

**AKUMULASI DAN REDUKSI LIMBAH PENYAMAKAN KULIT
DENGAN BIOMASSA *MUCOR SP* DAN *FUSARIUM SP***Suharjono Triatmojo¹, dan R. L. M. S. Ari Wibowo²**INTISARI**

Penelitian ini bertujuan untuk membuktikan bahwa biomassa *Mucor sp* dan *Fusarium sp* dapat mereduksi Cr(VI) dan untuk mengambil ion krom dari larutan. Dua spesies jamur yaitu *Mucor sp* dan *Fusarium sp* digunakan dalam penelitian yang menggunakan rancangan acak lengkap pola faktorial (2x2). Faktor pertama adalah waktu inkubasi yaitu 4 dan 8 hari, sedangkan faktor kedua adalah sumber krom yaitu krom murni ($K_2Cr_2O_7$) dan krom dari air limbah *sludge* penyamakan kulit. Parameter yang diamati adalah penyerapan krom total, krom valensi 6 krom dan valensi 3 oleh kedua biomassa jamur diatas. Besarnya penyerapan krom oleh jamur *Mucor sp* adalah 69,75 % pada hari kedelapan, sedangkan jamur *Fusarium sp* menyerap 71,82 %. Apabila dalam media pertumbuhan diberikan krom bukan berasal dari $K_2Cr_2O_7$ melainkan berasal dari limbah penyamakan kulit maka penyerapan krom pada *Mucor sp* hari kedelapan adalah 72,25 % dan penyerapan krom oleh *Fusarium sp* adalah 72,66 % dari kandungan krom awal dalam media pertumbuhan. Kesimpulan yang diperoleh adalah bahwa *Mucor sp* mampu menurunkan krom murni valensi 6 dari 77,47 ppm menjadi 20,46 ppm, dan krom dari air limbah penyamakan kulit dari 112,77 ppm menjadi 18,42 ppm. *Fusarium sp* juga mampu menurunkan krom murni valensi 6 dari 93,28 ppm menjadi 18,51 ppm, dan krom dari air limbah penyamakan kulit dari 85,80 ppm menjadi 19,37 ppm. Semua itu terjadi setelah delapan hari kontak. *Fusarium sp* mampu mereduksi dengan melibatkan perubahan warna dari orange menjadi violet, sedangkan *Mucor sp* ditunjukkan dengan terjadinya penjernihan warna media pertumbuhan.

(Kata kunci : *Sludge* limbah penyamakan kulit, Akumulasi krom, Jamur benang)

Buletin Peternakan 27 (3) : 129 - 138, 2003

¹ Fakultas Peternakan Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

² Akademi Teknologi Kulit, Yogyakarta.

**ACCUMULATION AND REDUCTION OF CHROMIUM BEARING
ON SLUDGE OF LEATHER INDUSTRY WASTE USING
THE BIOMASS OF *MUCOR SP* AND *FUSARIUM SP***

ABSTRACT

This research was conducted to investigate the reduction and biosorption of chromium derived from tannery waste using biomass of *Mucor sp* and *Fusarium sp*. *Mucor sp* and *Fusarium sp* were used in the experiment. The data was analyzed by factorial analysis of completely randomized design. The first factor were incubation times i.e 4 and 8 days, whereas the second factor was an origin of chrome⁶ (chrome from $K_2Cr_2O_7$ and chrome derived from the sludge of leather industry waste). Parameters observed were total of chrome absorption, chromes of valence six and three absorbed by fungi. The extent of chrome absorption by *Mucor sp* was 69.75 % on the eighth day, while *Fusarium sp* could absorb 71.82 %. This indicated that each species of fungi had specification in the process and location of the chrome accumulation. If the growing medium was chrome of the leather industry waste, chrome absorption by *Mucor sp* on the eighth day was 72.25 % and the chrome absorption by the *Fusarium sp* was 72.66 % of the previous contents of chrome in growing medium. It could be concluded that *Mucor sp* was able to decrease the contents of chrome $K_2Cr_2O_7$ of valence 6 from 77.47 ppm to 20.46 ppm and from 112.77 ppm to 18.42 ppm of chrome derived from the leather industry waste. The fungi of *Fusarium sp* was also able to decrease the contents of chrome derived from $K_2Cr_2O_7$ of valence 6 from 93.28 ppm to 18.51 ppm, and from 85.80 ppm to 19.37 ppm for the contents of chrome derived from the leather industry waste. This was occurred after 8 days of incubation time. *Fusarium sp* was able to reduce the number of chrome valency 6 to 3 the showed by the changing of of color solution from orange turn to violet. But for *Mucor sp*, the reaction was showed by the turning of the medium from bluish to colorless and clear solution.

(Key words : Sludge leather industry waste, Chrome accumulation, Filamentous fungi).

Pendahuluan

Penyamakan kulit menghasilkan limbah padat, cair dan gas. Limbah padat dan cair mengandung krom valensi 6 atau Cr (VI) dan krom valensi 3 atau Cr (III). Cr (III) bersifat kurang toksik, kelarutannya rendah, tidak mobil dan lebih sulit menembus dinding sel tanaman maupun hewan. Cr (VI) sangat toksik, bersifat karsinogenik dan mutagenik. Di alam logam krom, baik Cr (VI) maupun Cr (III) dapat mengalami transformasi bila kondisi lingkungannya sesuai. Logam krom ini pada limbah padat (*sludge*) terdapat dalam jumlah yang sangat tinggi (90%), sedangkan pada larutan sekitar 10 % dari krom yang terdapat dalam *sludge* limbah penyamakan kulit (LPK). *Sludge* LPK karena kandungan unsur haranya masih cukup tinggi, sering

digunakan untuk memupuk tanaman pertanian. Kandungan logam Cr yang tinggi sangat membatasi penggunaan *sludge* sebagai pupuk ataupun pembenah tanah, karena Cr (III) yang terkandung di dalamnya di dalam tanah dapat berubah secara spontan menjadi Cr (VI) yang sangat toksik.

Pemisahan logam berat dari limbah industri dapat dilakukan dengan berbagai cara yaitu secara fisika, kimia dan biologi (Wisnuprpto, 1996). Pemisahan logam berat yang banyak dilakukan selama ini menggunakan cara kimia yaitu dengan penambahan bahan-bahan kimia tertentu sampai terbentuk endapan pada pH tinggi, Cr(III) akan mengendap sebagai hidroksidanya. Pengolahan secara fisika yang umum dilakukan adalah adsorpsi dengan menggunakan karbon aktif atau dengan cara penyaringan dengan

menggunakan membran. Penggunaan cara kimia dan fisika untuk mengolah limbah industri memerlukan biaya operasional yang mahal. Salah satu alternatif pemisahan logam berat dari limbah industri dengan biaya yang agak murah dan aman bagi lingkungan yaitu dengan menggunakan mikroorganisme sebagai penyerap logam berat (Harris dan Ramelow, 1990). Selanjutnya dinyatakan bahwa logam berat tidak dapat dikonversi atau didegradasi sehingga pemisahan secara biologis hanya merupakan akumulasi logam berat dalam organisme yang diperlukan dalam pengolahan. Respon mikroorganisme terhadap logam berat berbeda-beda, tergantung pada sifat dan jenis mikroorganisme serta konsentrasi logam di lingkungan. Ada mikroorganisme yang sensitif tetapi ada pula mikroorganisme yang resisten terhadap logam berat, bahkan dapat mengikat dan mengakumulasi logam di permukaan sel atau di dalam selnya. Mikroorganisme diantaranya khamir, jamur, bakteri dan alga dapat menyerap logam-logam berat dan radionuklida dari lingkungan eksternalnya (Gadd, 1992).

Penelitian mengenai penyerapan ion logam oleh mikroorganisme khususnya jamur masih jarang dilakukan apalagi mengenai karakteristik jamur benang yang mungkin dapat mengakumulasi logam krom yang berada dalam lumpur padat dari limbah penyamakan kulit, sehingga peneliti mencoba untuk mengetahui jenis jamur benang yang mana yang mampu tumbuh dalam lumpur padat limbah penyamakan kulit.

Penelitian ini dikerjakan dengan tujuan untuk mempelajari biosorpsi dan reduksi krom pada limbah penyamakan kulit menggunakan biomassa jamur benang *Fusarium sp* dan *Mucor sp*.

Materi dan Metode

Penelitian ini dikerjakan di Laboratorium Mikrobiologi Bioteknologi PAU-UGM, Jurusan Teknologi Hasil Ternak Fakultas Peternakan UGM, Laboratorium Mikrobiologi Akademi Teknologi Kulit dan Laboratorium

Bioteknologi BBKKP Yogyakarta. Penelitian ini dilakukan mulai bulan Maret sampai dengan Agustus 2003.

Materi utama yang digunakan di dalam penelitian adalah jamur *Fusarium sp* dan *Mucor sp* yang diisolasi dan telah diuji resistensinya terhadap logam Cr (VI) pada penelitian sebelumnya. $K_2Cr_2O_7$ dan *sludge* limbah penyamakan kulit yang diperoleh dari pabrik penyamakan kulit Budi Makmur Jaya Murni Yogyakarta.

Bahan kimia yang digunakan adalah HNO_3 , HCL, NaOH, H_2SO_4 , $CrCl_3$ standar, $K_2Cr_2O_7$ standar, NaCl, $CaCl_2 \cdot H_2O$, KCl, K_2HPO_4 , $NaHCO_3$, $MgSO_4$, $Fe(SO_4)_2 \cdot 7 H_2O$, difenil karbazid, H_2O_2 , H_3PO_4 , Natriumazida, reinst (NaN_3), Buffer fosfat, kertas saring Whatman No.1, Whatman 40, reagen Tween 80, Bacto dextrosa, Bacto pepton, agar, Medium PDA, air murni serta akuades.

Alat yang digunakan adalah Autoklaf, inkubator berputar, mikroskop, laminar UV, kawat ose, spektrofotometer UV-1601 PC UV visible, Spektrofotometer merk shimadzu, pH meter WTW pH 90 dengan⁴ elektrode tipe ESO, oven merk memmert, lemari pendingin, timbangan digital merk Acculab kapasistas 200 gram, timbangan analitik merk sartorius kapasitas 150 gram, pencatat waktu (timer), tannur merk memmert, sentrifus, *shaker* (penggojok) orbital, filter vakum, mikro pipet, cawan petri, objek glass, deg glass, pipet, lampu spritus, tabung erlenmeyer 500 ml, tabung erlenmeyer 250 ml, botol ukuran 100 ml, termometer, higrometer dan alat-alat penunjang lainnya.

A. Percobaan reduksi dan biosorpsi krom oleh *Fusarium sp* dan *Mucor sp*

Prakultur jamur benang diinkubasikan di dalam media yang mengandung krom ($K_2Cr_2O_7$) selama 7 hari. Hasil pengamatan secara visual pada warna kultur yaitu adanya perubahan warna oranye (krom valensi 6) menjadi hijau atau ungu dan jernih (krom valensi 3). Perubahan warna media menunjukkan telah terjadinya reduksi Cr (VI) menjadi Cr (III). Percobaan biosorpsi

dilakukan dengan cara menanam isolat dekstrosa cair yang mengandung $K_2Cr_2O_7$ atau *sludge* limbah penyamakan kulit dengan konsentrasi 100 mg/l media dan biomassa ditumbuhkan pada suhu kamar di atas *orbital shaker* dengan putaran 125 rpm selama 8 hari. Pemanenan dilakukan pada hari ke-4 dan ke-8. Kandungan krom yang tidak diikat oleh jamur dapat ditentukan dengan metode difenil karbasid (Anonim, 1976).

B. Penentuan kadar Cr total, Cr (VI) dan Cr (III)

Cr total ditentukan dengan cara sebagai berikut : sampel dilarutkan di dalam aquades steril, ditambah H_2SO_4 4N sebanyak 3-4 ml dan dilanjutkan dengan penambahan H_2O_2 30% sebanyak 3 ml dan diberi batu didih. Sampel tersebut dididihkan beberapa saat, kemudian ditambahkan $KMnO_4$ 1N setetes demi setetes sampai terbentuk warna $KMnO_4$ yang konstan yaitu kuning kecoklatan. Selanjutnya, volume dibuat seperti semula. Pemanasan dilanjutkan selama 2 menit, ditambahkan 1 ml NaN_3 dan terus dipanaskan. Apabila warna kuning kecoklatan tidak berubah dengan pemanasan 30 menit, dapat ditambahkan lagi 1 ml NaN_3 . Pemanasan dilanjutkan sampai mendidih selama 1 menit, hingga warnanya hilang. Larutan kemudian didinginkan dan ditambahkan 5 tetes (0,25 ml) H_3PO_4 . Larutan yang sudah dingin dipindahkan ke dalam gelas ukur 100 ml dan diencerkan sampai tanda batas. Ditambahkan 2 ml larutan difenil karbasid, dicampur hingga homogen, didiamkan 10-15 menit sampai warna tetap. Diperiksa dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 540 nm. Kadar Cr (III) dihitung dengan mengurangkan kadar Cr (VI) dari krom total (Anonim, 1976).

C. Uji akumulasi krom

Media dibuat dengan cara menambahkan krom sebanyak 250 μ l pada media kentang dekstrosa cair, yaitu sebanyak 25 ml untuk setiap botolnya. Penanaman biomassa dilakukan dengan menginokulasikan

kultur yang telah diencerkan sebanyak 10 persen dari volume media pertumbuhan. Kultur murni jamur yang terdapat dalam agar miring, dilarutkan dengan larutan Tween 80 0,1 persen sebanyak 10 ml. Setelah terbentuk pengenceran yang diinginkan, kemudian diambil 2,5 ml dan dimasukkan ke dalam masing-masing botol. diinkubasi dalam inkubator berputar dengan kecepatan 175 rpm selama 24 jam pada suhu $\pm 28^\circ C$. Selanjutnya dilakukan penghitungan koloni dengan pengenceran 10^{-6} . Suspensi jamur diatur dengan larutan yang sama untuk memberikan konsentrasi spora akhir 10^6 spora/ml, dan digunakan pada hari yang sama (Lopez-Malo *et al.*, 1988). Uji akumulasi krom dilakukan dengan cara melihat isolat yang dominan dalam pertumbuhannya atau mempunyai spesifikasi dalam pertumbuhannya, hal ini menunjukkan bahwa isolat tersebut mampu tumbuh dan bertahan hidup dalam lingkungan yang toksis. Kandungan krom yang diikat oleh isolat dapat diketahui dengan cara menguji kadar krom dalam isolat jamur tersebut. Untuk melihat kandungan krom dilakukan pengunduhan selama 4 hari sekali yaitu hari ke-4 dan ke-8. Pengukuran kadar krom dilakukan dengan cara sesuai dengan Standar Methods untuk pencemaran (APHA, 1976).

D. Aplikasi inokulum dalam media dengan *sludge* limbah penyamakan kulit

Sludge limbah penyamakan kulit dilarutkan dalam aquades steril, dan diaduk hingga rata menggunakan *magnetic stirrer* selama 10 menit hingga benar-benar homogen. Sampel yang telah tercampur disaring dengan kertas saring Whatman No. 1 untuk mendapatkan larutan yang bebas lumpur. Disterilkan dengan *filter pump* dengan ukuran 0,45 μ m untuk menyaring dan membersihkan mikroorganisme pengganggu. Diuji kadar krom valensi VI untuk dijadikan *stock* awal.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap pola Faktorial (2×2) dengan faktor pertama adalah waktu inkubasi yaitu 4 dan 8 hari, dan faktor kedua adalah jenis krom

yang ditambahkan dalam media pertumbuhan yaitu krom dari $K_2Cr_2O_7$ dan krom dari *sludge* limbah penyamakan kulit. Ulangan dilakukan sebanyak 4 kali. Data penyerapan krom dianalisis variansi, perbedaan rerata perlakuan diuji dengan metode Duncan (Steel dan Torie, 1991).

Hasil dan Pembahasan

Adanya penyerapan logam berat krom oleh jamur, diduga jamur-jamur tersebut tumbuh dalam *sludge* limbah penyamakan kulit memanfaatkan hasil degradasi bahan-bahan organik oleh bakteri dan tumbuhnya dalam jangka waktu yang lama sehingga seakan-akan jamur-jamur tersebut mampu tumbuh dilingkungan yang toksis. Gadd (1992) menyatakan bahwa toksisitas terjadi, bila logam-logam berat berinteraksi dengan sel-sel mikrobia sehingga akan berpengaruh terhadap pertumbuhan dan metabolisme dengan mempengaruhi *uptake* suatu nutrisi esensial atau dengan cara mengubah lingkungan fisikokimiawi sel tersebut. Berbagai mekanisme spesifik maupun nonspesifik misalnya komposisi dinding sel, dan sistem transport, menentukan masuknya logam ke dalam sel. Apabila sel mikrobia tidak memiliki kemampuan detoksifikasi maka kematian sel akan terjadi.

Jamur *Fusarium sp* mampu mereduksi Cr(VI) menjadi Cr(III), hal ini ditunjukkan dengan perubahan warna larutan yaitu yang semula media berwarna kuning oranye berubah menjadi ungu (Wang & Xiao, 1995). Senyawa krom mempunyai variasi warna menurut besarnya valensi, senyawa kromat kuning dan bikromat *orange*, sedangkan oksida krom (Cr_2O_3) berwarna hijau. Bikromat dalam larutan asam direduksi menjadi senyawa Cr(III) yang berwarna hijau atau ungu, sedangkan pada lingkungan basa ion Cr(III) berubah menjadi CrO_2^- yang berwarna hijau. Hal ini sesuai pendapat Greenwood dan Earshaw (1984), bahwa senyawa krom mempunyai variasi warna menurut besarnya valensi. $Cr_2O_7^{2-}$

(*bichromate*) dalam larutan asam dapat direduksi menjadi krom valensi III berwarna hijau/violet, akan tetapi dalam larutan basa ion krom valensi III berubah menjadi CrO_2^- yang berwarna hijau. Perubahan warna tersebut diduga ikut terlibatnya suatu enzim dalam sel jamur tersebut yang mampu merubah valensi tinggi menjadi rendah. Shen dan Wang (1993) menyatakan bahwa krom valensi VI dapat direduksi menjadi krom valensi III yang melibatkan enzim *Chrome reduktase* dan NADH atau NADPH dapat digunakan sebagai donor elektron. Disamping mampu mereduksi Cr(VI) Jamur *Fusarium sp* diduga juga mempunyai kemampuan detoksifikasi logam krom karena dalam reaksi reduksi krom valensi VI yang bersifat toksik berubah menjadi krom valensi III yang tidak toksik.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa biomassa Jamur *Fusarium sp* mampu mengambil ion krom dari larutan sebesar 72,03%. Biosorpsi ion logam terutama terjadi oleh ikatan permukaan, termasuk reaksi tukar ion dan pengompleksan dengan gugus fungsional. Berbagai gugus fungsional diyakini ikut serta dalam pengikatan ion logam berat antara lain gugus karboksil, amina, fosfat, hidroksil, dan sulfhidril (Kapoor & Viraraghavan, 1995). Beberapa biomolekul termasuk protein, polisakarida dan polimer ekstraseluler yang mengandung gugus SO_4^{2-} , $RCOO^-$, dan PO_4^- bertanggungjawab terhadap bioakumulasi logam berat. Selanjutnya disebutkan bahwa pengambilan logam berat dari larutan mengikutsertakan proses pengkompleksan, koordinasi, kelasi, tukar ion, adsorpsi, dan mikropresipitasi. Cr dapat terikat secara elektrostatis pada gugus karboksil dan sulfat (Saq & Kutsal, 1996).

Bila di lingkungan hidup mikro-organisme terdapat bahan beracun seperti logam berat maka mikroorganisme akan menanggapi dengan melakukan mekanisme pertahanan diri agar tetap hidup. Mekanisme detoksifikasi terhadap ion-ion logam berat dapat berupa sintesis protein khusus (*metallothionin*), atau ekstrapolimer yang dapat mengikat ion logam tersebut

(Gadd, 1990). Mekanisme tersebut pada garis besarnya berupa pencegahan masuknya ion logam berat, pengeluaran kembali serta pengasingan ion logam berat yang masuk ke dalam sel (Asmara, 1996).

Hughes dan Poole (1989) menjelaskan teori penyisihan dan penyerapan logam berat sebagai berikut : (1) pengikatan kation logam pada permukaan sel atau di dalam sel yang melibatkan pengubahan sistem transport; (2) translokasi logam berat ke dalam sel yang melibatkan sistem transport; (3) pembentukan presipitat yang mengandung logam hasil reaksi polimer ekstrasel; dan (4) detoksifikasi oksida/reduksi enzimatik menjadi bentuk yang kurang atau tidak toksik. Menurut Manahan (1992), transport nutrisi ke dalam sel dan keluarnya sisa metabolisme ke luar sel bakteri dan jamur diatur oleh membran sitoplasma.

Pada Tabel 1 tampak adanya peningkatan penyerapan total krom dan Cr (VI) pada biomassa jamur. Kadar krom total yang diserap adalah sebesar 91,125 ppm dan krom valensi VI sebesar 67,013 ppm dan krom valensi III sebesar 24,112 ppm. Pada hari kedelapan penyerapan total krom meningkat menjadi 103,132 ppm dan Cr(VI) menjadi 78,996 ppm serta Cr(III) menjadi 24,137 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama pengontakan maka penyerapan krom juga meningkat. Cr(VI) mampu masuk ke dalam sel dalam jumlah yang lebih besar dari Cr(III), karena Cr(VI) bersifat mobil dan mampu menembus membran sel. Reduksi Cr(VI) menjadi Cr(III) diduga terjadi, baik di dalam sel maupun di luar sel. Reduksi di luar sel dilakukan oleh enzim ekstrasel, sedangkan di dalam sel dilakukan oleh enzim-enzim reduktase intrasel. Masuknya ion Cr(VI) dan Cr(III) ke dalam sel jamur dapat melalui satu

atau lebih mekanisme absorpsi. Setelah masuk ke dalam sel Cr(VI) akan mengalami reduksi menjadi Cr(III) oleh enzim kromat reduktase. Apabila Cr yang masuk ke dalam sel terlalu banyak, maka akan ditempatkan di dalam vacuola atau dikeluarkan kembali dari sel (Gadd, 1990).

Pada Tabel 2, media yang ditambah *sludge* limbah penyamakan kulit menunjukkan bahwa biomassa jamur *Fusarium sp* juga mampu menyerap logam Cr dalam jumlah yang cukup tinggi, krom total yang diserap sebanyak 93,196 ppm, Cr(VI) 75,281 ppm dan Cr(III) sebesar 17,915 ppm. Peningkatan penyerapan juga terjadi pada hari kedelapan yaitu krom total sebesar 102,491 ppm; Cr(VI) sebesar 79,275 ppm dan Cr(III) sebesar 23,216 ppm.

Jamur *Mucor sp* ternyata mampu menjernihkan media pertumbuhan. Hal ini dibuktikan dengan berubahnya warna kuning menjadi jernih, diduga jamur tersebut mempunyai kemampuan untuk menyerap krom dalam media dan masuk dalam metabolisme jamur. Diduga bahwa miselium jamur *Mucor sp* yang terbentuk setelah fase pertumbuhan akan menyerap krom dari medianya pada permukaan hingga terjadi degradasi krom dan sebagai kelanjutannya terjadi proses penghilangan warna, proses ini melibatkan reaksi reduksi krom valensi VI menjadi krom valensi III. Pembentukan substansi ekstraseluler, pembentukan endapan ataupun kristalisasi logam berat dapat menyebabkan detoksifikasi. Polisakarida, asam-asam organik, pigmen, protein dan metabolit-metabolit lain semuanya dapat menghilangkan ion-ion logam dari larutan dan atau mengubahnya menjadi senyawa-senyawa yang kurang toksik (Gadd, 1992).

Tabel 1. Kandungan Cr total, Cr(VI) dan Cr(III) Biomassa *Fusarium sp* pada Medium Potato dekstrosa cair yang diberi $K_2Cr_2O_7$ dengan Inkubasi 4 dan 8 hari (*Total Cr, Cr(VI), and Cr(III) content of Fusarium biomass grown in Liquid Potato dextrose agar added $K_2Cr_2O_7$ for 4 and 8 days incubation*)

Kandungan krom (<i>Chrom content</i>)	Cairan 0 hari (<i>Medium, 0 day</i>)	Biomassa 4 hari (<i>Biomass, 4 days</i>)	Biomasa 8 hari (<i>Biomass, 8 days</i>)
Total Krom, mg/l (<i>Total chrom, mg/l</i>)	143,592	91,124 ^a	103,132 ^b
Cr(VI), mg/l	93,280	67,012 ^a	78,996 ^b
Cr(III), mg/l	50,312	24,112	24,134

Superskrip a, b, pada baris yang sama menunjukkan ada beda nyata ($P>0,05$) (*Different superscript in the same row showed there is significant different ($P<0.05$)*).

Tabel 2. Kandungan Cr total, Cr(VI) dan Cr(III) Biomassa *Fusarium sp* pada Medium Potato dekstrosa cair yang diberi *Sludge* limbah penyamakan kulit dengan waktu inkubasi 4 dan 8 hari. (*Total Cr, Cr(VI), and Cr(III) content of Fusarium biomass grown in Liquid Potato dextrose agar added Sludge of Tanning waste for 4 and 8 days incubation*)

Kandungan krom (<i>Chrome content</i>)	Cairan 0 hari (<i>Medium, 0 day</i>)	Biomassa 4 hari (<i>Biomass, 4 days</i>)	Biomasa 8 hari (<i>Biomass, 8 days</i>)
Total krom, mg/l (<i>Total chhrome, mg/l</i>)	141,060	93,196 ^a	102,491 ^b
Cr(VI), mg/l	85,001	75,281 ^a	79,275 ^b
Cr(III), mg/l	55,260	17,915 ^a	23,216 ^b

a, b, pada baris yang sama menunjukkan ada beda nyata ($P>0,05$). (*Different superscript in the same row showed there is significant different ($P<0.05$)*).

Tabel 3. Kandungan Cr total, Cr(VI) dan Cr(III) Biomassa *Mucor sp* pada Medium Potato Dekstrosa Cair yang Diberi $K_2Cr_2O_7$ dengan Inkubasi 4 dan 8 hari. (*Total Cr, Cr(VI), and Cr(III) content of Mucor biomass grown in Liquid Potato dextrose agar added $K_2Cr_2O_7$ for 4 and 8 days incubation*)

Kandungan krom (<i>Chrome content</i>)	Cairan 0 hari (<i>Medium, 0 day</i>)	Biomassa 4 hari (<i>Biomass, 4 days</i>)	Biomasa 8 hari (<i>Biomass, 8 days</i>)
Total krom, mg/l (<i>Chrome total, mg/l</i>)	146,33	94,47 ^a	103,45 ^b
Cr(VI), mg/l	77,47	74,75 ^a	82,13 ^b
Cr(III), mg/l	70,86	19,71	21,32

Superskrip a, b, pada baris yang sama menunjukkan ada beda nyata ($P>0,05$). (*Different superscript in the same row showed there is significant different ($P<0.05$)*).

Penyerapan logam krom oleh biomassa jamur *Mucor sp* pada hari ke4 sebesar 94,47 ppm (krom total); 74,75 ppm (CrVI) serta 19,712 ppm (CrIII). Pada hari

kedelapan krom total yang diserap meningkat menjadi 103,453 ppm, begitu pula untuk Cr(VI) menjadi 82,135 ppm dan Cr(III) menjadi 21,3177 ppm (Tabel 3).

Pada Tabel 4 menunjukkan bahwa biomassa jamur *Mucor sp* yang ditumbuhkan pada medium PDA cair ditambah *sludge* limbah penyamakan kulit mampu menyerap krom total sebesar 96,968 ppm; Cr(VI) VI sebesar 83,401 dan Cr(III) sebesar 13,567. Tingginya kandungan krom valensi VI karena Cr(VI) bersifat anionik sehingga dapat masuk secara aktif menggantikan posisi ion sulfat. Jadi pemasukan Cr(VI) melewati transport sulfat. Krom valensi III₂ bersifat pasif sehingga dapat keluar masuk sel jamur dengan bebas. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Baldi *et al.*, (1990) bahwa ion-ion kromat terakumulasi dalam sel oleh suatu sistem transpor sulfat. Pada hari kedelapan krom total mengalami peningkatan walaupun tidak cukup besar yaitu sebesar 103,774 ppm dan Cr(VI) sebesar 78,289 serta Cr(III) sebesar 25,485 ppm. Pada hari kedelapan Cr(III) mengalami penurunan walau hanya sedikit, penurunan yang sedikit ini menunjukkan bahwa sel jamur *Mucor sp* telah mengalami kejenuhan dalam proses penyerapan krom, sehingga penyerapannya tidak lagi semaksimal pada hari keempat.

Pada dasarnya kedua jenis jamur tersebut mampu merubah krom valensi VI

menjadi krom valensi III. Perbedaan kedua jenis jamur tersebut adalah dalam proses reduksinya. Reduksi yang dilakukan oleh jamur *Fusarium sp* dengan cara merubah warna dari kuning orange menjadi violet atau ungu, yang apabila didiamkan tanpa ada gerakan pada medianya maka warna violet tersebut akan membentuk lapisan warna kehijauan pada media pertumbuhannya. Pada jamur *Mucor Sp* penurunan valensi tidak disertai perubahan warna akan tetapi hanya penjernihan saja. Akumulasi logam krom secara intraseluler dilakukan dengan membentuk protein spesifik untuk mengikat logam, yang biasanya dikenal dengan *shock protein*. Sintesis protein ini dilakukan ketika lingkungan mikrobial kurang baik untuk pertumbuhannya. Jamur membentuk methallothionein yaitu protein dengan berat molekul rendah kaya akan cystein dan mempunyai kemampuan mengikat logam (Asmara, 1996). Akumulasi yang terjadi biasanya merupakan gabungan dari interaksi ionik, interaksi polar dan interaksi kompleks. Proses penyerapan logam yang secara aktif, atau melibatkan metabolisme terjadi pada sel mikrobial hidup yang merupakan bagian dari sistem pertahanan dari pengaruh lingkungannya (Gadd, 1992).

Tabel 4. Kandungan Cr total, Cr(VI) dan Cr(III) Biomassa *Mucor sp* pada Medium Potato dekstrosa cair yang diberi *sludge* limbah penyamakan kulit dengan waktu inkubasi 4 dan 8 hari (*Total Cr, Cr(VI), and Cr(III) content of Mucor biomass grown in Liquid Potato dextrose agar added sludge of tanning waste for 4 and 8 days incubation*)

Kandungan krom (<i>Chrome content</i>)	Cairan 0 hari (<i>Medium, 0 day</i>)	Biomassa 4 hari (<i>Biomass, 4 days</i>)	Biomasa 8 hari (<i>Biomass, 8 days</i>)
Total krom, mg/l (<i>Chrome total, mg/l</i>)	143,62	96,97 ^a	103,77 ^b
Cr(VI), mg/l	112,78	83,40 ^a	78,28 ^c
Cr(III), mg/l	30,85	13,57 ^a	25,48 ^b

Superskrip a, b, c pada baris yang sama menunjukkan ada beda nyata ($P > 0,05$). (*Different superscript in the same row showed there is significant different ($P < 0.05$)*).

Cr(III) karena molekulnya lebih besar dari Cr(VI) dan kelarutannya rendah, maka kalah bersaing dalam mendapatkan sisi pengikatan pada dinding sel. Cr(III) mobilitasnya juga lebih rendah daripada Cr(VI), dan akan meningkat apabila ada ligan organik yang meningkat dan membawanya masuk kedalam sel. Penyerapan Cr (VI) tampak lebih baik pada medium yang ditambah *sludge* limbah penyamakan kulit, tetapi efisiensi reduksi kromnya rendah, terbukti dengan rendahnya Cr(III) pada biomassa. Diduga logam Cr(VI) hanya sedikit yang tereduksi dan Cr(VI) ini hanya disimpan di organel di dalam sel saja.

Kesimpulan

Biomassa *Fusarium sp* dan *Mucor sp*, mampu mereduksi Cr(VI) menjadi Cr (III) berdasarkan perubahan warna dan konsentrasi Cr(VI) dan Cr(III) pada biomassa. Ada kemiripan pola serapan biomassa *Fusarium sp* dan *Mucor sp* yang mengandung $K_2Cr_2O_7$ atau yang mengandung *sludge* limbah penyamakan kulit. Besarnya penyerapan krom oleh jamur *Mucor sp* adalah sebesar 69,75 persen pada hari kedelapan, sedangkan jamur *Fusarium sp* menyerap sebesar 71,82 persen. Apabila dalam media pertumbuhan diberikan krom bukan berasal dari $K_2Cr_2O_7$ melainkan berasal dari limbah penyamakan kulit maka penyerapan krom pada *Mucor sp* hari kedelapan adalah 72,25 persen dan penyerapan krom oleh *Fusarium sp* adalah sebesar 72,66 persen. Biomassa jamur *Fusarium sp* dan *Mucor sp* dapat digunakan sebagai bioremediator dalam penanganan limbah cair penyamakan kulit secara biologi.

Daftar Pustaka

- Anonim. 1976. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 14th ed, APHA, Washington.
- Asmara, W. 1996. Bioakumulasi Metal Berat Pada Mikroorganisme. Lokakarya Bioakumulasi Metal. Yogyakarta, 18-20 September 1996. PAU Bioteknologi Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Balamurugan, K. C. Vasant, R. Rajaram & T. Ramasani. 1999. Hydroxypentaamine chromium (III) Promoted Phosphorylation of Bovine Serum Albumin: Its Potential Implications in Understanding Biototoxicity of Chromium. *Bioch et Bioph Acta* 1427.
- Gadd, G. M. 1990. Metal Tolerance. P. 178-192 In Edwards C (ed) *Microbiology of Extreme Environments*. Open University Press.
- _____. 1992a. Microbial Control of Heavy Metal Pollution in Microbial control of Pollution. *New Phytol*.
- _____. 1992b. Heavy Metal Pollutants: Environmental and Biotechnological Aspects. *Encyclopedia of Microbiology, Volume 2*.
- _____. 1993. Interaction of Fungi With Toxic Metals. *New Phytol*.
- Greenwood, N. N dan A. Earshaw. 1984. *Chemistry of The Elements*. Pergamon Press. P. 1167-1176.
- Grubinger, V. P., W. H. Gutenmann, G. J. Doss, M. Rutzke & D.J. Lisk. 1994. Chromium in Swiss Chard Grown in Soil Amended With Tannery Meal Fertilizer. *Chemosphere*. 28, 717.
- Guangyong Ji dan S. Siver. 1995. Bacterial Resistance Mechanisms for Heavy Metals of Environmental Concern. *Journal of Industrial Microbiology*, 14; 61-75.
- Huges, M. N & R. K. Poole. 1989. *Metals and Microorganism*. Chapman and Hall. London.
- Kapoor, A & T. Viraraghavan. 1995. Fungal Biosorption An Alternative Treatment Option for Heavy Metals Bearing Wastewaters: A Reviews. *Bioresource Technology*.
- _____. 1998. Biosorption of Heavy Metals on A. Niger: Effect of Pretreatment. *Bioresource Tecnology*.
- Hancock, I. C. 1996a. Novel Concepts in Bioremediation of Metal Pollution and

- in Biotreatment of Industrial Waste. Symposium and Work shop on Heavy Metal Bioaccumulation. IUC Biotechnology UGM. Yogyakarta, 18-20 1996.
- _____. 1996b. Mechanisms of Passive Sorption of Heavy Metal by Biomass and Biological Products, Symposium and Work shop on Heavy Metal Bioaccumulation. IUC Biotechnology UGM. Yogyakarta, 18-20 1996.
- Harris, R. O dan G. J. Ramelow. 1990. Binding of Metal Ion by Particulate Biomass Derivat from *Chlorella vulgaris* and *Scenedesmus quadricaula*. *Environ, Sci. Tech*, 24; 220-227.
- Losi, M. E. dan W. T. Frankenberger, J. R. 1993. Chromium-Resistant Microorganism Isolated From Evaporation Ponds of A Metal Processing Plant. *Water, Air and Soil Pollution*, 74: 405-413, 1994.
- Macchi, G. M. Pagano, M. Pettine, M. Santori & G. Tiravanti. 1991. A Bench Study on Chromium Recovery From Tannery Sludge. *Water Res*: 1019-1026.
- Manahan, S. E. 1992. *Toxicological Chemistry*. 2nd. Lewis Publ. Tokyo.
- Sag, Y. & T. Kutzal. 1996. The selective Biosorption of Chromium (VI) and Copper (II) ions from Binary Metal Mixtures by *R. Arrhizuz*. *Process Biochemistry* 31.
- Triatmojo, S. 1999. Penyerapan Logam Krom pada Tanaman Caisin (*Brassica chenensis* L) yang Diberi Kromosal dan Sludge Limbah Penyamakan Kulit. *Buletin Peternakan*. Edisi Tambahan 227-233.
- _____. 2000. Kandungan Krom Kacang Tanah yang Dipupuk Kompos yang Mengandung Kromosal. *Buletin Peternakan* 24:118-125.
- Veglio, F dan F. Beolchini. 1997. Removal of Metals by Biosorption : A Review *Hydrometallurgy*, 44, 301-316.
- Wang, Y. T & C. Xiao. 1995. Factors Affecting Hexavalent Chromium Reduction In Pure Cultures of Bacteria. *Water Res*. 11: 2467-2474.
- Wisnuprpto. 1996. Penyisihan Logam Berat dalam Buangan yang Diaplikasikan di Indonesia. Symposium and Work Shop on Heavy Metal Bioaccumulation. IUC. Biotechnology. Gadjah Mada University. Yogyakarta. September 18-20, 1996.
- Winter, D. 1985. Techno-economic Study on Measures to Mitigate The Environmental Impact of Leather Industry. Particularly in Developing Countries. UNIDO. Innsburck.