

BIOAKUMULASI KROM PADA TANAMAN *Sonchus oleraceus* L.

Sri Kasmiyati dan Sucahyo

Fakultas Biologi Universitas Kristen Satya Wacana Salatiga
email: kas@staff.uksw.edu, sucahyo2009@gmail.com

ABSTRACT

*Remediation of heavy metals pollutant in the environment by using plants has a great potential and importance. However, investigation on chromium bioaccumulation on weed plants is scarce and its effect has not been determined, especially on *Sonchus oleraceus*. This research was conducted to study chromium bioaccumulation and translocation in *Sonchus oleraceus* weed plants. Plants were grown in three different media i.e. sterile sand, soil, and soil containing textile sludge for ± 3 months at 250 mg Cr^{3+}/l or 10 mg Cr^{6+}/l . The media and plant samples were analyzed for Cr^{6+} using UV-VIS spectrophotometry (diphenyl carbazide method) and total chromium was determined using Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS). *Sonchus oleraceus* has the capability to accumulate Cr in roots and shoots. Chromium, either in the form of Cr^{3+} or Cr^{6+} , has significant effect on the bioaccumulation of Cr^{6+} in plant's roots and shoots. The highest chromium bioaccumulation is shown in *Sonchus* plants which were grown on sand media with Cr^{3+} and Cr^{6+} treatments. Chromium accumulated in the roots could be translocated to the shoots. Because the *Sonchus* plants have a value of $\text{TF} > 1$, the plants have the potential to develop as a phytoextraction agent of chromium heavy metal. Chromium bioaccumulation in tissues of *Sonchus* plants reduced the ratio of shoots and roots as well as plant's fresh and dry biomass.*

Keywords: chrome, accumulation, translocation, *Sonchus oleraceus*, heavy metal

PENDAHULUAN

Krom (Cr) merupakan salah satu polutan logam berat yang terdapat di lingkungan dan dijumpai dalam berbagai tingkat valensi yaitu dari Cr^{2+} sampai Cr^{6+} . Keberadaan krom di lingkungan dapat bersumber dari alam maupun dari aktivitas antropogenik. Berbagai industri penyumbang polutan krom di lingkungan antara lain metalurgi, *electroplating*, produksi cat dan pigmen, penyamakan kulit, pengawetan kayu, produksi senyawa kimia mengandung Cr,

pengeboran/penambangan minyak, instalasi pendingin air, inhibitor korosi, produksi bubur kayu (pulp) dan kertas. Krom yang berasal dari alam umumnya dalam bentuk Cr^{3+} , sedangkan krom dalam bentuk Cr^{6+} kebanyakan bersumber dari aktivitas anthro-pogenik. Krom dalam bentuk Cr^{3+} dan Cr^{6+} merupakan dua bentuk valensi krom yang paling stabil dan paling umum dijumpai di alam, serta menunjukkan toksisitas yang berbeda (Kotas dan Stasicka, 2000; Shanker *et al.*, 2005; Yu dan Gu, 2007).

Sebagai salah satu logam berat non esensial, keberadaan Cr di dalam lingkungan akan mempengaruhi organisme hidup, termasuk di dalamnya tanaman. Tanaman memiliki kemampuan mengakumulasi logam non esensial termasuk di dalamnya Cr. Logam berat non esensial yang terserap oleh tanaman tidak dapat didegradasi, dan apabila melebihi batas ambang atau status optimalnya akan menyebabkan toksisitas secara langsung melalui perusakan struktur sel dan penghambatan kerja enzim dan toksisitas secara tidak langsung melalui penggantian unsur-unsur hara esensial pada sisi pertukaran kation pada tanaman (Hossner, dkk., 1998). Mekanisme penyerapan dan akumulasi Cr pada tumbuhan belum sepenuhnya dipahami dan masih banyak dipertentangkan, karena Cr adalah unsur non esensial bagi tumbuhan dan tidak memiliki mekanisme khusus untuk penyerapannya. Mekanisme penyerapan unsur esensial pada umumnya dapat juga digunakan untuk menyerap unsur Cr (Cervantes *et al.* 2001; Shanker *et al.* 2005; Hayat *et al.* 2011).

Beberapa peneliti telah melaporkan ada perbedaan kemampuan di antara tumbuhan dalam mengakumulasi Cr^{6+} dan Cr^{3+} . Tumbuhan *Salsola kali* dilaporkan oleh Gadea-Torresdey *et al.* (2005) mampu mengakumulasi Cr^{6+} di dalam akar, batang, dan daun lebih tinggi 10-20 kali dibandingkan Cr^{3+} . Yu *et al.* (2008) melaporkan adanya perbedaan kemampuan mengakumulasi Cr^{3+} dan Cr^{6+} antara tanaman *Salix babylonica* L. Dan *Salix matsudana* Koidz. Karuppanapandian & Manoharan (2008) melaporkan bahwa akumulasi Cr dalam akar 15 kali lebih tinggi dibandingkan dalam pucuk pada *Vigna mungo* L. Hepper cv. Co4.

Tumbuhan yang memiliki kemampuan menyerap dan mengakumulasi logam berat berpotensi sebagai agen fitoremediasi. Pemanfaatan

tumbuhan dalam proses fitoremediasi logam berat didasarkan pada sifat hiperakumulator. Tumbuhan hiperakumulator mampu mentranslokasikan unsur logam dengan konsentrasi sangat tinggi ke pucuk tanpa mengalami fitotoksisitas. Tanaman juga dikriteriakan sebagai hiperakumulator jika nilai bioakumulasi unsur tersebut lebih besar dari nilai 1. Nilai bioakumulasi dihitung berdasarkan konsentrasi unsur logam di pucuk dibagi konsentrasi unsur di dalam tanah atau media tempat tumbuh.

Besarnya translokasi logam berat dari tanah ke tanaman dapat juga ditentukan berdasarkan nilai BCF (*Bioconcentration Factor*). Nilai BCF digunakan untuk menentukan banyaknya logam berat yang diserap oleh tanaman dari dalam tanah, dan dapat juga digunakan sebagai indeks yang menggambarkan kemampuan tanaman untuk mengakumulasi senyawa logam berat tertentu dan dikaitkan dengan kandungan logam berat di dalam tanah (Ghosh dan Singh, 2005). Pengujian potensi tanaman sebagai agen fitoremediasi dapat juga ditentukan berdasarkan nilai TF (*Translocation Factor*), nilai ini mengindikasikan kemampuan tanaman untuk mentranslokasikan logam dari akar ke bagian aerial dari tanaman (Marchiol *et al.*, 2004).

Gulma *Sonchus oleraceus* L. merupakan salah satu jenis gulma potensial yang perlu dikaji kemampuannya dalam mengakumulasi dan mentranslokasi logam berat. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya diketahui bahwa gulma *Sonchus oleraceus* mampu tumbuh dengan baik pada media limbah penyamakan kulit dan tekstil yang mengandung logam Cr. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui kemampuan gulma *Sonchus oleraceus* dalam mengakumulasi dan mentranslokasi Cr.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan secara eksperimental menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) faktorial (2x3) meliputi faktor perlakuan Cr dan jenis media tanam. Biji gulma *Sonchus oleraceus* diperoleh dari daerah Getasan, Kabupaten Semarang. Tiga jenis media pertumbuhan yang digunakan sebagai perlakuan meliputi pasir steril, tanah pertanian, dan tanah mengandung limbah sludge tekstil yang diperoleh dari salah satu industri tekstil di Salatiga dengan perbandingan 1:1 (tanah:sludge tekstil). Pemberian perlakuan krom dalam dua bentuk spesies Cr^{6+} dalam bentuk senyawa $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ dan Cr^{3+} dalam bentuk senyawa CrCl_3 dengan konsentrasi 0 mg Cr/L (sebagai kontrol), 5 mg Cr/L untuk Cr^{6+} , serta 250 mg Cr/L untuk Cr^{3+} . Setiap perlakuan dengan 10 ulangan, setiap unit percobaan terdiri dari 1 gulma *sonchus*.

Perlakuan Cr diberikan sebanyak 250 ml dengan konsentrasi sesuai perlakuan pada media tanam sebanyak 750 mg. Perlakuan Cr dilarutkan dalam pupuk cair lengkap dan disiramkan pada media tanam, serta dibiarkan selama 2 hari sebelum ditanami *Sonchus oleraceus*. Setelah 2 hari, gulma *Sonchus oleraceus* umur 3 minggu ditanam pada masing-masing media kontrol dan perlakuan Cr. Penanaman dilakukan sampai gulma *S. oleraceus* berumur \pm 3 bulan.

Konsentrasi Cr di dalam tanaman ditentukan melalui pengukuran kandungan Cr^{6+} dan Cr total. Kandungan Cr^{6+} dalam tanaman ditentukan secara spektrofotometris menggunakan metode difenilkarbasid melalui pembacaan nilai serapan pada panjang gelombang 540 nm (Sharma *et al.*, 2011), sedangkan Cr total ditentukan dengan AAS (spektrofotometer serapan atom dengan pembacaan nilai serapan pada panjang gelombang 357,87 nm). Selain kandungan Cr di dalam tanaman, kandungan Cr dalam media juga diten-

tukan. Berdasarkan konsentrasi Cr^{6+} dan Cr total dalam tanaman dan media tanam ditentukan nilai bioakumulasi, nilai BCF dan nilai TF dari *Sonchus oleraceus*.

Nilai BCF ditentukan berdasarkan rumus yang digunakan Ghosh dan Singh (2005) sebagai berikut :

$$\text{BCF} = \frac{\text{konsentrasi Cr dalam jaringan tanaman}}{\text{Konsentrasi awal logam di media (tanah)}}$$

Sedangkan nilai TF ditentukan menurut Marchiol dkk. (2004) dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{TF} = \frac{\text{konsentrasi logam (batang + daun)}}{\text{konsentrasi logam (akar)}}$$

Data hasil penelitian dianalisis secara statistik menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA) dan dilanjutkan dengan uji Tukey pada taraf uji 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 menunjukkan konsentrasi Cr^{6+} dalam media (awal dan akhir pengukuran) dan jaringan tanaman (akar dan pucuk). Berdasarkan hasil pengukuran konsentrasi Cr^{6+} dalam media tanam awal dan akhir menunjukkan ada perbedaan yang nyata antara pasir, tanah dan tanah mengandung sludge tekstil. Perbedaan kandungan Cr^{6+} secara nyata juga ditunjukkan antar perlakuan Cr baik pada kontrol, Cr^{3+} sebesar 250 mg Cr/l maupun Cr^{6+} sebesar 10 mg Cr/l. Cr^{6+} terdeteksi paling banyak pada media tanam yang diberi perlakuan Cr^{6+} , baik pada media pasir, tanah, maupun campuran tanah:sludge tekstil.

Kandungan Cr^{6+} pada media awal, paling tinggi dijumpai pada media pasir yang diberi perlakuan Cr^{6+} yaitu sebesar 93,53 mg Cr^{6+} /kg dan berbeda nyata dengan perlakuan lain. Pada media tanah mengandung sludge tekstil juga terukur Cr^{6+} dengan konsentrasi tinggi baik pada kontrol maupun yang diberi perlakuan Cr^{6+} dalam

bentuk dikromat ($K_2Cr_2O_7$). Tingginya kandungan Cr^{6+} dalam media tanah mengandung sludge tekstil disebabkan sludge tekstil sendiri sudah mengandung Cr^{6+} sebanyak 0.122 mg/kg. Pemberian perlakuan Cr^{6+} meningkatkan kandungan Cr^{6+} secara nyata pada semua jenis media tanam. Kandungan Cr^{6+} mengalami penurunan pada ketiga media tanam dan perlakuan Cr, kecuali pada media campuran tanah:sludge tekstil masih terdeteksi Cr^{6+} baik pada kontrol maupun yang diberi perlakuan Cr^{3+} maupun Cr^{6+} .

Tabel 1. Konsentrasi Cr^{6+} (μg Cr/g BK) dalam media tanam dan jaringan tanaman sonchus dengan perlakuan Cr

Perlakuan		[Cr^{6+}] dalam Media		[Cr^{6+}] dalam tanaman	
		Awal $\mu g/kg$	Akhir $\mu g/kg$	Akar $\mu g/g$ BK	Pucuk $\mu g/g$ BK
Pasir	Kontrol	0,00 g	0,00 c	0,09 e	0,11 e
	Cr^{3+}	11,12 de	0,00 c	0,62 c	1,32 c
	Cr^{6+}	93,53 a	0,00 c	0,42 d	0,09 e
Tanah	Kontrol	6,55 ef	0,00 c	0,96 a	1,37 c
	Cr^{3+}	3,18 fg	0,00 c	0,47 d	0,96 d
	Cr^{6+}	15,19 d	0,00 c	0,73 b	1,74 b
Tanah:Sludge (1:1)	Kontrol	79,92 b	2,58 b	0,13 e	2,26 a
	Cr^{3+}	43,78 c	4,66 a	0,43 d	1,37 c
	Cr^{6+}	80,92 b	3,08 b	0,61 c	1,36 c

Keterangan: angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada tiap kolom untuk tiap perlakuan menunjukkan tidak beda nyata pada uji Tukey dengan tingkat signifikansi 5%

Pada Tabel 1 juga ditunjukkan bahwa perlakuan Cr dan media tanam pada *S. oleraceus* memberikan pengaruh nyata terhadap akumulasi Cr^{6+} pada akar dan pucuk. Konsentrasi Cr^{6+} cenderung lebih banyak terdeteksi di bagian pucuk dibanding di dalam akar, terutama pada *S. oleraceus* yang ditumbuhkan dalam media tanah dan campuran tanah:sludge tekstil. *S. oleraceus* yang ditumbuhkan pada media pasir menunjukkan akumulasi Cr^{6+} dalam pucuk lebih kecil dibandingkan yang ditumbuhkan pada media tanah dan campuran tanah:sludge tekstil terutama yang diberi perlakuan

Cr^{6+} . Konsentrasi Cr^{6+} di dalam akar paling tinggi dijumpai pada sonchus yang ditanam pada media tanah kontrol, dan yang diberi perlakuan Cr^{6+} . Terdeteksinya Cr^{6+} dalam akar dan pucuk tanaman sonchus yang ditumbuhkan pada media tanam dengan perlakuan Cr^{3+} menunjukkan terjadinya transformasi Cr^{3+} menjadi Cr^{6+} melalui reaksi oksidasi baik di dalam media maupun di dalam jaringan tanaman

Apabila dilihat dari kandungan Cr total dalam media sebelum dan sesudah dipakai untuk pertumbuhan *S. oleraceus*, kandungan Cr total dalam media awal paling tinggi terdeteksi pada media pasir yang diberi perlakuan Cr^{6+} (Tabel 2). Tingginya kandungan Cr total pada media pasir yang diberi perlakuan Cr^{6+} dibandingkan media tanam lain, disebabkan Cr^{6+} yang diberikan dalam bentuk terlarut sehingga mudah untuk diserap dan dideteksi. Kandungan Cr total juga mengalami penurunan pada akhir penelitian. Hasil ini menunjukkan bahwa ada Cr yang terserap oleh tanaman sonchus atau diserap oleh mikroorganisme yang terdapat di dalam media tanam.

Tabel 2. Konsentrasi Cr total (μg Cr/g BK) dalam media tanam dan jaringan tanaman sonchus dengan perlakuan Cr

Perlakuan		[Cr total] dalam Media		[Cr total] dalam tanaman	
		Awal $\mu g/kg$	Akhir $\mu g/kg$	Akar $\mu g/g$ BK	Pucuk $\mu g/g$ BK
Pasir	Kontrol	0,00 d	0,00 c	0,99 f	13,33 a
	Cr^{3+}	386,44 b	213,71 a	36,36 a	12,11 b
	Cr^{6+}	1523,79 a	231,28 a	16,51 b	1,03 f
Tanah	Kontrol	260,19 bc	159,92 b	1,34 f	5,78 d
	Cr^{3+}	329,79 bc	198,34 ab	0,66 f	13,38 a
	Cr^{6+}	248,11 bc	155,53 b	3,20 c	3,20 c
Tanah:Sludge (1:1)	Kontrol	229,23 c	42,08 c	0,31 f	7,50 c
	Cr^{3+}	207,71 c	221,40 a	10,11 d	11,72 b
	Cr^{6+}	246,79 bc	32,93 c	11,93 c	2,49 c

Keterangan: angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada tiap kolom untuk tiap perlakuan menunjukkan tidak beda nyata pada uji Tukey dengan tingkat signifikansi 5%

Pada media tanah dan campuran tanah:sludge, kandungan Cr total awal tidak berbeda nyata antara kontrol dan yang diberi perlakuan Cr baik dalam bentuk Cr^{3+} maupun Cr^{6+} . Hasil ini menunjukkan bahwa di dalam tanah dan campuran tanah: sludge banyak mengandung faktor-faktor yang berperan dalam proses transformasi Cr, terutama reaksi reduksi oksidasi Cr. Cr^{6+} yang diberikan dalam media tanah dan campuran tanah:sludge tekstil dapat mengalami reaksi reduksi menjadi Cr^{3+} yang kelarutannya menurun, sehingga tidak mudah diserap oleh akar tanaman. Sebaliknya pada kondisi tertentu Cr^{3+} dapat mengalami oksidasi menjadi Cr^{6+} . Menurut Palmer dan Witbrodt (1991) di lingkungan alami dijumpai berbagai agen pereduksi di antaranya ion Fe (besi ferrous), sulfida (senyawa sulfur tereduksi), atau oleh bahan organik di dalam tanah. James (2002) menyatakan bahwa reaksi reduksi Cr^{6+} baik secara kimia, fisik, dan biologi (diinduksi oleh mikroorganisme, hewan ataupun tumbuhan) akan dapat menurunkan kelarutan, mobilitas serta toksisitas Cr^{6+} .

Sonchus yang ditumbuhkan pada media pasir dengan perlakuan Cr^{3+} dan Cr^{6+} memiliki konsentrasi Cr total akar lebih tinggi dan berbeda nyata dengan perlakuan lain. Perlakuan Cr^{3+} sebesar 250 mg Cr/l baik pada media pasir, tanah maupun campuran tanah:sludge tekstil cenderung meningkatkan secara nyata konsentrasi Cr total pada bagian pucuk.

Hasil penentuan nilai bioakumulasi, BCF, dan TF baik berdasarkan konsentrasi Cr^{6+} maupun Cr total (Tabel 3 dan 4) menunjukkan bahwa tanaman *sonchus* termasuk dalam kelompok akumulator, karena Cr dapat diakumulasi di dalam tubuh *S. oleraceus*, terutama di bagian akar, sehingga kandungan krom di media cenderung menurun meskipun persentase

penurunannya tidak besar. Namun *sonchus* bukan tergolong tanaman hiperakumulator, karena memiliki nilai bioakumulasi dan BCF kurang dari 1. Tanaman dapat digolongkan sebagai hiperakumulator apabila memiliki nilai bioakumulasi dan $\text{BCF} > 1$, serta mampu mengakumulasi logam di bagian pucuk lebih tinggi dibandingkan akar (Gosh dan Singh, 2005; Lorestani *et. al.* 2011)

Tabel 3 Nilai bioakumulasi, BCF dan TF berdasarkan konsentrasi Cr^{6+} pada tanaman *sonchus* dengan perlakuan jenis media dan Cr

Perlakuan		Nilai	Nilai	Nilai
		Bioakumulasi	BCF	TF
Pasir	Kontrol	0,00	0,00	1,22
	Cr^{3+}	0,12	0,17	2,13
	Cr^{6+}	0,00	0,01	0,21
Tanah	Kontrol	0,21	0,36	1,43
	Cr^{3+}	0,30	0,45	2,04
	Cr^{6+}	0,11	0,16	2,38
Tanah:Sludge (1:1)	Kontrol	0,03	0,03	17,38
	Cr^{3+}	0,03	0,04	3,19
	Cr^{6+}	0,02	0,02	2,23

Berdasarkan kemampuan akumulasinya, tanaman *sonchus* juga tidak termasuk kelompok hiperakumulator. Menurut Lasat (2000) tanaman hiperakumulator merupakan jenis tanaman yang mampu mengakumulasi logam 100 kali lebih tinggi dibandingkan tanaman nonakumulator. Menurut Baker dan Brooks (1989) tumbuhan yang sesuai sebagai agen fitoremediasi Cr harus mampu mengakumulasi krom paling tidak $1000 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ berat kering tubuh. Beberapa tanaman telah dilaporkan termasuk hiperakumulator Cr dan memiliki bioakumulasi tinggi di antaranya *Eichornia crassipes* (6000 mg/kg), *Zea mays* (2538 mg/kg), dan *Phragmites australis* (4825 mg/kg) (Sharma, 2011). Bila dibandingkan dengan ketiga jenis tanaman hiperakumulator Cr tersebut, *sonchus* memiliki bioakumulasi lebih kecil.

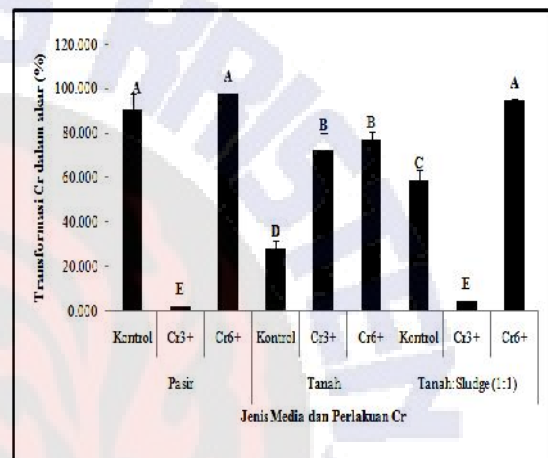
Tabel 4. Nilai bioakumulasi, BCF dan TF berdasarkan konsentrasi Cr total pada tanaman sonchus dengan perlakuan jenis media dan Cr

Perlakuan	Nilai	Nilai	Nilai	
				Bioakumulasi
Pasir	Kontrol	0,00	0,00	13,46
	Cr ³⁺	0,03	0,13	0,33
	Cr ⁶⁺	0,00	0,01	0,06
Tanah	Kontrol	0,02	0,03	4,31
	Cr ³⁺	0,04	0,04	20,27
	Cr ⁶⁺	0,01	0,03	1,00
Tanah:Sludge (1:1)	Kontrol	0,03	0,03	24,19
	Cr ³⁺	0,06	0,11	1,16
	Cr ⁶⁺	0,01	0,06	0,21

Hasil penentuan nilai TF baik berdasarkan konsentrasi Cr⁶⁺ maupun Cr total menunjukkan bahwa sonchus pada perlakuan jenis media dan Cr memiliki nilai TF di atas 1. Berdasarkan nilai TF-nya tanaman sonchus punya potensi dikembangkan sebagai agen fitoremediasi logam Cr terutama dalam proses fitoekstraksi karena memiliki kemampuan mentranslokasi Cr ke bagian pucuk. Menurut Marchiol *et al.* (2004) nilai TF < 1 menunjukkan bahwa logam lebih banyak terakumulasi di dalam akar dibandingkan ditranslokasi ke bagian aerial, sedangkan nilai TF > 1 menunjukkan logam ditranslokasi ke bagian batang dan daun. McGranth dan Zhao (2003) menyatakan bahwa tumbuhan berpotensi sebagai agen fitoremediasi Cr bila mampu mentranslokasi krom ke bagian pucuk (memiliki nilai TF > 1).

Kemampuan akumulasi Cr di dalam jaringan tanaman sonchus dapat juga dikaitkan dengan kemampuannya dalam mentransformasi senyawa Cr yang terserap di dalam jaringan. Transformasi Cr menunjukkan besarnya perubahan bentuk Cr⁶⁺ menjadi Cr³⁺ atau sebaliknya. Transformasi Cr ditentukan berdasarkan pengurangan konsentrasi Cr total dengan Cr⁶⁺ atau Cr³⁺ dibagi Cr total dikalikan 100%. Transformasi Cr pada sonchus dengan

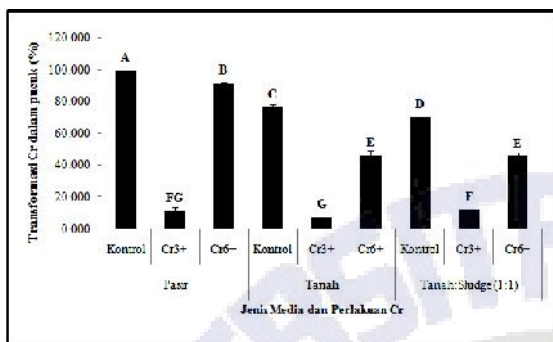
perlakuan Cr³⁺ menunjukkan banyaknya Cr³⁺ yang dioksidasi menjadi Cr⁶⁺, sedangkan pada perlakuan Cr⁶⁺ menunjukkan banyaknya Cr⁶⁺ yang diubah menjadi Cr³⁺ melalui reaksi reduksi. Gambar 1 dan 2 menunjukkan bahwa perlakuan Cr cenderung secara nyata meningkatkan persentase transformasi Cr pada akar, namun menurunkan pada pucuk dari tanaman sonchus yang ditumbuhkan pada media pasir, tanah, dan campuran tanah: sludge tekstil dengan perlakuan Cr³⁺ dan Cr⁶⁺.



Gambar 1. Persentase transformasi Cr (%) pada akar sonchus dengan perlakuan jenis media dan Cr

Transformasi Cr pada perlakuan Cr³⁺ cenderung lebih kecil dan tidak berbeda dibandingkan perlakuan Cr⁶⁺, baik di bagian akar maupun pucuk tanaman sonchus yang ditumbuhkan pada ketiga jenis media tanam. Hasil ini menunjukkan bahwa reaksi oksidasi Cr³⁺ menjadi Cr⁶⁺ berlangsung lebih lambat dibandingkan reaksi reduksi Cr⁶⁺ menjadi Cr³⁺. Lambatnya transformasi Cr³⁺ menjadi Cr⁶⁺ memiliki keuntungan, karena menurut James dan Bartlett (1983) oksidasi Cr³⁺ menjadi Cr⁶⁺ mempunyai dampak yang tidak menguntungkan bagi lingkungan. Proses oksidasi akan mengubah krom dari bentuk tidak larut, tidak toksik dan tidak berbahaya (Cr³⁺) menjadi bentuk krom yang terlarut, toksik dan berbahaya (Cr⁶⁺). Di

dalam jaringan tanaman, proses oksidasi Cr^{3+} menjadi Cr^{6+} diduga terjadi akibat tingginya konsentrasi radikal bebas H_2O_2 yang terbentuk akibat munculnya cekaman oksidatif oleh adanya toksisitas logam berat termasuk Cr.

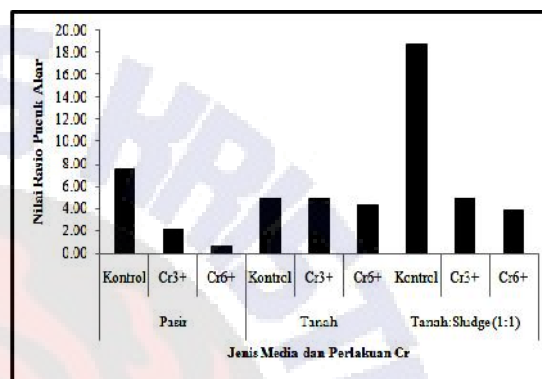


Gambar 2. Persentase transformasi Cr (%) dalam pucuk sonchus dengan perlakuan jenis media dan Cr

Proses reduksi Cr^{6+} menjadi Cr^{3+} lebih menguntungkan dibandingkan reaksi oksidasi Cr^{3+} menjadi Cr^{6+} , karena Cr^{6+} bersifat lebih toksik dibandingkan Cr^{3+} . Kemampuan sel mentransformasi atau memodifikasi bentuk kimia krom baik secara enzimatis maupun non enzimatis dalam rangka menurunkan toksisitasnya telah banyak diteliti dan dilaporkan pada berbagai jenis bakteri, namun sangat jarang pada tumbuhan. Aktivitas enzim kromat reduktase dan komponen sel lain dalam proses reduksi Cr^{6+} menjadi Cr^{3+} pada tumbuhan masih belum banyak diteliti dan dilaporkan. Lytle *et al.* (1998) melaporkan bahwa sel-sel akar lateral *Eichhornia crassipes* dapat mentransformasi Cr^{6+} menjadi Cr^{3+} melalui proses reduksi dengan melibatkan enzim Cr reduktase seperti yang terdapat pada sel bakteri, namun enzim tersebut belum teridentifikasi pada tanaman. Mongkhonsin (2011) berdasarkan hasil penelitiannya tentang spesiasi krom melaporkan bahwa tanaman *Gynura pseudochina* yang diberi perlakuan Cr^{6+} mengakumulasi Cr^{3+} dalam umbi, batang dan daunnya.

Penyerapan dan akumulasi Cr oleh tanaman sonchus menyebabkan toksisitas terhadap pertumbuhan. Perlakuan Cr baik dalam bentuk Cr^{3+} ataupun Cr^{6+} pada ketiga jenis media tanam

sonchus mempengaruhi rasio pucuk akar (Gambar 3). Rasio pucuk akar mengalami penurunan akibat perlakuan Cr dalam media tanam. Penurunan rasio pucuk akar paling besar terjadi pada sonchus yang ditumbuhkan pada media pasir dengan perlakuan Cr. Sonchus yang ditumbuhkan pada ketiga jenis media tanam dengan perlakuan Cr^{6+} mengalami penurunan rasio pucuk akar lebih besar dibandingkan perlakuan Cr^{3+} .



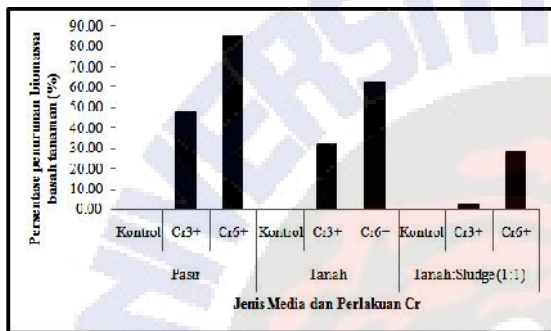
Gambar 3. Nilai rasio pucuk akar pada tanaman sonchus dengan perlakuan jenis media dan Cr

Rasio pucuk akar selain bersifat genetis, juga dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Toksisitas Cr berpengaruh menghambat pertumbuhan akar, dan selanjutnya mempengaruhi pertumbuhan pucuk. Penghambatan pertumbuhan pucuk akibat toksisitas Cr sangat terlihat pada tanaman sonchus yang ditumbuhkan pada media pasir yang diberi perlakuan Cr^{3+} dan Cr^{6+} (Gambar 4).



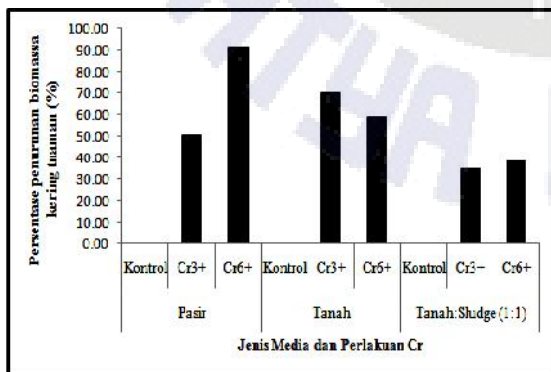
Gambar 4. Tanaman sonchus yang ditumbuhkan pada media tanah, campuran tanah: sludge, dan pasir dengan perlakuan Cr^{3+} dan Cr^{6+} .

Selain mempengaruhi rasio pucuk akar, toksisitas Cr pada tanaman sonchus juga terlihat pada biomassa tanaman. Perlakuan Cr baik berupa Cr³⁺ maupun Cr⁶⁺ menurunkan biomassa basah dan kering dari tanaman sonchus (Gambar 5 dan 6). Persentase penurunan biomassa mengalami peningkatan sejalan dengan meningkatnya toksisitas bentuk Cr. Cr⁶⁺ yang bersifat lebih toksik menurunkan biomassa basah dan kering lebih besar dibandingkan Cr³⁺ yang bersifat kurang toksik.



Gambar 5. Penurunan biomassa basah (%) pada tanaman sonchus dengan perlakuan jenis media dan Cr

Penurunan biomassa basah dan kering paling besar akibat perlakuan Cr paling besar terjadi pada tanaman sonchus yang ditumbuhkan pada media pasir. Hal ini menunjukkan bahwa pada media pasir, toksisitas Cr lebih tinggi dibandingkan dalam media tanah dan campuran tanah: sludge tekstil.



Gambar 6. Penurunan biomassa kering (%) pada tanaman sonchus dengan perlakuan jenis media dan Cr

Kandungan dan komposisi tanah dan sludge tekstil diduga mampu menopang pertumbuhan tanaman *S. oleraceus* dengan adanya perlakuan Cr. Kandungan unsur hara dan mikroorganisme yang terdapat di dalam tanah dan sludge tekstil mempunyai peran besar dalam menekan toksisitas Cr terhadap tanaman *S. oleraceus*. Mikroorganisme yang terdapat di dalam tanah dan sludge dapat mereduksi Cr⁶⁺ yang bersifat toksik menjadi Cr³⁺ yang kurang toksik. Selain keberadaan mikroorganisme, faktor-faktor di lingkungan meliputi pH, potensial redoks, kandungan dan degradasi bahan organik, kandungan ligand organik, mineral lempung, kandungan ion besi, serta kandungan Mn oksida ((McLean dan Bledsoe, 1992; Henderson, 1994; Fendorf, 1995) mempengaruhi ketersediaan Cr di lingkungan. Menurut James (2002) pH dan potensial redoks merupakan faktor kunci yang mengatur semua reaksi kimia dan biologis yang mempengaruhi spesiasi, kelarutan, mobilitas dan ketersediaan Cr di lingkungan.

KESIMPULAN

Sonchus oleraceus mampu menyerap dan mengakumulasi Cr pada jaringan akar dan pucuk. Perlakuan Cr baik dalam bentuk Cr³⁺ ataupun Cr⁶⁺, serta media tanam pada *S. oleraceus* memberikan pengaruh nyata terhadap akumulasi Cr⁶⁺ pada akar dan pucuk. Tanaman sonchus yang ditumbuhkan pada jenis media tanam berbeda menunjukkan kemampuan akumulasi Cr yang berbeda. Akumulasi Cr paling besar ditunjukkan pada tanaman sonchus yang ditumbuhkan pada media pasir dengan perlakuan Cr. Nilai bioakumulasi Cr pada *Sonchus oleraceus* tergolong rendah (>1) sehingga tidak dapat digolongkan sebagai hiperakumulator. Cr yang diserap dan diakumulasi di dalam akar tanaman sonchus

dapat ditranslokasi ke bagian pucuk, dan memiliki nilai $TF > 1$ sehingga tanaman ini punya potensi dikembangkan sebagai agen fito-ekstraksi logam Cr. Akumulasi Cr pada jaringan tanaman *sonchus* menurunkan rasio pucuk akar dan biomassa baik basah maupun kering.

DAFTAR PUSTAKA

- Baker, A.J.M., dan Brooks, R.R. 1989. Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements – a review of their distribution, ecology and phytochemistry. *Biorecovery* 1: 81–126.
- Cervantes, C., Campos-Garcia, J., Devars, S., Gutierrez-Corona, F., Loza-Tavera, H., Torres-Guzman, J.C., and Moreno-Sanchez, R. 2001. Interactions of chromium with microorganisms and plants. *FEMS Micro. Rev.* 25: 335–347.
- Fendorf, S.E. 1995. Surface reactions of chromium in soils and waters. *Geoderma* 67: 55-71.
- Gardea-Torresdey, J.L., De La Rosa, G., Peralta-Video, J.R., Montes, M., Cruz-Jimenez, G., Cano-Aguilera, I. 2005, Differential uptake and transport of trivalent and hexavalent chromium by tumbleweed (*Salsola kali*). *Arch Environ. Contam. Toxicol.* 48:225–232.
- Ghosh, M., and Singh, S.P., 2005. A review on phytoremediation of heavy metals and utilization of its byproducts. *Applied Ecology And Environmental Research* 3(1): 1-18.
- Hayat, S., Khalique, G., Irfan, M., Wani, A.S., Tripathi, B.N., and Ahmad, A. 2011. Physiological changes induced by chromium stress in plant: an overview. *Protoplasma*. DOI 10,1007/s00709-011-0331-0.
- Henderson, T. 1994. Geochemical Reduction of Hexavalent Chromium in the Trinity Sand Aquifer. *Ground Water*. 3(32): 477-486.
- Hossner, L.R., Loeppert, R.H., Newton, R.J., Szaniszlo, P.J., and Attrep, M. 1998. *Literature Review: Phytoaccumulation of Chromium, Uranium, and Plutonium in Plant Systems*. Amarillo National Resource Center for Plutonium. Texas.
- James, B.R. 2002. *Chemical Transformations of chromium in soils: relevance to mobility, bio-availability and remediation*. The Chromium File from the International Chromium Development Association.
- James, B. R. and R. J. Bartlett. 1983. Behavior of chromium in soils: V. fate of organically complexed Cr(II) added to soil. *J. Environ. Qual.* 12:169-172.
- Karuppanapandian, T. and Manoharan, K. 2008. Uptake and translocation of tri- and hexavalent chromium and their effects on black gram (*Vigna mungo* L. Hepper cv. Co4) roots. *Journal of Plant Biology*. 51(3): 192-201.
- Kotas, J. and Stasicka, Z. 2000. Commentary: chromium occurrence in the environment and methods of its speciation. *Enviro. Poll.* 107:263-283.
- Lasat, M. 2000. Phytoextraction of metals from contaminated soil: a review of plant/soil/metal interaction and assessment of pertinent agronomic issues. *Journal of Hazardous Substance Research*, Vol 2.

- Lorestani, B., Cheraghi, M., and Yousefi, N. 2011. Phytoremediation potential of native plants growing on a heavy metals contaminated soil of copper mine in Iran. *World Academy of Science, Engineering and Technology* 77: 377-382.
- Lytle, C.M., Lytle, F.W., Yang, N., Qian, J.H., Hansen, D., Zayed, A., and Terry, N. 1998. Reduction of Cr (VI) to Cr (III) by wetland plants: potential for in situ heavy metal detoxification. *Environ. Sci. Technol.* 32:3087-3093.
- Marchiol, L., Assolari, S., Sacco, P., and Zerbi, G. 2004. Phytoextraction of heavy metals by canola (*Brassica napus*) and radish (*Raphanus sativus*) grown on multicontaminated soil. *Environ Pollut.* 132(1):21-7.
- McLean, J.E. and Bledsoe, B.E. 1992. Behavior of Metals in Soils. EPA Ground Water Issue. EPA/540/S-92/018. pp:1-25.
- McGrath, S.P. and Zhao, F.G. 2003. 2003. Phytoextraction of metals and metalloids from contaminated soils. *Curr. Opinion Biotechnol. J.* 14(3): 277-282
- Mongkhonsin, B., Nakbanpote, W., Nakai, I., Hokur, A., and Jearanaikoon, N. 2011. Distribution and speciation of chromium accumulated in *Gynura pseudochina* (L.) DC. *Environmental and Experimental Botany.* 74: 56-64.
- Sarma, H. 2011. Metal hyperaccumulation in plants: a review focusing on phytoremediation technology. *Journal of Environmental Science and Technology.* 4(2): 118-138.
- Shanker, A.K., Cervantes, C., Loza-Tavera, H., and Avudainayagam, S. 2005. Chromium toxicity in plants. *Environment International* 31:739-753.
- Sharma, I., Pati, P.K., and Bhardwaj, R. 2011. Effect of 28-homobrassinolide on antioxidant defence system in *Raphanus sativus* L. under chromium toxicity. *Ecotoxicology.* 20:862-874.
- Yu, X.Z. and Gu, J.D. 2007. Accumulation and distribution of trivalent chromium and effects on hybrid willow (*Salix matsudana* Koidz x *S. alba* L.) metabolism. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 52: 503-511.
- Yu, X.Z., Gu, J.D., and Xing, L.Q. 2008. Differences in uptake and translocation of hexavalent and trivalent chromium by two species of willows. *Ecotoxicology.* 17: 747-755. two species of willows. *Ecotoxicology.* 17: 747-755.
