

## PERTUMBUHAN DAN AKUMULASI LOGAM KROM PADA ANGGOTA BRASSICACEAE YANG DITUMBUHKAN PADA MEDIA LIMBAH *SLUDGE* TEKSTIL

Sri Kasmiyati<sup>1</sup>, Elizabeth Betty Elok Kristiani<sup>2</sup>, Maria Marina Herawati<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Fakultas Biologi Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga

E-mail: kas@staff.uksw.edu (correspondence authors)

### ABSTRAK

Penelitian bertujuan mengetahui pertumbuhan dan penyerapan Cr jenis-jenis tanaman anggota Brassicaceae yang ditumbuhkan pada media limbah *sludge* tekstil. Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok dengan perlakuan berupa 6 jenis tanaman anggota Brassicaceae meliputi 3 jenis dari kelompok gulma (*Rorripa*, *Cardamain* dan *Nosturtium officinale*) serta 3 jenis dari tanaman budidaya *Brassica rapa* (sawi sendok, sawi bakso dan sawi pahit). Parameter yang ditentukan meliputi diameter tajuk, jumlah daun, berat kering tanaman, kandungan Cr total, limbah padat tekstil, serta kandungan NPK dan rasio C/N pada limbah padat (*sludge*) tekstil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 6 jenis tanaman anggota Brassicaceae (*Brassica rapa*, *Rorripa*, *Cardamain* dan *Nosturtium*) mampu tumbuh pada media limbah *sludge* tekstil. Pertambahan diameter tajuk menunjukkan hasil yang berbeda nyata secara statistik pada ketiga tanaman sawi, sedangkan pada ketiga jenis tanaman gulma tidak terjadi peningkatan diameter tajuk yang signifikan secara statistik. Tanaman sawi sendok dan *Cardamain* memiliki pertumbuhan jumlah daun yang lebih besar dibandingkan jenis tanaman uji lainnya. Tanaman sawi sendok memiliki berat kering yang paling besar dibandingkan dengan kelima jenis tanaman uji yang lain. Tanaman *Rorripa* dan *Cardamain* memiliki berat kering paling kecil. Keenam jenis tanaman anggota Brassicaceae yang diuji mampu mengakumulasi dan mentranslokasi logam berat krom sampai ke pucuk dalam jumlah melebihi akumulasi di akar.

**Kata kunci** : fitoremediasi, *Brassica*, logam berat

### PENDAHULUAN

Industri tekstil merupakan salah satu industri penting yang menopang perekonomian di Indonesia, karena melalui industri ini memberikan sumbangan devisa yang besar terhadap pendapatan negara. Namun di sisi lain dari proses produksinya, industri tekstil mempunyai dampak yang merugikan terhadap kelestarian lingkungan terutama dalam hal limbah yang dihasilkan baik berupa limbah padat maupun limbah cair. Menurut Mortinah (2003), limbah tekstil berasal dari proses pengkajian, proses penghilangan kanji, penggelantangan, pemasakan, pewarnaan, pencetakan, dan proses penyempurnaan.

Penanganan limbah padat dan cair secara tidak tepat dapat menimbulkan dampak pencemaran di ekosistem tanah maupun air, terkait kandungan mikroorganisme dan logam berat di dalamnya (Sulistijorini, 2003). Saat ini, penanganan limbah padat dan cair yang telah dilakukan industri tekstil umumnya belum memperhatikan ada tidaknya B<sub>3</sub> (logam berat) dalam limbah tersebut. Menurut Suhendrayatna (2001), pembuangan limbah padat (*sludge*) merupakan aspek terpenting dari suatu pengolahan limbah. Selain biaya yang dibutuhkan dalam penanganan dan pengelolaan *sludge* tersebut cukup besar, banyak masalah yang menyangkut

dengan lahan dan perairan dalam pembuangan *sludge* yang mengandung logam berat, sehingga dibutuhkan metode yang ramah lingkungan.

Aiyen (2005) menyatakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk menangani pencemaran tanah oleh limbah industri yang mengandung B3 (salah satunya adalah logam berat) adalah dengan mempekerjakan tanaman melalui proses fitoremediasi, yaitu menggunakan tanaman yang memiliki kemampuan sangat tinggi untuk mengangkut berbagai polutan yang ada (*multiple uptake hyperaccumulator plant*) ataupun tanaman yang memiliki kemampuan mengangkut polutan yang bersifat tunggal (*spesific uptake hyperaccumulator plant*). Menurut Ghosh & Singh (2005), teknologi dapat diterapkan baik terhadap polutan organik maupun anorganik yang terdapat baik di tanah, air maupun udara. Baker & Brooks (1989) melaporkan bahwa saat ini telah diketahui ada sekitar 400 jenis (22 suku) tergolong sebagai tanaman hiperakumulator logam berat. Dari 22 suku tumbuhan tersebut, suku Brassicaceae memiliki anggota jenis tanaman hiperakumulator paling banyak (ada 87 jenis dari 11 marga).

Penelitian tentang potensi berbagai jenis tanaman dalam proses fitoremediasi telah dilakukan di antaranya dari kelompok tumbuhan paku (Shu et al., 2004; Bondada et al., 2004), tumbuhan berbiji (Broadhurst et al., 2004; Kuzovkina et al., 2004; Barazani et al., 2004), tumbuhan air (Mkandawire et al., 2004; Odjegba & Fasidi, 2004), rumput (Shu et al., 2004; Lehmann & Rebele, 2004; Xia, 2004), herba (Zu et al., 2005), maupun gulma (Wei et al., 2004). Kebanyakan tanaman yang mampu menyerap logam dan metaloid termasuk anggota suku Brassicaceae, Asteraceae (Turgut et al., 2004) dan Pteridaceae. Beberapa anggota suku Brassicaceae telah diketahui sebagai hiperakumulator sulfat, emas (Au), Selenium (Se), dan Thalium. Beberapa jenis tanaman anggota Brassicaceae yang telah diuji potensi

hiperakumulasinya adalah *Brassica juncea* (untuk Se) (Van Huysen et al., 2004), *Brassica napus* dan *Rhapanus sativus* terhadap tanah yang terkontaminasi multiple logam berat (Marchiol et al., 2004).

Krom (Cr) sebagai salah satu jenis logam berat yang banyak terkandung dalam limbah padat tekstil dapat pula dibersihkan dari limbah padat bila telah ditemukan tanaman hiperakumulatormya. Berdasarkan sifat penyerapannya, krom diserap melalui lintasan sulfat (Srivastava & Gupta, 1996) sehingga besar kemungkinan dari berbagai jenis tanaman yang tergolong dalam *S-loving plant* dapat ditemukan tanaman hiperakumulator Cr. Zayed et al. (1998) melaporkan bahwa tanaman sayuran anggota suku Brassicaceae yang merupakan tanaman *S-loving plant* memiliki kemampuan mengakumulasi Cr lebih tinggi dibandingkan tanaman yang lain. Kasmiyati & Santosa (2001) melaporkan bahwa pemberian sulfat berlebih pada media tanam berpengaruh terhadap akumulasi Cr pada kangkung cabut. Berdasarkan permasalahan tersebut di atas, penelitian ini bertujuan mengetahui kemampuan pertumbuhan dan penyerapan Cr dari jenis-jenis tanaman anggota Brassicaceae yang ditumbuhkan pada limbah *sludge* tekstil

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan selama 4 bulan di greenhouse Fakultas Pertanian UKSW di daerah Salaran Kabupaten Semarang ( $\pm$  900 mdpl). Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok (RAK), dengan perlakuan berupa 6 jenis tanaman dari anggota suku Brassicaceae (3 gulma meliputi *Rorripa*, *Cardamain* dan *Nosturtium officinale*, serta 3 tanaman budidaya dari jenis sawi (*Brassica* sp.) meliputi sawi sendok, sawi pahit dan sawi bakso). Limbah padat tekstil dalam bentuk *sludge* digunakan sebagai media pertumbuhan tanaman untuk uji kemampuan pertumbuhan dan penyerapan (akumulasi) Cr.

### Penyiapan Limbah Sludge Tekstil

Limbah *sludge* tekstil diperoleh dari salah satu industri tekstil yang ada di kota Salatiga. Sebelum digunakan sebagai media pertumbuhan tanaman, limbah *sludge* dikeringkan dibawah sinar matahari selama  $\pm 2$  minggu untuk mengurangi kadar airnya serta agar limbah *sludge* bersifat remah dan tidak menggumpal. Limbah *sludge* selanjutnya dimasukkan polibag (30 x 45 cm) seberat 6 kg.

### Penanaman dan Pengamatan Parameter

Bibit sawi berumur  $\pm 4$  minggu (sawi sendok, sawi pahit dan sawi bakso) diperoleh dari perkecambahan biji dan bibit 3 jenis gulma (*Rorripa*, *Cardamain*, *Nosturtium officinale*) diperoleh dari lahan sekitar greenhouse. Bibit tanaman ditumbuhkan dalam media limbah sludge tekstil selama 2 bulan (8 minggu). Setiap perlakuan dengan ulangan sebanyak 5 kali.

Parameter yang diukur meliputi pertumbuhan tanaman setiap minggu (diameter tajuk dan jumlah daun) dan di akhir penelitian (berat kering tanaman), kandungan krom (Cr) pada bagian akar dan bagian aerial dari tanaman (meliputi batang, daun, bunga dan buah) pada akhir penelitian, kandungan krom (Cr)

limbah padat tekstil sebelum dan sesudah penelitian yang diukur menggunakan AAS, serta analisis kandungan NPK dan rasio C/N limbah sludge tekstil.

### Analisis Data

Data penelitian yang diperoleh dianalisis secara statistik menggunakan analisis sidik ragam dan untuk mengetahui perbedaan pengaruh di antara rata-rata perlakuan dilakukan uji beda nyata jujur (BNJ) dengan tingkat signifikansi 5%.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pertumbuhan Tanaman

Pertumbuhan tanaman diukur dari diameter tajuk dan jumlah daunnya, karena kebanyakan tumbuhan anggota Brassicaceae merupakan tumbuhan roset akar yang pada fase pertumbuhan vegetatif pertumbuhan tinggi tanaman tidak terlihat jelas. Selain diameter tajuk dan jumlah daun, biomassa tumbuhan juga ditentukan melalui pengukuran berat kering tanaman pada akhir penelitian (Tabel 1).

Tabel 1. Pertumbuhan diameter tajuk tanaman uji pada limbah *sludge* tekstil

Jenis tanaman	Pertumbuhan diameter tajuk tanaman (cm)		
	Umur 6 minggu	Umur 7 minggu	Umur 8 minggu
Sawi Bakso	35.34 <sup>a</sup>	42.10 <sup>b</sup>	43.40 <sup>b</sup>
Sawi Sendok	27.54 <sup>a</sup>	32.96 <sup>b</sup>	37.00 <sup>c</sup>
Sawi Pahit	16.24 <sup>a</sup>	27.66 <sup>b</sup>	34.06 <sup>c</sup>
<i>Nosturtium</i>	16.90 <sup>a</sup>	19.02 <sup>a</sup>	20.34 <sup>a</sup>
<i>Cardamain</i>	7.06 <sup>a</sup>	9.62 <sup>a</sup>	10.54 <sup>a</sup>
<i>Rorripa</i>	6.54 <sup>a</sup>	8.38 <sup>ab</sup>	10.18 <sup>b</sup>

Keterangan: angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada baris yang sama menunjukkan tidak ada beda nyata pada uji beda nyata jujur (BNJ) dengan taraf uji 5%

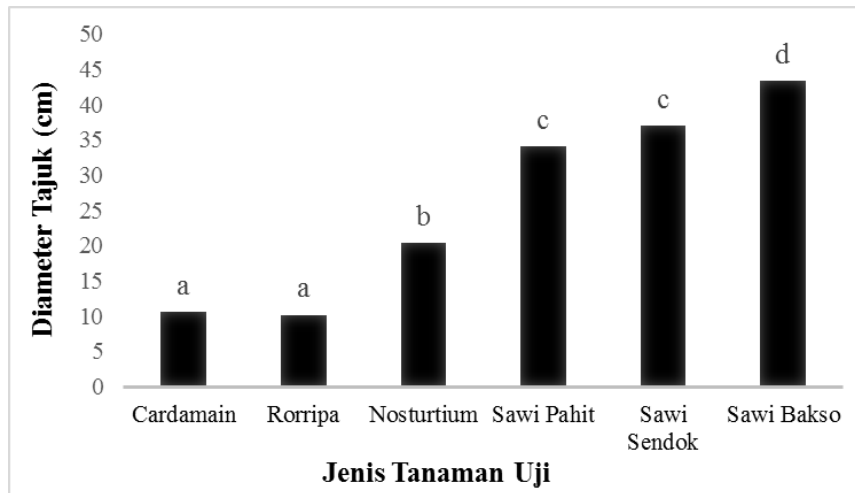
Berdasarkan hasil pada Tabel 1 ditunjukkan bahwa keenam jenis tanaman anggota Brassicaceae mampu tumbuh dan berkembang pada media limbah *sludge* tekstil, meskipun tingkat pertumbuhan dan perkembangannya berbeda. Pertumbuhan dan

pertambahan diameter tajuk pada tanaman kelompok sawi (sawi sendok, sawi bakso dan sawi pahit) menunjukkan hasil yang lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok gulma (*Rorripa*, *Cardamain* dan *Nosturtium officinale*). Ketiga jenis tanaman sawi

yang ditumbuhkan pada media *sludge* tekstil menunjukkan peningkatan diameter tajuk yang lebih besar dibandingkan ketiga jenis gulma.

Diameter tajuk tanaman pada akhir penelitian secara statistik menunjukkan hasil berbeda

secara nyata antara tanaman uji satu dengan lainnya, kecuali antara tanaman sawi sendok dan sawi pahit, serta *Cardamain* dan *Rorripa* (Gambar 1).



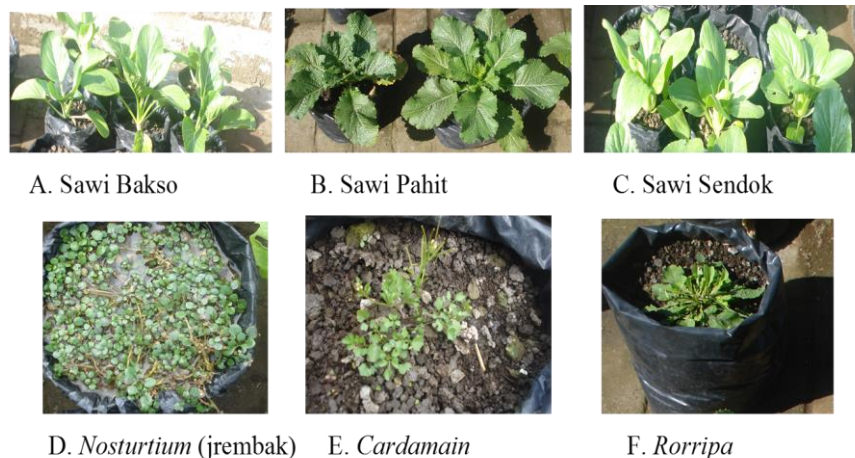
Gambar 1. Diameter tajuk tanaman uji pada limbah *sludge* tekstil pada akhir penelitian (umur 3 bulan). Huruf a, b, c, dan d menunjukkan beda nyata di antara perlakuan berdasarkan uji statistik.

Diameter tajuk antara *Cardamain* dan *Rorripa* tidak menunjukkan hasil yang berbeda secara statistik, demikian juga antara sawi pahit dan sawi sendok. Pada akhir penelitian, tanaman sawi bakso menunjukkan pertumbuhan diameter tajuk tanaman paling besar dibandingkan kelima jenis tanaman uji lainnya.

Perbedaan pola pertumbuhan diameter tajuk dari keenam tanaman uji dari anggota suku Brassicaceae yang digunakan sebagai agen fitoremediasi ini selain disebabkan oleh perbedaan jenis tanamannya, juga disebabkan oleh ukuran

tubuh tanaman yang berbeda. *Rorripa* dan *Cardamain* merupakan dua jenis gulma anggota Brassicaceae yang memiliki perawakan tanaman (*habitus*) yang lebih kecil dibandingkan keempat tanaman uji yang lain, sedangkan tanaman *Nosturtium officinale* (jrebak/selada air) merupakan gulma yang telah banyak dibudidayakan.

Kondisi media tanam *sludge* tekstil selama pertumbuhan tanaman uji berbeda, terutama media *sludge* tekstil untuk tanaman jrebak (*N. officinale*) (Gambar 2).



Gambar 2. Tanaman anggota Brassicaceae yang digunakan dalam penelitian

Tanaman *N. officinale* ditanam pada kondisi substrat tumbuh yang berbeda dibandingkan kelima tanaman uji yang lain, karena tanaman ini membutuhkan lingkungan berair, sehingga media *sludge* tekstil yang digunakan sebagai media tanam diberi genangan air.

Pola pertambahan jumlah daun untuk keenam jenis tanaman uji yang digunakan menunjukkan pola yang hampir sama, yaitu jumlah daun meningkat sampai pada minggu ke-8 (akhir penelitian) (Tabel 2).

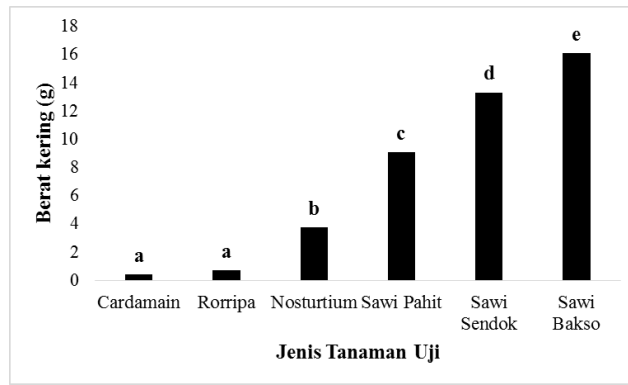
Tabel 2. Pertumbuhan jumlah daun tanaman uji pada limbah *sludge* tekstil

Jenis tanaman	Pertumbuhan jumlah daun tanaman		
	Umur 6 minggu	Umur 7 minggu	Umur 8 minggu
Sawi Bakso	7.32 <sup>a</sup>	10.74 <sup>b</sup>	12.92 <sup>b</sup>
Sawi Sendok	8.92 <sup>a</sup>	13.65 <sup>b</sup>	15.70 <sup>b</sup>
Sawi Pahit	6.60 <sup>a</sup>	9.34 <sup>b</sup>	11.20 <sup>c</sup>
<i>Cardamain</i>	6.40 <sup>a</sup>	9.88 <sup>ab</sup>	19.48 <sup>b</sup>
<i>Rorripa</i>	6.60 <sup>a</sup>	8.68 <sup>a</sup>	12.06 <sup>b</sup>

Keterangan : angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada baris yang sama menunjukkan tidak ada beda nyata pada uji beda nyata jujur (BNJ) dengan taraf uji 5%

Berdasarkan besarnya nilai pertambahan jumlah daun, tanaman sawi sendok dan *Cardamain* memiliki pertumbuhan jumlah daun yang lebih besar dibandingkan dengan tanaman uji lainnya. Pertambahan jumlah daun dari waktu ke waktu pada umumnya menunjukkan hasil yang berbeda nyata secara statistik pada ketiga jenis tanaman sawi, sedangkan pada ketiga jenis tanaman gulma tidak terjadi peningkatan diameter tajuk yang signifikan secara statistik. Hasil pertumbuhan jumlah daun yang tidak berbeda nyata secara statistik dari waktu

ke waktu dapat diartikan bahwa pertumbuhan tanaman uji tersebut tidak dapat berlangsung secara optimal. Pertumbuhan jumlah daun diantara keenam jenis tanaman uji pada akhir penelitian juga tidak menunjukkan perbedaan yang nyata secara statistik. Hasil ini menunjukkan bahwa *sludge* tekstil yang digunakan sebagai media tanam untuk keenam jenis tanaman tersebut tidak memberikan pengaruh terhadap proses pertumbuhan daun dari jenis-jenis tanaman yang diuji (Gambar 3).



Gambar 3. Berat kering tanaman uji pada limbah *sludge* tekstil pada akhir penelitian (umur 3 bulan). Huruf a, b, c, d, dan e menunjukkan beda nyata di antara perlakuan berdasarkan uji statistik

Gambar 3 menunjukkan bahwa berdasarkan pengukuran berat keringnya, tanaman sawi sendok memiliki berat kering yang paling besar dibandingkan dengan kelima jenis tanaman uji yang lain. Tanaman *Rorripa* dan *Cardamain* memiliki berat kering paling kecil. Semua jenis tanaman uji menunjukkan hasil yang berbeda nyata terhadap berat kering tanaman, kecuali antara *Rorripa* dan *Cardamain*. Berat sawi sendok dan sawi bakso menunjukkan hasil yang lebih tinggi dinandingkan keempat jenis tanaman yang lain. Berat kering menggambarkan kemampuan suatu tanaman menimbun bahan kering atau asimilat hasil proses fotosintesis. Kemampuan tanaman dalam menimbun bahan kering dipengaruhi oleh kemampuan fotosintesis. Kemampuan fotosintesis pada tanaman sawi sendok dan sawi bakso

ditunjukkan dengan peningkatan diameter tajuk tanaman dan jumlah daun yang tinggi dibanding perlakuan yang lain. Sedangkan pada tanaman *Cardamain* meskipun jumlah daunnya paling besar, namun berat keringnya paling kecil, hal ini disebabkan karena memang tanaman *Cardamain* dan *Rorripa* memiliki ukuran tubuh yang lebih kecil dibandingkan dengan tanaman yang lain.

#### Kandungan Cr Pada *Sludge* dan Tanaman

Hasil pengukuran konsentrasi Cr pada *sludge* tekstil dan jaringan tanaman (akar dan bagian aerial) pada akhir penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi Cr yang terkandung di dalam *sludge* maupun jaringan tumbuhan lebih kecil dibandingkan konsentrasi Cr pada *sludge* awal (Tabel 3).

Tabel 3. Kandungan Cr dalam limbah *sludge* tekstil dan jaringan tanaman uji

Jenis Tanaman	Konsentrasi Krom (ppm)		
	<i>Sludge</i> akhir Penelitian	Jaringan Tanaman	
		Akar	Pucuk
<i>Cardamain</i>	0.006	0.002	0.008
<i>Rorripa</i>	0.001	0.002	0.004
Jrebak ( <i>Nosturtium</i> )	0.004	0.000	0.008
Sawi Pahit	0.011	0.002	0.007
Sawi Sendok	0.003	0.001	0.005
Sawi Bakso	0.005	0.001	0.008

Keterangan : konsentrasi krom (Cr) awal dalam limbah padat (*sludge*) tekstil berdasarkan hasil analisis menggunakan AAS sebesar 0.03 ppm

Pada *sludge* awal terukur konsentrasi logam berat Cr sebesar 0.03 ppm, setelah *sludge* digunakan sebagai media tumbuh bagi tanaman uji mengalami penurunan sangat besar kandungan Cr-nya yaitu mencapai 80 - 97% untuk semua tanaman uji. Berkurangnya kandungan Cr dalam *sludge* setelah digunakan sebagai media tanaman pada Tabel 3 tidak didukung sepenuhnya oleh terjadinya akumulasi logam berat krom di dalam jaringan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penurunan logam berat tersebut diduga hilang melalui pencucian/pelindian (*leaching*).

Tabel 3 juga menunjukkan bahwa akumulasi krom di pucuk lebih besar dibandingkan di akar. Semua tanaman uji mampu mentranslokasikan Cr ke bagian pucuk. Menurut Aiyen (2005), tanaman dapat dikategorikan sebagai hiperakumulator apabila mampu mentranslokasikan unsur-unsur tertentu dengan konsentrasi sangat tinggi ke pucuk dan tanpa membuat tanaman tumbuh dengan tidak normal dalam arti kata tidak kerdil dan tidak mengalami fitotoksitas.

Ada beberapa kriteria tanaman dapat disebut hiperakumulator, diantaranya mampu mentranslokasikan unsur (baik tunggal ataupun berbagai macam unsur) ke pucuk lebih tinggi dibandingkan di akar, sehingga tanaman yang hanya dapat beradaptasi baik pada tanah-tanah tercemar tidak tergolong tanaman hiperakumulator, jika tidak

mampu mentranslokasikan serapan unsur ke bagian pucuk tanaman (Aiyen, 2005). Berdasarkan hasil pada Tabel 3 dapat dikatakan bahwa tanaman anggota Brassicaceae mempunyai potensi sebagai agen fitoremediasi Cr, karena memiliki kemampuan mentranslokasikan Cr ke bagian pucuk. Hal ini diperkuat oleh Zayed et al. (1998) yang melaporkan bahwa tanaman sayuran anggota suku Brassicaceae yang merupakan tanaman *S-loving plant* memiliki kemampuan mengakumulasi Cr lebih tinggi dibandingkan tanaman yang lain. Namun berdasarkan nilai bioakumulasinya, tanaman uji belum dapat dikategorikan sebagai tanaman hiperakumulator karena mempunyai nilai bioakumulasi berkisar antara 0.1 – 0.3. Menurut Aiyen (2005), ada kriteria lain untuk menentukan tanaman hiperakumulator yaitu jika memiliki nilai bioakumulasi terhadap unsur tertentu lebih besar dari nilai 1, "*nilai bioakumulasi*" dihitung dari konsentrasi unsur tersebut di pucuk (*shoot concentration*) dibagi konsentrasi unsur di dalam tanah (*defined as shoot concentration/total soil concentration*).

**Kandungan NPK dan Rasio C/N Sludge Tekstil**

Hasil analisis kandungan NPK pada limbah *sludge* tekstil menunjukkan bahwa kandungan unsur hara pada *sludge* cukup mampu mendukung pertumbuhan suatu tanaman, hasil ini didukung oleh hasil pertumbuhan tanaman dalam bentuk berat kering (Tabel 4).

Tabel 4. Hasil analisis kandungan NPK dan rasio C/N pada limbah padat (*sludge*) tekstil

N Total (Kjeldahl)		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (Bray)		K <sub>2</sub> O (Larut Air)		Bahan Organik		Rasio C/N	pH (H <sub>2</sub> O)	Harkat
(%)	Harkat	Ppm	Harkat	ppm	Harkat	(%)	Harkat			
0,21	S	455,3	ST	103,68	R	8,53	ST	23,80	5,55	Masam

Keterangan : S : sedang ST: sangat tinggi R : rendah T: tinggi

Bila dilihat dari hasil pengukuran rasio C/N menunjukkan bahwa proses dekomposisi pada limbah padat sudah berjalan lanjut, sehingga *sludge* tersebut dapat digunakan sebagai media tumbuh, sedangkan pH *sludge* yang masam yaitu 5,5 belum

berpengaruh terhadap ketersediaan hara bagi tanaman, hal itu dapat dilihat dari kandungan Nitrogen total, P<sub>2</sub>O dan K<sub>2</sub>O sehingga masih dapat mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian disimpulkan bahwa 6 jenis tanaman anggota Brassicaceae (sawi sendok, sawi bakso, sawi pahit, *Rorripa*, *Cardamain* dan *Nosturtium*) mampu tumbuh pada media limbah *sludge* tekstil serta mampu mengakumulasi dan mentranslokasi logam berat krom sampai ke pucuk dalam jumlah melebihi akumulasi di akar. Tanaman uji belum bisa disimpulkan sepenuhnya sebagai tanaman hiperakumulator Cr karena nilai bioakumulasi kromnya masih dibawah 1 (hanya berkisar antara 0.1 -0.3).

## DAFTAR PUSTAKA

- Aiyen, (2005). Ilmu Remediasi untuk Atasi Pencemaran Tanah di Aceh dan Sumatera Utara. (Online). Diakses dari <http://www.kompas.com/kompas-cetak/0503/04/ilpeng/1592821.htm>
- Barazani, O., Dudai, N., Khadka, U. R., & Golan-Goldhirsh, A. (2004). Cadmium accumulation in *Allium schoenoprasum* L. grown in an aqueous medium, *Chemosphere*, 57(9), 1213-8
- Baker, A. J. M., & Brooks, R. R., (1989). Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements. *A review of their distribution, ecology and phytochemistry*. – *Biorecovery*, 1, 81-126
- Bondada, B. R., Tu, S., & Ma, L. Q. (2004). Absorption of foliar-applied arsenic by the arsenic hyperaccumulating fern (*Pteris vittata* L.). *Science of the Total Environment*, 332(1-3), 61-70.
- Broadhurst, C. L., Chaney, R. L., Angle, J. S., Mangel, T. K., Erbe, E. F., & Murphy, C. A. (2004). Simultaneous hyperaccumulation of nickel, manganese, and calcium in *Alyssum* leaf trichomes. *Environmental Science & Technology*, 38(21), 5797-802.
- Ghosh, M., & Singh, S.P. (2005). A review on phytoremediation of heavy metals and utilization of its by products. *Applied Ecology and Environmental Research*, 3(1), 1-18.
- Kasmiyati, S. & Santosa (2001). Sulfate amelioration of chromium toxicity on eater spinach (*Ipomoea reptans* Poir.) *Berkala Ilmiah FB-UGM, BIOLOGI*, 2(10).
- Kuzovkina, Y. A., Knee, M., & Quigley, M. F. (2004). Cadmium and copper uptake and translocation in five willow (*Salix* L.) species. *International Journal Phytoremediation*, 6(3), 269-87
- Lehmann, C., & Rebele, F. (2004). Assessing the potential for cadmium phytoremediation with *Calamagrostis epigejos*: a pot experiment. *International Journal Phytoremediation*, 6(2), 169-83
- Marchiol, L., Assolari, S., Sacco, P., & Zerbi G., (2004). Phytoextraction of heavy metals by canola (*Brassica napus*) and radish (*Raphanus sativus*) grown on multicontaminated soil. *Environmental Pollution*, 132(1),21-7.
- Mkandawire, M., Taubert, B., and Dudel, E.G., (2004). Capacity of *Lemna gibba* L. (duckweed) for uranium and arsenic phytoremediation in mine tailing waters. *International Journal Phytoremediation*, 6(4), 347-62.
- Mortinah, (2003). *Pengolahan Air Limbah Industri Tekstil*. Departemen Perindustrian dan Perdagangan Republik Indonesia. Badan Penelitian dan Pengembangan Industri dan Perdagangan. Balai Pusat dan Standardisasi Industri dan Perdagangan. Semarang.
- Odjegba, V.J., & Fasidi, I.O., (2004). Accumulation of trace elements by *Pistia stratiotes*: implications for phytoremediation. *Ecotoxicology*, 13(7), 637-46



- Shu, W.S., Zhao, Y.L., Yang, B., Xia, H.P., & Lan, C.Y., (2004). Accumulation of heavy metals in four grasses grown on lead and zinc mine tailings. *Journal of Environmental Sciences (China)*, 16(5), 730-4
- Srivastava, P.C., & Gupta, U.C., (1996). *Trace Elements In Crop Production*. Science Publisher Inc. USA. pp. 226-230.
- Suhendrayatna, (2001). *Bioremoval Logam Berat Dengan Menggunakan mikroorganisme*. Makalah Seminar bioteknologi untuk Indonesia Abad 21. Departement of applied Chemistry and Chemical Engineering Faculty of Engineering, Kagosima University. Japan.
- Sulistijorini, (2003). *Pemanfaatan Sludge Industri Pangan Sebagai Upaya Pengelolaan Lingkungan*. Makalah Falsafah Sains. Program Pasca Sarjana/S3. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Turgut, C., Katie, P. M., & Cutright, T.J., (2004). The effect of EDTA and citric acid on phytoremediation of Cd, Cr, and Ni from soil using *Helianthus annuus*. *Environmental Pollution*, 131(1), 147-54
- Van Huysen, T., Terry, N., & Pilon-Smits E.A., (2004). Exploring the selenium phytoremediation potential of transgenic Indian mustard overexpressing ATP sulfurylase or cystathionine-gamma-synthase. *International Journal Phytoremediation*, 6(2), 111-8.
- Wei, S.H., Zhou, Q.X., Wang, X., Cao, W., Ren, L.P., & Song, Y.F., (2004). Potential of weed species applied to remediation of soils contaminated with heavy metals. *Journal of Environmental Sciences (China)*, 16(5), 868-73
- Xia, X.P., (2004). Ecological rehabilitation and phytoremediation with four grasses in oil shale mined land. *Chemosphere*, 54(3), 345-53.
- Zayed, A., Lytle, C. M., Qian, J., & Terry, N., (1998). Chromium accumulation, translocation and chemical speciation in vegetable crops. *Planta*, 206, 293-299.
- Zu, Y., Yuan, L., Jianjun, C., Haiyan, C., Li, Q., & Schwartz, C., (2005). Hyperaccumulation of Pb, Zn and Cd in herbaceous grown on lead-zinc mining area in Yunnan, China. *Environment International*, 31 (5), 755-762.