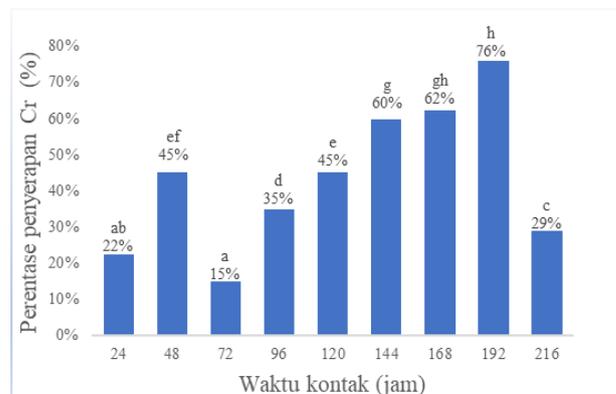
$$\% \text{ penurunan} = \frac{\text{konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir}}{\text{konsentrasi awal}}$$

Pengukuran parameter lingkungan

Parameter lingkungan yang diukur pada penelitian ini adalah pH dan temperatur. Kedua parameter tersebut diukur sebelum dan sesudah perlakuan pada waktu kontak yang berbeda.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian penyerapan logam Cr total oleh limbah baglog *P. ostreatus* menggunakan variasi waktu diperoleh nilai persentase yang berbeda pada setiap variasi. Hasil selengkapnya tersaji dalam Gambar 2.



Gambar 2. Histogram persentase penyerapan Cr pada limbah batik dengan waktu kontak berbeda.

Keterangan : Huruf yang sama menunjukkan hasil perlakuan tidak berbeda nyata dan sebaliknya pada taraf 5 %.

Gambar 2 memperlihatkan nilai persentase penyerapan logam pada waktu kontak berbeda pada 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168, 192 dan 216 jamberurut-turut yaitu sebesar 22%, 45%, 15%, 35%, 45%, 60%, 62%, 76%, dan 29%. Daya serap limbah baglog *P. ostreatus* mengalami peningkatan pada waktu kontak 48 jam kemudian menurun dan meningkat kembali sejalan dengan bertambahnya waktu kontak. Nilai persentase penyerapan Cr total terendah yaitu 15% diperoleh pada waktu kontak 72 jam, dan nilai persentase penyerapan Cr total tertinggi yaitu 76% diperoleh pada waktu kontak 192 jam.

Berdasarkan analisis (Gambar 2) didapatkan bahwa perlakuan antar variasi memberikan hasil uji yang cukup berbeda. Hal tersebut menunjukkan bahwa variasi antar perlakuan berpengaruh nyata terhadap penyerapan logam Cr total pada limbah cair batik. Perlakuan variasi waktu paling optimum yaitu pada waktu kontak 192 jam dengan nilai persentase tertinggi yaitu sebesar 76%. Persentase penyerapan ini diperoleh dari penurunan kadar Cr total pada limbah batik diawal perlakuan dibandingkan sesudah perlakuan. Kadar Cr total awal perlakuan berkisar 8,277-13,558 mg/l, sedangkan kadar Cr total akhir berkisar 3,276-10,588 mg/l (Tabel 1). Kadar Cr total awal limbah batik pada waktu kontak 192 jam sebesar 13,558 mg/l mengalami penurunan Cr total tertinggi sebesar 76% sehingga menjadi 3,276 mg/l. Pada waktu kontak 72 jam didapati kadar awal sebesar

12,413 mg/l dengan penurunan konsentrasi terendah sebesar 15 %, tereduksi menjadi 10,588 mg/l. Dengan adanya reaksi antara limbah batik dan limbah baglog yang digunakan, ion-ion logam Cr direduksi akibat terbentuknya ikatan logam pada limbah baglog *P. ostreatus*.

Tabel 1. Kadar Cr total awal dan akhir dalam limbah cair batik sebelum dan sesudah perlakuan waktu kontak

No	Perlakuan (jam)	Cr total awal (mg/l)	Cr total akhir (mg/l)
1.	24	12,587	9,780
2.	48	12,521	6,874
3.	72	12,413	10,588
4.	96	8,773	5,724
5.	120	8,669	4,764
6.	144	8,46	3,405
7.	168	13,346	5,051
8.	192	13,558	3,276
9.	216	8,277	5,900

Perbedaan tingkat penyerapan Cr pada limbah cair batik oleh limbah baglog *P. ostreatus* dipengaruhi oleh waktu kontak antara sorben (limbah baglog) dengan limbah cair batik. Pada rentang waktu tertentu akan terjadi kesetimbangan antara biosorben dengan adsorbat (logam). Waktu yang diperlukan untuk mencapai keadaan setimbang disebut sebagai waktu optimum penyerapan logam Cr. Waktu kontak merupakan faktor yang mempengaruhi penyerapan logam²¹. Penyerapan jumlah logam akan meningkat seiring dengan penambahan waktu hingga mencapai titik maksimum, dan ketika seluruh situs aktif pada biomassa telah jenuh oleh logam, maka jumlah logam berat yang terserap tidak mengalami kenaikan walaupun dengan adanya penambahan waktu kontak dan konsentrasi adsorbat. Kemampuan biosorben dalam penyerapan logam berat dipengaruhi oleh luas permukaan biosorben²². Semakin tebal dan semakin luas permukaan biosorben maka semakin besar daya kadar penurunan logam²³. Semakin luas area permukaan biosorben, maka semakin banyak situs pengikatan logam yang tersedia¹⁴.

Berdasarkan Gambar 2, pada waktu kontak 48 jam terjadi peningkatan penyerapan logam Cr total sebesar 45%, namun pada waktu kontak 72 jam mengalami penurunan penyerapan. Dengan penambahan waktu kontak hingga 192 jam terjadi peningkatan penyerapan Cr yang dibuktikan dengan semakin tingginya nilai persentase penyerapan Cr. Waktu kontak 192 jam merupakan waktu kontak optimum penyerapan logam Cr. Penyerapan Cr pada waktu kontak 216 jam mengalami penurunan penyerapan dengan nilai persentase yaitu 29%.

Penurunan penyerapan logam Cr dikarenakan biomassa telah jenuh dan sedikit demi sedikit melepaskan kembali ion Cr¹⁹. Pelepasan ion logam kembali terjadi karena ikatan kitin dan ion logam Cr yang tidak stabil¹⁹.

Peningkatan penyerapan persentase Cr yang terjadi pada waktu kontak 48 jam, kemudian diikuti penurunan penyerapan persentase Cr pada kontak 72 jam dikarenakan proses awal yang berlangsung pada penyerapan logam Cr yaitu tidak bergantung pada metabolisme (non enzimatis). Dalam teori Langmuir, pada permukaan adsorben terdapat sisi aktif yang sebanding dengan luas adsorben. Ketika sisi aktif belum jenuh dengan adsorbat (logam Cr) maka peningkatan konsentrasi adsorbat yang dipaparkan akan meningkat secara linear dengan jumlah adsorbat yang teradsorpsi. Penelitian-penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh peneliti menunjukkan bahwa penurunan warna maupun logam berat menggunakan limbah baglog bersifat fluktuatif seiring dengan waktu kontak pada adsorben, dan terdapat fluktuasi yang sama pada kontrol (adsorben tanpa miselium)^{24,25,26}.

Fenomena penurunan persentase penyerapan Cr pada titik terendah dengan perlakuan kontak 72 jam disebabkan adanya zat ekstraktif yang keluar dari serbuk gergaji kayu. Selain selulosa, dan lignin, serbuk gergaji mengandung komponen utama zat ekstraktif kayu²⁷. Zat ekstraktif keluar dari serbuk kayu karena perlakuan perendaman air dingin, air panas dan etanol-benzena²⁸. Saat perlakuan waktu kontak 48 jam pada penelitian ini, logam Cr telah terserap pada bahan penyerap limbah baglog, dan diduga logam Cr ini ikut terlepas seiring keluarnya zat ekstraktif pada waktu kontak 72 jam. Hal ini dikarenakan reaksi kimia antara zat ekstraktif dengan logam²⁹. Pada waktu kontak mulai 96 jam, terjadi kenaikan persentase penyerapan logam oleh limbah baglog. Hal ini terjadi karena berkurangnya zat ekstraktif sehingga menyebabkan naiknya kembali nilai absorpsi²⁸.

Berdasarkan Gambar 2, peningkatan penyerapan logam Cr terjadi kembali pada waktu kontak 96 jam hingga 192 jam dan penyerapan menurun pada waktu kontak 216 jam. Penyerapan logam yang terjadi pada waktu kontak 96 jam hingga 192 jam bergantung pada metabolisme sel (enzimatis). Hal tersebut disebabkan miselium *P. ostreatus* membutuhkan waktu untuk mensekresikan enzim ekstraseluler ke dalam media limbah cair batik. Jamur *Pleurotus* sp. mampu menghasilkan aktivitas enzim ekstraseluler tertinggi pada waktu kontak 120 jam (5 hari)³⁰.

Penyerapan logam pada limbah cair batik dapat dilakukan dengan dua cara yaitu metabolisme bergantung dan tidak bergantung¹⁴. Proses metabolisme bergantung melibatkan enzim ekstraseluler kompleks yang disekresikan oleh jamur ke dalam medium (limbah cair batik). Enzim

ekstraseluler tersebut yaitu lakase, lignin peroksidase serta mangan peroksidase¹². Adanya enzim yang bersifat nonspesifik tersebut terhadap substrat memungkinkan jamur menyerap logam berat³⁰. Logam terserap masuk melintasi membran sel dan terjadi transport ion seperti transport ion Na, Ca, Mg, dan K yang digantikan oleh ion logam berat³¹.

Mekanisme jamur menyerap logam berat dengan tidak bergantung pada metabolisme sel dilakukan oleh miselium yang masih terkandung dalam limbah baglog *P. ostreatus*. Miselium jamur mengandung kitin sehingga mampu mengikat logam berat³². Bagian dari jamur yang dapat berikatan dengan logam berat adalah kitin yang terdapat pada dinding sel jamur²¹. Proses penyerapan ion Cr tidak bergantung proses metabolisme terjadi pada permukaan dinding sel melalui proses pertukaran ion atau molekul kompleks dan adsorpsi. Ion Cr berikatan pada sisi situs aktif dinding sel biosorben yaitu pada gugus fungsional seperti amina, karboksilat, dan hidroksil²¹. Ion logam mengikat dinding sel dengan dua cara yang berbeda. Pertama, melalui pertukaran ion dimana ion monovalent dan divalent seperti Na, Mg dan Ca pada dinding sel digantikan oleh ion-ion logam berat³³. *P. ostreatus* mampu menyerap logam Cr sebesar 78,65% dalam limbah cairan kimia³⁴. *White-rot fungi* dan fungi pada umumnya memiliki kemampuan untuk menyerap logam berat di dalam biomasnya dalam kadar tinggi yang terdapat dalam larutan limbah seiring dengan penurunan kadar toksisitas limbah tersebut^{35,36,37}.

Berdasarkan Gambar 2, jumlah ion logam yang terserap tidak stabil naik turun dengan bertambahnya waktu kontak. Turunnya nilai Cr pada waktu kontak 72 jam diduga karena ketidakstabilan ikatan antara ion pada biosorben yaitu miselium jamur dengan ion Cr sehingga partikel logam Cr terlepas. Permukaan sel jamur memiliki gugus aktif bermuatan negatif berupa gugus karboksil³⁸. Interaksi antara gugus OH dengan ion Cr⁺ akan membentuk ikatan kompleks koordinasi dikarenakan atom oksigen (O) yang terletak pada gugus OH memiliki pasangan elektron bebas, sedangkan orbital kosong dimiliki ion logam. Pasangan elektron bebas akan menempati orbital kosong yang dimiliki oleh ion logam sehingga terbentuk suatu senyawa atau ion kompleks. Penempatan orbital kosong pada ion logam tersebut akan terjadi sangat cepat pada awal waktu kontak. Namun akan semakin lambat jika orbital tersebut semakin banyak terisi dan akhirnya konstan. Kondisi konstan terjadi apabila orbital kosong pada ion logam sudah terisi penuh sehingga penyerapan akan berhenti. Setiap absorben akan memiliki waktu kontak atau waktu penyerapan masing-masing sesuai dengan kapasitas orbital kosong yang ada.

Penyerapan logam Cr dalam limbah batik selain oleh miselium yang masih terdapat pada limbah baglog *P. ostreatus*, juga terjadi karena serbuk gergaji kayu yang termasuk komponen dari baglog. Serbuk gergaji kayu yang digunakan dalam pembuatan baglog berasal dari kayu albasia. Komponen yang terdapat pada kayu diantaranya adalah selulosa dengan kandungan sebesar 40%-50%²⁶. Selulosa merupakan polimer linier yang dibangun oleh unit-unit glukosa yang dihubungkan dengan ikatan 1-4 beta glukosa. Dilihat dari struktur kimianya, selulosa memiliki potensi untuk dijadikan sebagai penyerap karena gugus OH yang terikat dapat berinteraksi dengan komponen adsorbat⁹.

Mekanisme pengikatan logam Cr dengan selulosa pada limbah baglog *P. ostreatus* yaitu logam Cr akan berinteraksi secara kuat dengan anion gugus hidroksil (-OH) pada selulosa⁹. Dengan demikian, selulosa akan mengikat ion Cr secara kuat. Ikatan yang terjadi antara logam Cr dengan OH pada selulosa adalah melalui pembentukan ikatan koordinasi, yaitu pasangan elektron bebas O pada OH akan menempati orbital kosong yang dimiliki oleh Cr sehingga terbentuk senyawa kompleks terkoordinasi. Penelitian yang dilakukan membuktikan bahwa selulosa yang terdapat pada serbuk gergaji kayu albasia dapat menyerap logam Cr sebesar 66,79% atau 39,4492 ppm.

Naftol merupakan pewarna batik yang memiliki konsentrasi Cr lebih tinggi dibanding pewarna lain (kisaran 0,012-0,221 mg/l)³⁹. Konsentrasi tersebut masih di bawah baku mutu yang ditetapkan pemerintah yaitu 1 mg/L. Namun, jika tidak dilakukan perlakuan pengolahan limbah maka Cr yang terkandung akan masuk dan terakumulasi pada badan air dan berdampak negatif pada organisme di dalamnya. Sekecil apapun kadar logam berat pada badan perairan dapat menyebabkan terjadinya akumulasi logam berat pada tubuh ikan. Terjadinya akumulasi logam berat pada ikan akibat dari meningkatnya kadar logam berat di perairan⁴⁰. Logam berat yang masuk ke dalam tubuh makhluk hidup akan mengalami biokonsentrasi, bioakumulasi dan biomagnifikasi⁴¹. Bahaya dari logam berat ini adalah dapat menurunkan produktivitas ikan budidaya maupun kesehatan manusia. Ditemukannya kandungan logam berat pada konsentrasi rendah atau tinggi dapat menjadi faktor resiko terhadap munculnya berbagai penyakit⁴². Oleh karena itu sangat penting untuk dilakukan pengolahan limbah salah satunya dengan penggunaan limbah baglog ini. Selain dapat menurunkan konsentrasi Cr, limbah baglog juga memperbaiki kondisi lingkungan sehingga dapat memenuhi baku mutu yang berlaku. Aktivitas pertumbuhan *P. ostreatus* yang terkolonisasi pada medium pertumbuhan jamur seperti serbuk gergaji dalam menyerap logam Cr menyebabkan terjadinya

perubahan pH dan temperatur. Selama proses penyerapan menggunakan limbah baglog, terjadinya perubahan nilai pH. Pada perlakuan dengan waktu kontak 24 jam dan 48 jam, nilai pH cenderung meningkat seiring dengan waktu penyerapan. Hal ini sesuai dengan mekanisme keterlibatan ion hidrogen dalam penyerapan Cr, yaitu menyebabkan terjadinya proses protonasi sehingga mengurangi kandungan ion hidrogen dalam larutan dan nilai pH akan meningkat. Namun nilai pH tidak akan terus menerus meningkat, hal ini dikarenakan adanya asam organik yang dihasilkan selama metabolisme yaitu asam kuat yang mampu menahan kenaikan pH. Jumlah ion hidrogen diperkirakan cukup banyak dalam larutan namun kontribusi dalam pengikatan Cr relatif sedikit sehingga peningkatan nilai pH tidak terlalu jauh. Berbeda dengan waktu kontak 24 jam dan 48 jam, pada waktu kontak mulai dari 72 jam nilai pH yang awalnya meningkat kemudian cenderung menurun. Penurunan nilai pH diindikasikan akibat kandungan asam organik yang cukup banyak. Penurunan nilai pH terjadi karena selama proses fermentasi dihasilkan asam-asam organik, misalnya asam asetat dan asam glukonat, dan beberapa konsentrasi asam-asam organik tersebut menyebabkan penurunan pH⁴³.

Berdasarkan hasil pengamatan, pH awal limbah cair batik adalah 6,4, setelah perlakuan 24 dan 48 jam pH mengalami kenaikan dan kemudian setelah itu menurun (Tabel 1). Persentase penyerapan Cr tertinggi sebesar 76% berada pada kisaran pH 5,6 – 6. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan. Penyerapan Cr menggunakan *P. ostreatus* menghasilkan persentase penyerapan sebesar 17,02% pada pH 5³⁰. Muatan titik nol atau titik isoelektrik gugus fungsi protein penyusun dinding sel mikroorganisme terdapat pada pH 3²¹. Pada derajat keasaman < 3, situs aktif memiliki muatan positif, sedangkan ketika pH > 3 situs aktif memiliki muatan negatif. Pada derajat keasaman > 3 terjadi peningkatan penyerapan logam Cr.

Tabel 2. Nilai pH awal dan akhir perlakuan penyerapan logam Cr total limbah cair batik menggunakan limbah baglog *P. ostreatus*

No.	Perlakuan (Jam)	pH Awal	pH Akhir		
			U1	U2	U3
1	24	6,4	7,7	7	7,7
2	48	6,4	7,7	7,9	7,8
3	72	6,4	4,5	4,5	4,8
4	96	6,4	4,7	4,7	5,4
5	120	6,4	6,2	6,3	6,2
6	144	6,4	6	6,3	6
7	168	6,4	5,8	5,8	6,3
8	192	6,4	5,6	6	6
9	216	6,4	4,3	4,3	4,3

Selain perubahan pH, setelah perlakuan terjadi pula perubahan pada temperatur. Penguraian substrat menyebabkan perubahan pH dan temperatur akibat metabolisme fungi⁴⁴. Berdasarkan pengukuran terhadap temperatur limbah sebelum dan sesudah perlakuan, temperatur awal perlakuan sebesar 28°C, kemudian mengalami penurunan pada kisaran 26°C - 28°C (Tabel 2). Hal ini masih sesuai dengan baku mutu yang diperbolehkan. Batas maksimum temperatur yang diperbolehkan dalam limbah cair batik yaitu 38°C¹⁵. Temperatur ini masih dalam kisaran temperatur pertumbuhan jamur. Kemampuan jamur untuk menyerap logam berada pada kisaran temperatur 20°C-45°C¹³.

Tabel 3. Data nilai temperatur awal dan akhir perlakuan penyerapan logam Cr total limbah cair batik menggunakan limbah baglog *P. ostreatus*

No.	Perlakuan (Jam)	Temperatur Awal	Temperatur Akhir		
			U1	U2	U3
1	24	28	26	26,5	26,8
2	48	28	26	26	26
3	72	28	26	26	26
4	96	28	28	26	26
5	120	28	27	27	27
6	144	28	27	27	27
7	168	28	27	27	27
8	192	28	26	26	26
9	216	28	27	28	28

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa

1. Limbah baglog *P. ostreatus* memiliki kemampuan untuk menyerap logam Cr total dalam limbah cair batik baik. Pada variasi waktu kontak 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168, 192 dan 216 jam berturut-turut dihasilkan penurunan kadar Cr total sebesar 22%, 45%, 15%, 35%, 45%, 60%, 62%, 76%, dan 29%. Pada proses pH berada pada nilai 5,6 – 6 dan temperatur pada 26°C - 28°C, hal ini masih sesuai dengan baku mutu yang diperbolehkan.
2. Penggunaan Limbah baglog *P. ostreatus* sebagai adsorben mampu menurunkan kadar kromium total dengan perlakuan waktu kontak optimum selama 192 jam dengan nilai penurunan 76%. Limbah baglog *P. ostreatus* memiliki potensi dalam pengolahan logam pencemar perairan dan dapat digunakan sebagai teknologi strategis di masa depan.

PUSTAKA

1. Sasongko, D.P. Identifikasi unsur dan kadar logam berat pada limbah pewarna batik dengan metode analisis pengaktifan neutron. *Jurnal*

- Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Telaah* **27**, 22-27 (2010).
- Muljadi. Efisiensi instalasi pengolahan limbah cair industri batik cetak dengan metode fisika-kimia dan biologi terhadap penurunan parameter pencemar (BOD, COD, dan logam berat krom (Cr) **8 (1)**, 7-16 (2009).
 - Puspita, U. R., Siregar., A.S. dan Hidayati, N.V. Kemampuan tumbuhan air sebagai agen fitoremediator logam berat kromium (Cr) yang terdapat pada limbah cair industri batik. *Berkala Perikanan Terubuk* **39(1)**, 58-64 (2011).
 - Kresnadipayana, D. Pemanfaatan zeolit alam dan limbah kayu aren (*Arenga pinnata*) untuk menurunkan logam Cr (VI) pada limbah cair batik. Tesis. Program Studi Ilmu Lingkungan, Universitas Sebelas Maret Surakarta (2012).
 - Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun Tentang Perubahan Atas Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 10 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Limbah (2012).
 - Ulfin, I., dan Widya, W. Studi penyerapan kromium dengan kayu apu (*Pistia stratiotes*, L). *Akta Kimindo* **1(1)**, 41-48 (2005).
 - Joko, T. Penurunan kromium (Cr) dalam limbah cair proses penyamakan kulit menggunakan senyawa alkali Ca(OH)_2 , NaOH, dan NaHCO_3 . *Jurnal Kesehatan Lingkungan* **2(2)**, 39-45 (2003).
 - Gochev, V. K., Velkova., Z. I, and Stoytcheva, M. S. Hexavalent chromium removal by waste mycelium of *Aspergillus awamori*. *J. Serb. Chem. Soc.* **75(4)**, 551-564 (2010).
 - Sukarta, I. N. Adsorpsi ion Cr^{3+} oleh serbuk gergaji kayu albizia (*Albizzia falcata*): studi pengembangan bahan alternatif penjerap limbah logam berat. Tesis. Institut Pertanian Bogor, Bogor (2008).
 - Kirti, S., Chatterjee, S., and Joshi, B. Chromium toxicity and its health hazards. *International Journal of Advanced Research* **3 (7)**, 167-172 (2015).
 - Kartikasari, T.H., Lestari, S. and Dewi, R. S. Adsorpsi Zn dan Dekolorisasi Limbah Batik Menggunakan Limbah Baglog *Pleurotus ostreatus* dengan Sistem Inkubasi dan Volume Limbah Batik Berbeda. *Majalah Ilmiah Biologi BIOSFERA: A Scientific Journal* **29(3)**, 168-174 (2012).
 - Dewi, R. S., Ilyas, M. and Sari, A. A. Ligninolytic enzyme immobilization from *Pleurotus ostreatus* for dye and batik wastewater decolorization. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia* **8(2)**, 220-229 (2019).
 - Javaid, A., Bajwa, R., Shafique, U., and Anwar, J. Removal of heavy metals by adsorption on *Pleurotus ostreatus*. *Biomass and Bioenergy* **35(5)**, 1675-1682 (2011).
 - Pikoli, M, R., dan Sugoro, I. Penyerapan besi (Fe) oleh kultur cair dan lembaran biomassa fungi *Rhizopus* sp. Berk. *Penel. Hayati* **3C**, 67-71 (2009).
 - Setiadi, T., Suwardiyono, and Wenten, I.G. Treatment of textile wastewater by a coupling of activated sludge process with membrane separation. Proc. *Environmental Technology and Management Seminar*. 9-10 Januari. Bandung (2002).
 - Sudiarta, I.W., dan Yulihastuti, D.A. Biosorpsi kromium (VI) pada serat sabut kelapa hijau (*Cocos nucifera*) *Jurnal Kimia* **4(2)**, 158-166 (2010).
 - Cechinel, M.A.P., Guelli, S.M.A., & Ulson, A. A. Study Of Lead (II) Adsorption Onto Activated Carbon Originating From Cow Bone. *Journal of Cleaner Production. Universidade Federal de Santa Catarina. Brasil* (2013).
 - Low, K. S., Lee, C.K. & Tan K. K. 1995. Biosorption of Basic Dyes by Water Hyacinth Roots. *Bioresource Technology* **52**, 79-83 (1995).
 - Lelifajri. Adsorpsi ion logam Cu (II) menggunakan lignin dari limbah serbuk kayu gergaji. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan* **7 (3)**, 126-129 (2010).
 - SNI 6989.17. Tentang Cara uji krom total(Cr-T) secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-nyala. Jakarta: BSN (2009).
 - Saefudin., E, Fitiana., dan Kusnadi. Penggunaan biomassa *Aspergillus niger* van tieghem dalam biosorpsi krom dari limbah pertambangan nikel. Program Studi Biologi, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung. (2010).
 - Widihati, I. A. G., Ratnayani., O. dan Angelina, Y.. Karakterisasi keasaman dan luas permukaan tempurung kelapa hijau (*Cocos nucifera*) dan pemanfaatannya sebagai biosorben ion Cd^{2+} . *Jurnal Kimia*, **4(1)**, 7-14 (2010).
 - Yasril. H., Kasjono., S. dan Ganefati, S. P.. Penurunan kadar krom (Cr) dengan menggunakan biomassa ampas tebu secara bio-

- adsorpsi. *Jurnal Teknik Lingkungan* **10(2)**, 145-151 (2009).
24. Sorta, R. R. T., Lestari., S. and Dewi., R.S.. Dekolorisasi beberapa macam limbah cair batik menggunakan limbah baglog *Pleurotus ostreatus* dengan waktu inkubasi berbeda. *Majalah Ilmiah Biologi Biosfera: A Scientific Journal* **29(3)**, 136-140 (2012).
 25. Wulandari, F., .., Ratnaningtyas., N., I., and Dewi, R., S.. Dekolorisasi limbah batik menggunakan limbah medium tanam *Pleurotus ostreatus* pada waktu inkubasi yang berbeda. *Scripta Biologica* **1(1)**, 73-77 (2014).
 26. Dewi, R. S. & Hana. Screening of microfungi from spent mushroom for decolorizing and removing heavy metals from batik effluent and its toxicity. In IOP Publishing, 3rd International Conference on Life and Applied Sciences for Sustainable Rural Development (ICLAS-SURE 2020) 9 November 18-19, 2020 Central Java, Indonesia) (2021).
 27. Djunaidi, Muhammad Cholid. Pengenalan Metode Adsorpsi Logam Fe (III) Menggunakan Selulosa dan Selulosa Asetat dari Serbuk Gergaji Kayu Kepada Siswa SMA Al-Azhar 14 Semarang. In Seminar Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat UNDIP 2020 **1(1)**, (2020).
 28. Sucipto, T., dan Ruhendi, S. Pengaruh perendaman terhadap keterbatasan tandan kosong sawit dan perbandingannya dengan keterbasahan beberapa jenis kayu. *For. Indones. J. For.* **1(1)**, 30-33 (2012).
 29. Williams, R.S. dan M. Knaebe. Iron stain on wood. Finisline Forest Products Laboratory. USDA Forest Service, Madison. www.fpl.fs.fed.us. Diakses tanggal, 26 Agustus 2008 (2002).
 30. Sclegel, H. G. dan Smith, K. *Mikrobiologi Umum*. Diterjemahkan oleh Baskoro, R. M. dan Watimena, J. R. Gajah Mada University Press, Yogyakarta (1994).
 31. Soeprijanto., Fabella, R. dan Aryanto, B. Kinetika biosorpsi ion logam berat Cu(II) dalam larutan menggunakan biomassa *Phanerochaete chrysosporium*. Skripsi. Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Surabaya. (2010).
 32. Fahrudin. *Bioteknologi Lingkungan*. Penerbit Alfabeta, Bandung (2010).
 33. Siswati, N. D., Indrawati, T., dan Rahmah, M. Biosorpsi Logam Berat Plumbum (Pb) Menggunakan Biomassa *Phanerochaete chrysosporium*. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan* **1(2)**, 67-73 (2011).
 34. Arbanah, M., Najwa., M. R. M. & Halim, K. H. K. Biosorption of Cr(III), Fe(II), Cu(II), Zn(II) Ions from liquid laboratory chemical waste by *Pleurotus ostreatus*. *International Journal of Biotechnology for Wellness Industries* **1(3)**, 152-162 (2012).
 35. Dewi, R. S., Sari, A. A., & Fazrian, R. A. Decolorization of indigosol blue batik effluent using *Lepiota* sp. isolated from Baturraden Botanical Garden. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 1017, No. 1, p. 012027), Earth and Environmental Science, Volume 1017, The 5th International Symposium on Green Technology for Value Chains (GreenVC 2021) (10/10/2021 - 12/10/2021 Online), (2022).
 36. Dewi, R. S., Kasiamdari, R. S., Martani, E., & Purwestri, Y. A. Mechanisms of Indigosol Blue O4B batik dye wastewater degradation by *Aspergillus* sp. 3 and its product analysis. *Res. J. Biotechnol* **16**, 34-42 (2021).
 37. Harms H., Schlosser D, & Wick L.Y. Untapped Potential: Exploiting Fungi in Bioremediation of Hazardous Chemicals. *Nature Reviews, Microbiology* **9**, 177-192 (2011).
 38. Sahat. Pengendalian limbah cair (limbah elektroplating) yang mengandung ion logam berat kromium dan kadmium menggunakan gabungan abu terbang, batu bara, serbuk gergaji, dan arang tempurung kelapa. *Jurnal Teknik Kimia* **2 (2)**, 75-82 (2005).
 39. Riyadi, R. W. Karakterisasi Air Limbah Batik Di Daerah Istimewa Yogyakarta Dan Kabupaten Bantul Dengan Parameter Tembaga (Cu), Kromium (Cr), Dan Kadmium (Cd). Laporan Tugas Akhir-Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta (2019).
 40. Martuti, N.K.T. Kandungan Logam Berat Cu dalam Ikan Bandeng, Studi Kasus di Tambak Wilayah Tapak Semarang. Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan (2012).
 41. Darmono, *Lingkungan Hidup dan Pencemaran*. Universitas Indonesia Press, Jakarta (2001).
 42. Turkmen, M., Turkmen, A., Tepe, Y., Tore, Y., Ates, A., Determination of Metals In Fish Species from Aegean and Mediterranean Seas. *Journal Food Chemistry* **113**, 233-237 (2009).

Penyerapan Logam Krom Total (Cr) Limbah Cair Batik Menggunakan Limbah Baglog *Pleurotus ostreatus* dengan Waktu Kontak Berbeda (Ratna Stia Dewi, dkk.)

43. Sreeramulu, G., Zhu, Y. & Knol, W. Kombucha Fermentation and It's Antimicrobial Activity. *Journal Agriculture Food Chemistry* (2000).
44. Gandjar, I., Syamsuridzal, W. & Oetari, A. *Mikologi Dasar dan Terapan*. Yayasan Obor Indonesia, Jakarta (2006).
-

