

Fitoekstraksi Sianida pada *Centrosema pubescens* Benth yang Tumbuh di Limbah Tailing Terkontaminasi Sianida

Phytoextraction of Cyanide on *Centrosema pubescens* Benth Grown on Tailing Waste Media Contaminated by Cyanide

Fauzia Syarif*, Nuril Hidayati, Titi Juhaeti

Pusat Penelitian Biologi LIPI - Cibinong Science Center Jl. Raya Bogor-Jakarta Kav. 44 Cibinong 16911
E-mail: criancht@yahoo.co.id *Penulis untuk korespondensi

Abstract

Contamination of mined soil and water affects not only to agriculture system but also food chains and epidemiological problems. As soil metal can not be biodegraded, remediation of soil heavy metal risks has been a difficult and expensive goal. Presently there are several different strategies available for the clean up and restoration of contaminated soils. One approach to minimize risks from some toxic pollutants is phytoextraction using hyperaccumulator plants, known as phytoremediation. In this research *Centrosema pubescens* was studied to examine its potency as hyperaccumulator against cyanide. Although cyanide is not categorized as heavy metal, its presence is considered as one of important toxic pollutants in the environments. Detoxification of cyanide (CN) contaminated soils and waters with plants seems to be a feasible option. *Centrosema pubescens* which proven tolerant and dominant in the CN contaminated environment was used in this research. The plants were grown in tailing waste media added by 0, 10, 20 and 30 ppm CN. Different pH levels were applied, i.e. ± 6 and ± 5 . The results showed that the plants were capable of growing under high level of CN. The results indicated that *Centrosema pubescens* can be considered as high tolerance and potentially effective in accumulating CN, i.e up to 3.564 ppm in roots and up to 3.564 ppm in shoot with concentration ratio (shoot/root) up to 1.13. The plants also indicated high tolerance by producing high biomass under high level of CN, i.e up to 36.517 g (under 20 ppm CN).

Key words: hyperaccumulator, phytoextraction, cyanide, *Centrosema pubescens*

Diterima: 23 April 2008, disetujui: 11 Desember 2008

Pendahuluan

Centrosema pubescens Benth merupakan salah satu jenis tumbuhan yang dapat beradaptasi terhadap lingkungan marginal seperti tanah limbah yang banyak terkontaminasi zat-zat beracun dan memiliki kualitas fisik, kimia maupun biologis sangat rendah. Dari penelitian sebelumnya *Centrosema pubescens* juga termasuk salah satu tumbuhan yang banyak dijumpai di sekitar limbah tailing dam di Cikotok Banten dengan nilai penting 19,73% (Sambas *et al.*, 2005). Selanjutnya hasil penelitian Juhaeti *et al.*,

(2006) menyatakan bahwa, *Centrosema pubescens* termasuk jenis tumbuhan fitoremediator CN yang berpotensi untuk dikembangkan karena dapat mengakumulasi sianida dengan kandungan yang tinggi yakni hingga 22,09 ppm. Disamping dapat mengakumulasi bahan beracun dalam jumlah tinggi, *Centrosema pubescens* juga dapat menghasilkan biomassa yang tinggi dibandingkan *Calopogonium mucunoides* dan *Mikania cordata* (Hidayati *et al.*, 2006a). Penelitian ini bermaksud menguji lebih lanjut potensi tanaman ini sebagai tanaman akumulator CN.

Apabila tumbuhan dapat tumbuh baik, toleran terhadap lingkungan limbah yang tercemar, dan cepat tumbuh, serta mampu mengakumulasi substansi toksik dari dalam tanah dengan konsentrasi yang relatif besar maka diharapkan tumbuhan tersebut mampu bertindak sebagai akumulator bahan pencemar dan dapat digunakan sebagai mediator pembersih lingkungan yang tercemar atau fitoremediasi.

Sejumlah tumbuhan terbukti dapat beradaptasi terhadap lingkungan yang ekstrim seperti limbah pengolahan emas yang terkontaminasi logam berat dan sianida. Di antara tumbuhan ini banyak yang memiliki toleransi tinggi hingga mampu menyerap dan mengakumulasi logam kontaminan di dalam jaringannya. Potensi ini terbukti sangat penting dan berguna untuk dimanfaatkan sebagai mediator pembersih tanah dan perairan yang tercemar (Hidayati *et al.*, 2006b).

Fitoekstraksi CN banyak dilakukan dengan menggunakan tanaman cyanogenik, yaitu spesies tanaman yang dapat mensintesis glukosida *cyanogenic* yang berfungsi dalam mendekomposisi CN bila jaringan tanaman terluka (Banks dan Mannering, 2006). Tanaman berpembuluh terbukti memiliki enzim yang dapat mendetoksifikasi CN dengan cara mengkonversinya ke asam amino asparagin (Larsen, 2005; Yu *et al.*, 2005a; 2005b). Salah satu tanaman yang dikenal sebagai akumulator CN adalah *Salix viminalis* yang memiliki laju *removal* untuk daun dan akar masing-masing 9,5 dan 7 mg kg⁻¹h⁻¹CN. Adanya metabolisme CN dalam tanaman diindikasikan oleh hilangnya CN dari sistem media-tanaman hingga 50%-80% (Larsen, 2005).

Limbah tailing sebagaimana yang diketahui merupakan limbah yang tercemar CN baik dalam jumlah tinggi maupun rendah tetap akan membahayakan lingkungan disekitarnya. Untuk dapat mengurangi secara perlahan-lahan kandungan CN di lahan tersebut perlunya penelitian secara terintegrasi antara pemilihan jenis tanaman akumulator dan metode yang efektif, seperti penambahan pupuk, aplikasi kelat atau manipulasi pH media untuk membantu agar kontaminan lebih cepat terserap oleh tanaman akumulator.

Diantara faktor utama yang memiliki pengaruh langsung pada fitoekstraksi adalah spesies tanaman, pH media, kelat dan ketersediaan logam dalam media. Perlakuan pH media memiliki pengaruh besar terhadap fitoekstraksi karena pH berhubungan dengan kelarutan logam berat dan pembentukan kelat di dalam tanah. Selanjutnya pH juga menentukan kapasitas simpan tanah untuk logam berat konsentrasi ion-ion dalam larutan tanah. Perilaku dari unsur-unsur beracun dalam tanah sangat dipengaruhi oleh pH. Seperti ketersediaan seng (Zn) yang menjadi rendah bila pH tanah lebih dari 7,0 karena unsur ini hanya terlarut pada kondisi masam. Sementara Aluminium (Al) meningkat daya larutnya pada kondisi masam (Salt, 2000).

Beberapa penelitian membuktikan bahwa manipulasi pH dan kesuburan tanah dapat meningkatkan akumulasi Zn, Ni, dan Cd pada tanaman (Brown *et al.*, 1995). Kandungan (konsentrasi x total berat kering biomasa) Zn dan Cd pada tanaman yang diberi pupuk organik meningkat 3 – 10 kali dibanding kontrol (Baker *et al.*, 1994; Chaney *et al.*, 1995). Setiap unsur logam memiliki respon yang berbeda terhadap perlakuan pH maupun pupuk (Chaney *et al.*, 1998b).

Penelitian ini bertujuan mempelajari kemampuan akumulasi CN pada *Centrosema pubescens* yang ditanam pada media dengan konsentrasi CN dan tingkat pH yang berbeda untuk tujuan fitoremediasi lahan dan perairan terkontaminasi CN.

Metode Penelitian

Penelitian dilakukan di rumah kaca Bidang Botani, Puslit Biologi-LIPI di komplek Cibinong Science Center, Bogor. Penelitian ini menggunakan tanaman *Centrosema pubescens* dikenal dengan nama sentro. Benih sentro disemai dalam pot plastik berukuran tinggi 17 cm, diameter atas 24 cm dan diameter bawah 18 cm sebanyak 20 biji. Setelah sentro berumur satu minggu dilakukan seleksi tanaman, hanya sepuluh yang diambil untuk penelitian. Media tanam berupa limbah tailing dam berasal dari PT ANTAM Cikotok Banten, dicampur dengan pupuk kandang dengan perbandingan 2:1.

Penelitian terdiri dari 2 tahap perlakuan yakni tingkat konsentrasi pemberian CN dan perlakuan manipulasi pH.

Perlakuan I: Penambahan CN ke media tanam terdiri dari 4 level yakni tanpa CN (kontrol), 10 ppm CN, 20 ppm CN, 30 ppm CN. Sumber CN diperoleh dari KCN.

Perlakuan II: 2 jenis pH media tanam, yakni pH 6-6,5 (netral) dan pH 5.0-5,2 (asam). Untuk menurunkan pH dengan menambahkan 20 ml asam sitrat 1N ke media tanam sesuai perlakuan. Setelah satu bulan umur tanaman dilakukan penambahan CN dan perlakuan pH ke media tanam sesuai perlakuan. Penelitian dirancang secara Acak Kelompok dalam faktorial dengan 7 ulangan. Parameter yang diamati: 1) Umur 1 bulan setelah pemberian CN ke media tanam, dilakukan panen I: penimbangan berat basah dan berat kering tajuk dan akar tumbuhan dan analisis CN dari masing-masing tajuk dan akar tumbuhan. 2) Umur 2 bulan setelah pemberian CN ke media tanam, dilakukan panen ke II: penimbangan berat basah dan berat kering tajuk dan akar tumbuhan, dihitung jumlah bintil akar dan diukur diameter bintil, analisis CN dari masing-masing tajuk dan akar tumbuhan, analisis CN media tanam dari masing-masing perlakuan.

Analisis CN dilakukan secara spektrofotometri di Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian, Laboratorium Pengujian, Cimanggu Bogor Kandungan CN awal media tanam 1,188 ppm

dan kandungan CN awal *Centrosema pubescens* 0,584 ppm.

Hasil dan Pembahasan

Pertumbuhan tanaman

Centrosema pubescens mampu tumbuh di tanah tailing yang ditambahkan CN sampai konsentrasi 30 ppm. Pertumbuhan *Centrosema pubescens* di media ber pH 5 – 5.2 cenderung lebih baik dari pada di media dengan pH 6 – 6.5, pertumbuhan dicerminkan dalam bentuk berat basah tanaman yang terdiri dari tajuk dan akar (Tabel 1).

Data berat basah tajuk pada panen I menunjukkan tanaman yang diberi perlakuan CN 20 ppm (32.650 g) menghasilkan produksi biomasa tajuk paling tinggi, diikuti oleh perlakuan 10 ppm (29.350 g). Kedua tingkat produksi ini berbeda nyata bila dibandingkan dengan berat tajuk pada perlakuan CN 30 ppm dan kontrol (tanpa penambahan CN). Hal ini mengindikasikan bahwa pada panen I ini (satu bulan setelah perlakuan CN), tanaman masih belum banyak terpengaruh oleh CN atau dapat dikatakan bahwa tanaman masih toleran terhadap CN hingga tingkat konsentrasi 20 ppm. Sementara data berat basah akar menunjukkan bahwa produksi akar pada semua perlakuan tidak berbeda nyata, walaupun secara riil produksi berat basah paling tinggi terjadi pada perlakuan CN 10 ppm (Tabel 1).

Tabel 1. Rata-rata Berat Basah Tajuk (BBT), Berat Basah Akar (BBA), Jumlah Bintil, Diameter Bintil *Centrosema pubescens* dengan Berbagai Perlakuan Tingkat Konsentrasi CN dan pH, Panen I dan II.

Perlakuan	Panen I (1 Bulan Setelah Perlakuan)		Panen II (2 Bulan Setelah Perlakuan)			
	BBT	BBA	BBT	BBA	Σ Bintil	Ø Bintil
Konsentrasi CN						
0 ppm	20.833 b	2.933 a	36.59 b	8.05 a	39 a	3.11 a
10 ppm	29.350 a	4.100 a	43.01 a	6.34 a	10.25 b	3.22 a
20 ppm	32.650 a	3.867 a	34.74 b	6.56 a	26.75 ab	2.98 a
30 ppm	24.060 b	3.440 a	38.93 ab	4.41 a	11.43 b	3.12 a
pH						
Netral	26.275 a	3.183 a	36.75 a	7.83 a	24.19 a	3.14 a
Asam	27.455 a	4.104 a	39.96 a	4.88 a	20.07 a	3.07 a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom dan baris yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5% dengan uji Duncan.

Data hasil panen II memperlihatkan peningkatan berat basah tajuk pada semua perlakuan CN dan kontrol dibandingkan panen I. Pada perlakuan CN 10 ppm, meningkat dari 29,35 g (panen I) menjadi 43,01 g (panen II), nilai ini berbeda nyata dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Produksi tajuk pada panen II paling tinggi terjadi pada perlakuan CN 10 ppm, berbeda dengan panen I yang terjadi pada perlakuan CN 20 ppm (Tabel 1). Walaupun termasuk normal bila dengan bertambahnya umur tanaman produksi biomasa meningkat, tetapi pada kasus keracunan CN atau logam berat biasanya terjadi sebaliknya, yaitu tanaman akan menunjukkan gejala keracunan dan diikuti kematian, kecuali dua hal yaitu apabila tanaman cukup toleran sehingga dengan tingkat kontaminasi yang diberikan tanaman masih dapat tumbuh normal. Pada panen II didapati berat basah tajuk menurun dengan perlakuan konsentrasi CN tinggi, sedangkan pada panen I terjadi sebaliknya. Hal ini terjadi kemungkinan karena pada panen I efek keracunan CN baru mulai terjadi sehingga belum banyak berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman sedangkan pada panen II keracunan CN telah berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman.

Berat basah akar pada panen II mengalami penambahan cukup tinggi dibandingkan panen I. Penambahan ini mencapai empat kali pada kontrol dan dua kali pada perlakuan 20 ppm CN. Berat basah akar pada semua perlakuan tidak beda nyata secara statistik, tetapi secara riil produksi tertinggi terjadi pada kontrol, berbeda dengan data panen I produksi tertinggi terjadi pada perlakuan CN 10 ppm (Tabel 1).

Perlakuan pH 5 dan 6 terbukti secara statistik tidak berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan tanaman, walaupun secara riil ada indikasi perbedaan produksi biomasa (tajuk dan akar). Pertumbuhan *Centrosema pubescens* pada pH 5 cenderung lebih baik dari pada pH 6 pada panen I dan II walaupun tidak berbeda nyata secara statistik.

Jumlah bintil berbeda nyata antara kontrol dan perlakuan CN. Jumlah bintil paling tinggi terjadi pada tanaman kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa CN dalam media tanam menghambat pertumbuhan bintil akar.

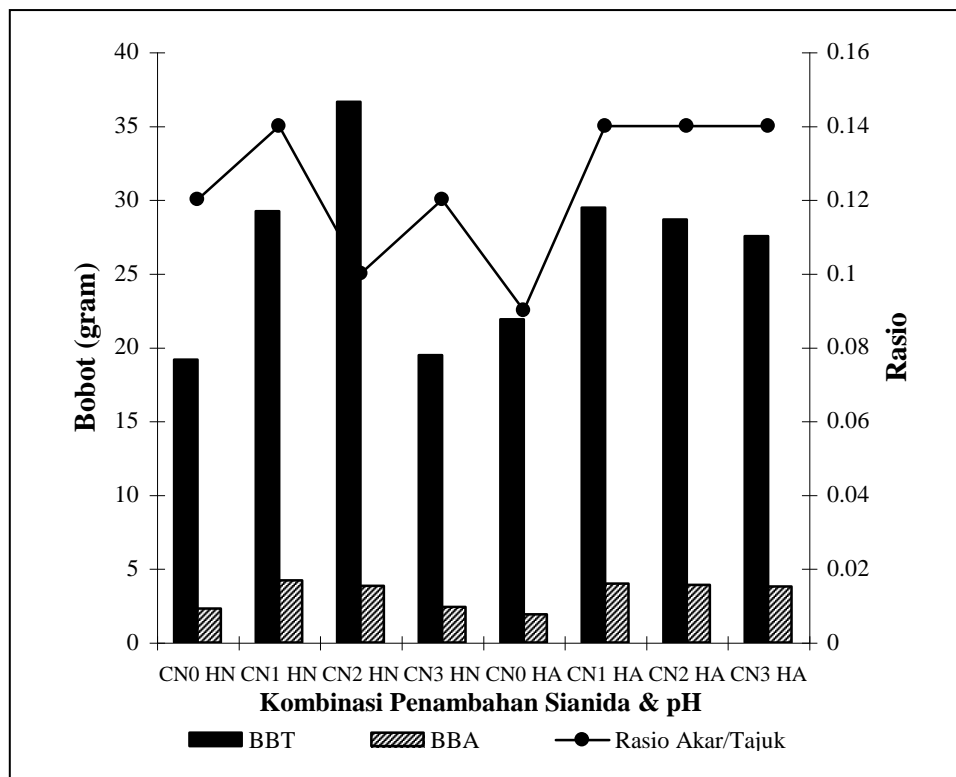
Diameter bintil sesama perlakuan tidak beda nyata. Jumlah bintil akar pada kedua tingkat pH juga tidak beda nyata, walaupun ada kecenderungan lebih baik pada media pH 6.

Pada panen I indeks akar/tajuk paling tinggi terjadi pada perlakuan pH 6 dan CN 10 ppm dan terendah pada CN 20 ppm. Pada pH 6, pada tingkat konsentrasi CN yang lebih tinggi indeks akar/tajuk menurun. Pada pH 5 terjadi hal sebaliknya (Gambar 1).

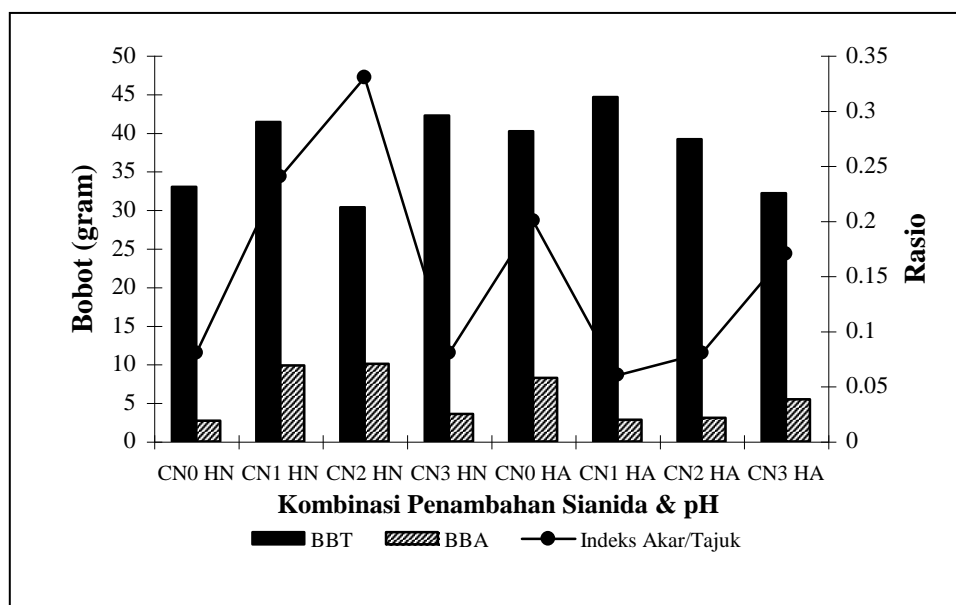
Pada panen II indeks akar/tajuk pada perlakuan CN mengalami penurunan sampai perlakuan CN 20 ppm, dan meningkat pada perlakuan 30 CN ppm. Hal ini menunjukkan bahwa pertumbuhan tajuk *Centrosema pubescens* lebih dipengaruhi oleh CN dibandingkan pertumbuhan akarnya (Gambar 2).

Serapan CN

Data serapan CN dari panen I menunjukkan bahwa akumulasi CN lebih tinggi pada tajuk tanaman yakni mencapai 3,564 ppm (pada pH 6, CN 10 ppm), diikuti perlakuan pH 5, CN 30 ppm sebesar 3,168 ppm. Pada pH 6, akumulasi CN pada tajuk meningkat hingga pada tingkat konsentrasi CN 10 ppm. Pada pH 5 akumulasi CN pada tajuk meningkat dengan meningkatnya konsentrasi CN hingga tingkat konsentrasi 30 ppm. Hal yang sama juga terjadi pada serapan CN pada akar. Pada pH 6 akumulasi CN pada akar paling tinggi terjadi pada perlakuan CN 10 ppm, yakni 3,168 ppm. Sementara pada pH 5 akumulasi CN pada akar meningkat hingga pada perlakuan CN 30 ppm (Tabel 2). Hal ini sesuai dengan hasil temuan Syarif *et al.*, (2007) bahwa, *Centrosema pubescens* pada umur dan kondisi yang sama merupakan tumbuhan yang toleran terhadap CN dibandingkan *Calopogonium mucunoides* dan *Cajanus cajan*, dan mampu mengakumulasi CN pada tajuknya hingga 3.29 mg/l.



Gambar 1. Bobot Basah Tajuk (BBT), Berat Basah Akar (BBA), Indeks Akar/Tajuk *Centrosema pubescens* dengan Berbagai Perlakuan Tingkat Konsentrasi CN dan Jenis pH, Panen I.



Gambar 2. Bobot Basah Tajuk (BBT), Berat Basah Akar (BBA), Indeks Akar/Tajuk *Centrosema pubescens* dengan Berbagai Perlakuan Tingkat Konsentrasi CN dan Jenis pH, Panen II.

Keterangan: CN0: tanpa penambahan CN, CN1: 10 ppm, CN2: 20 ppm, CN3: 30 ppm, HN: pH Netral, HA: pH Asam.

Data dari panen II menunjukkan bahwa akumulasi CN total secara keseluruhan perlakuan lebih rendah dibandingkan panen I, yakni hingga < 0.01 . Pada perlakuan CN 10 ppm dengan pH 6 penurunannya mencapai sepuluh kali dibandingkan panen I. Pengurangan CN dalam tanaman ini sesuai dengan temuan bahwa di dalam tanaman terjadi metabolisme CN yang toksik menjadi asam amino yang tidak toksik (Larsen, 2005). Temuan tersebut menyatakan bahwa semua tanaman berpembuluh terbukti memiliki enzim yang dapat mendetoksifikasi CN dengan cara mengkonversinya ke asam amino asparagin (Larsen, 2005; Yu *et al.*, 2005a; 2005b). Tanaman yang dikenal sebagai akumulator CN adalah *Salix viminalis* yang memiliki laju *removal* untuk daun dan akar masing-masing sebesar 9,5 dan 7 mg kg⁻¹h⁻¹CN. Adanya metabolisme CN dalam tanaman diindikasikan oleh hilangnya CN dari sistem media-tanaman 50%-80% (Larsen, 2005).

Total kandungan CN panen I di kedua media meningkat dibandingkan kandungan CN awal *Centrosema pubescens* yakni 0,584 ppm, pada panen II terjadi penurunan yang sangat banyak berkisar 2 – 20 kali dan juga ada < 0.01 ppm pada perlakuan 30 ppm CN menunjukkan serapan CN juga ditentukan dari umur tumbuhan, membuktikan bahwa serapan CN pada *Centrosema pubescens* lebih efektif satu bulan setelah perlakuan (umur tanaman dua bulan), akumulasi CN di tajuk lebih tinggi waktu umur dua bulan daripada umur tiga bulan. Hal yang sama juga terjadi di media pH asam, walaupun serapan CN di tajuk mengalami peningkatan tetapi total konsentrasi serapannya menurun dibandingkan pada panen I.

Rasio konsentrasi tajuk/akar di media pH netral pada panen I yang tertinggi pada kontrol yakni 1,67 diikuti perlakuan 10 ppm CN yakni 1,13. Tingginya rasio konsentrasi karena serapan CN di tajuk lebih tinggi dari pada resapan di akar. Membuktikan *Centrosema pubescens* respons terhadap akumulasi CN pada umur satu bulan setelah penambahan CN ke media tumbuh. Rasio konsentrasi tajuk/akar semakin kecil dengan semakin tingginya konsentrasi CN yang diberikan. Brown *et al.*, (1995) melaporkan salah satu karakter

tumbuhan akumulator apabila laju translokasi logam dari akar ke tajuk lebih tinggi dari pada akar.

Pada pH 5 serapan CN tertinggi pada perlakuan 30 ppm CN yakni 3.168 ppm, memperlihatkan semakin tinggi konsentrasi CN yang diberikan maka semakin tinggi serapan CN di tajuk. Hal ini menunjukkan bahwa *Centrosema pubescens* memiliki karakter sebagai tumbuhan hiperakumulator untuk CN.

Kandungan CN di media setelah panen II (umur 3 bulan) tidak bisa dideteksi sangat kecil sekali (< 0.01 ppm) untuk semua perlakuan kecuali pada pemberian 30 ppm CN di media pH asam yakni 0,396 ppm. Terjadi penurunan kandungan CN di media cukup banyak bila dibandingkan dengan waktu awal yakni 1,188 ppm dan media yang diberi perlakuan CN 10, 20 dan 30 ppm. Temuan ini menunjukkan bahwa *Centrosema pubescens* cukup efektif dalam menurunkan kandungan pencemar CN karena terbukti setelah dua kali panen kandungan CN pada media tanam menurun secara signifikan hingga mencapai tingkat yang sangat rendah (tidak terdeteksi).

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Tanaman *Centrosema pubescens* mampu tumbuh dan memproduksi biomasa pada kondisi media terkontaminasi CN hingga tingkat konsentrasi 30 ppm. Hal ini ditunjukkan oleh pertumbuhan yang dicerminkan oleh produksi biomasa (tajuk dan akar) dan produksi bintil akar yang tidak berbeda nyata antara perlakuan dan kontrol. Disamping itu *Centrosema pubescens* juga menunjukkan kemampuan dalam mengakumulasi CN baik pada tajuk maupun pada akar yang cukup tinggi dengan rasio konsentrasi pada tajuk/akar lebih dari satu. Dimana kenyataan ini mengindikasikan bahwa tanaman ini memiliki karakteristik sebagai tanaman akumulator CN.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai jenis-jenis tumbuhan yang telah terbukti memiliki prospek dalam

membersihkan pencemar dalam tanah dan air termasuk tumbuhan *Centrosema pubescens*.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kami sampaikan kepada PT Aneka Tambang, Cikotok Kabupaten Lebak Propinsi Banten dan PT Aneka Tambang, Pongkor Kabupaten Bogor Jawa Barat yang telah memberi kami fasilitas sewaktu di lapangan.

Daftar Pustaka

- Baker, A.J.M., Reeves, R.D. and Hajar, A.S.M. 1994. Heavy Metal Accumulation and Tolerance in British Populations of The Metallophyte *Thlaspi caerulescens* J. & C. Presl (Brassicaceae). *New Phytol* 127: 61-68.
- Banks, M.K. and Mannering, F. 2006. Phytoremediation of Cyanide Contaminated Soils. <http://www.hsrrc.org/mw-cyanide.html>. 09/30/2006.
- Brown, S.L., Chaney, R.L., Angle, J.S. and Baker, A.J.M. 1995. Zinc and Cadmium Uptake by Hyperaccumulator *Thlaspi Caerulescens* Grown in Nutrient Solution. *Soil Sci.Soc.Am.J* 59:125-133.
- Chaney, R.L., Brown, S.L., Li, Y.M., Angle, J.S., Homer, F. and Green, C. 1995. Potential Use of Metal Hyperaccumulators. *Mining Environ Management* 3 (3): 9-11.
- Chaney, R.L., Li, Y.M., Angle, J.S., Baker, A.J.M., Reeves, R.D., Brown, S.L., Homer, F.A., Malik, M. and Chin, M. 1998b. Improving Metal Hyperaccumulators Wild Plants to Develop Commercial Phytoextraction System: Approaches and Progress. In: *Proc Symp Phytoremediation, Inc Conf Biochemistry of Trace Elements* Berkeley, CA. In Press. 23-26 Juni 1997.
- Hidayati, N., Syarif, F. dan Juhaeti, T. 2006a. Potensi *Centrosema pubescens*, *Calopogonium mucunoides* dan *Mikania cordata* dalam Membersihkan Logam Kontaminan pada Limbah Penambangan Emas. *Biodeversitas. J. of Biological Diversity* 7: 4-6.
- Hidayati, N., Juhaeti, T. and Syarif, F. 2006b. Mercury and Cyanide Contamination in Aquatic Environments Around Two Gold Mine Areas and Possible Solution of Using Green Technology of Phytoremediation. *International JSPS Seminar*. Bogor.
- Juhaeti, T., Syarif, F. dan Hidayati, N. 2006. Potensi Tumbuhan Liar Dari Lokasi Penampungan Limbah Tailing PT.ANTAM Cikotok Untuk Fitoremediasi Lahan Tercemar Sianida. *J. Teknologi Lingkungan*. Edisi khusus” Hari Lingkungan Pengembangan Sumberdaya Alam Badan Pengkajian Dan Penerapan Teknologi. 191-197.
- Larsen, M. 2005. Plant Uptake of Cyanide. Ph.D. *Thesis*. Institute of Environment and Resources. Technical University of Denmark. 37p.
- Salt, D.E. 2000. Phytoextraction: Present Applications and Future Promise. In: Wise, D.L., Trantolo, D.J., Cichon, E.J., Inyang, H.I. and Stottmeister, U. *Bioremediation of Contaminated Soils* Marcek Dekker Inc. New York Basell. Pp. 729-743.
- Sambas, E.N., Juhaeti, T., Syarif, F., Hidayati, N. dan Komarudin, E. 2005. Komposisi Jenis Tumbuhan Bawah di Tailing Penambangan Emas Cikotok. *Laporan Tehnik*. Pusat Penelitian Biologi-LIPI.
- Syarif, F., Hidayati, N. dan Juhaeti, T. 2007. Potensi Hipertoleransi *Calopogonium mucunoides* Desv, *Centrosema pubescens* Benth dan *Cajanus cajan* (L.) Millsp yang Tumbuh pada Limbah Penambnagan Emas Terkontaminasi Sianida dan Merkuri. *J. Biologi Indonesia*. IV (4): 239-247.
- Yu, X., Zhou, P., Zhou, X. and Liu, Y. 2005a. Cyanide Removal by Chinese Vegetation-Quantification of The Michaelis-Menten Kinetics. *Environ.Sci.Pollut.Res.Int.* 12 (4): 221-226.
- Yu, X., Trapp, S. and Zhou, P. 2005b. Phytotoxicity of Cyanide to Weeping Willow Trees. *Sci. J.Com*.<http://dx.doi.org/10.1065/espr2005.02.237.03/07/2006>.