

**FITOREMEDIASI LINGKUNGAN PERAIRAN TAWAR :
PENYERAPAN RADIOSESIUM OLEH KIAMBANG (*Salvinia molesta*)**

Poppy Intan Tjahaja, Suhulman, Putu Sukmabuana, Ruchija
Pusat Teknologi Nuklir Bahan dan Radiometri, BATAN
e-mail : pop_2411@yahoo.co.id

ABSTRAK

FITOREMEDIASI LINGKUNGAN PERAIRAN TAWAR : PENYERAPAN RADIOSESIUM OLEH KIAMBANG (*Salvinia molesta*). Fitoremediasi lingkungan perairan tawar yang terkontaminasi dengan radioesesium telah dilakukan dengan cara mempelajari penyerapan ^{134}Cs oleh tanaman perairan. Tanaman perairan yang diteliti adalah kiambang (*Salvinia molesta*), sebelumnya telah diteliti tanaman eceng gondok (*Eichornia crassipes*). Sistem perairan tawar buatan, berupa bak *stainless steel* berisi 400 L air tawar, dikontaminasi dengan ^{134}Cs sebanyak 0,2 mL dengan aktivitas $4,84 \times 10^9$ Bq/mL. Ke dalam bak tersebut dimasukkan sejumlah tanaman kiambang dan dipelihara selama 40 hari. Sebagai kontrol dilakukan pula pemeliharaan kiambang dalam bak yang tidak dikontaminasi. Setiap lima hari sekali tanaman kiambang, baik yang dipelihara dalam bak yang dikontaminasi maupun di bak kontrol, diambil sebanyak 3 tanaman (individu) untuk diukur konsentrasi ^{134}Cs yang diserapnya. Bersamaan dengan pengambilan sampel kiambang dilakukan juga pengambilan sampel air sebanyak 25 mL untuk diukur konsentrasi ^{134}Cs -nya. Sampel kiambang dipisahkan menjadi bagian akar dan non akar (batang beserta daun), kemudian dikeringkan dengan lampu IR. Sampel yang telah dikeringkan dimasukkan ke dalam vial plastik dan didestruksi dengan cara menambahkan HCl 5M sampai volumenya mencapai 100 mL. Sampel kiambang dan air masing-masing diukur dengan *multi channel analyser* (MCA) dengan detektor HPGe selama 180 detik. Dari penelitian ini diketahui bahwa tanaman air kiambang dapat menyerap dan mengakumulasi radioesesium dari air tempatnya tumbuh. Kemampuan tanaman mengakumulasi radioesesium dinyatakan sebagai faktor transfer, yang merupakan rasio konsentrasi ^{134}Cs dalam tanaman terhadap konsentrasinya dalam air. Nilai faktor transfer yang diperoleh dari penelitian ini cukup besar, yaitu 5,9 mL/g, dengan koefisien laju transfer sebesar $3,08 \times 10^{-7}$ /hari dan $1,97 \times 10^{-7}$ /hari masing-masing untuk $0 < t < 25$ dan $29 < t < 40$. Tanaman kiambang dapat dipertimbangkan untuk digunakan sebagai fitoremediator atau depolutan radioesesium di lingkungan perairan tawar, walaupun kurang ekonomis.

Kata kunci : fitoremediasi, radioesesium, perairan tawar, kiambang (*Salvinia molesta*)

ABSTRACT

**PHYTOREMEDIATION OF FRESHWATER ENVIRONMENT:
RADIOCAESIUM UPTAKE BY KIAMBANG (*Salvinia molesta*).** Phytoremediation of freshwater environment contaminated with radiocaesium has been conducted. The

dapat masuk ke rantai makanan melalui media udara, air, dan tanah. Pada saat terjadi kecelakaan radiosesium akan terlepas ke udara dan pada akhirnya dapat mencapai permukaan tanah. Radiosesium di dalam tanah dapat diserap oleh akar tanaman dan masuk ke dalam tubuh tanaman sampai akhirnya dapat masuk ke dalam tubuh manusia apabila manusia mengkonsumsi makanan yang tercemar radiosesium. Demikian pula apabila radiosesium mencapai sistem perairan, pada akhirnya dapat pula mengkontaminasi tubuh manusia melalui produk makanan yang berasal dari perairan yang tercemar tersebut.

Pemulihan lingkungan akibat adanya pencemaran lingkungan oleh radiosesium dapat dilakukan dengan cara yang ekonomis dan ramah lingkungan. Teknik yang banyak dikembangkan saat ini salah satunya adalah teknik atau metode fitoremediasi yang artinya pemulihan kontaminasi lingkungan dengan menggunakan tanaman [1], [2]. Beberapa jenis tanaman telah diselidiki di beberapa negara beriklim sedang untuk mengetahui kemampuannya dalam menyerap radionuklida jenis tertentu. Berdasarkan kemampuan tanaman dalam menyerap dan mengakumulasi radionuklida dapat ditentukan apakah suatu jenis tanaman dapat dipertimbangkan untuk digunakan dalam fitoremediasi lingkungan.

Pada saat terjadi kecelakaan reaktor nuklir besar kemungkinan terjadi cemaran radiosesium ke lingkungan baik melalui udara, sistem terestrial, maupun sistem perairan. Radiosesium yang terlepas ke udara maupun ke sistem terestrial, pada akhirnya dapat masuk ke sistem perairan, melalui terjadinya hujan. Dengan menggunakan teknik atau metode fitoremediasi, diharapkan radionuklida pencemar dapat diakumulasi oleh tanaman.

Kiambang (*Salvinia molesta*) merupakan salah satu tumbuhan yang hidupnya mengapung pada permukaan air. Tanaman ini dapat hidup di daerah tropis, sub tropis dan daerah yang bertemperatur hangat di seluruh dunia. Biasanya tanaman ini banyak dijumpai di sawah, sungai, dan saluran air. Pada penelitian ini akan diuji kemampuan tanaman kiambang dalam menyerap radiosesium yang mencemari sistem perairan. Sebelumnya pernah dilakukan penelitian dengan menggunakan tanaman eceng gondok (*Eichornia crassipes*) yang hasilnya memperlihatkan bahwa tanaman eceng

kemudian dikeringkan dengan lampu *infra red* sampai diperoleh berat konstan (lebih kurang 24 jam), kemudian dimasukkan ke dalam kantong plastik dan selanjutnya aktivitas ^{134}Cs diukur menggunakan spektrometer gamma dengan detektor HPGe selama 180 detik. Setiap kali pengambilan sampel tanaman disertai pula dengan pengambilan sampel air baik dari bak penelitian maupun dari bak kontrol sebanyak 25 mL, kemudian dicacah dengan spektrometer gamma selama 180 detik.

Selama penelitian kualitas air dikontrol dengan menjaga ketinggian air tetap konstan dan derajat keasaman dijaga agar tidak melewati kisaran pH 5-7.

Akumulasi ^{134}Cs dalam tanaman kiambang dinyatakan sebagai faktor transfer yang ditentukan dengan cara membandingkan konsentrasi ^{134}Cs dalam tanaman dengan konsentrasinya dalam air.

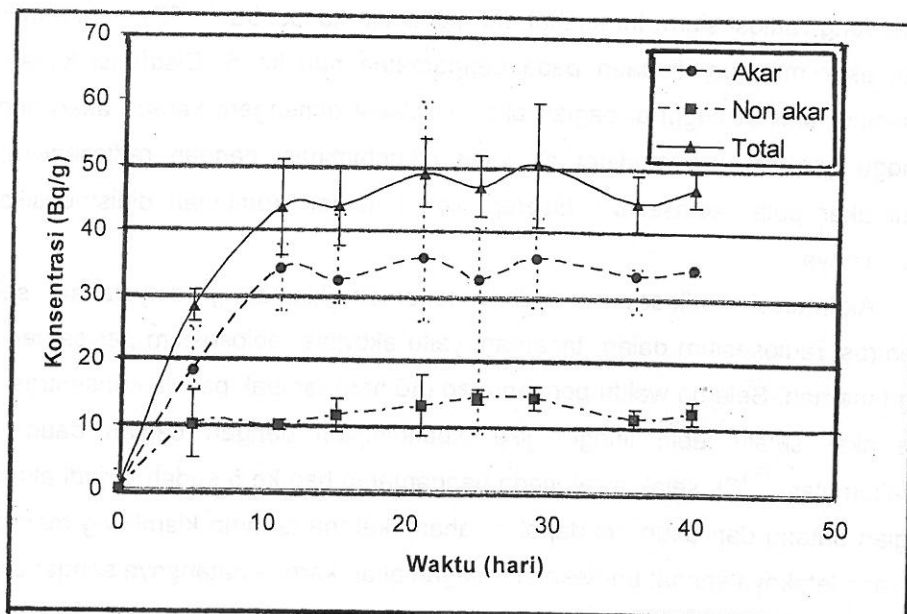
HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis sampel air

Air yang digunakan sebagai media tumbuh tanaman kiambang merupakan campuran air dari PDAM dengan air alam yang diambil dari kolam di lingkungan PTNBR. Hal ini dimaksudkan agar tanaman berada pada kondisi lingkungan alam, sehingga dapat dengan mudah beradaptasi dengan lingkungan hidupnya yang baru. Air kolam sebelum digunakan dianalisis kandungan bahan radioaktifnya dengan menggunakan *multi channel analysers* (MCA) dan hasilnya menunjukkan tidak adanya radiosesium dan bahan radioaktif pemancar gamma lainnya dalam medium air yang digunakan.

Selama penelitian, kandungan ^{134}Cs dalam air diukur setiap lima hari sekali sesuai dengan pengambilan sampel kiambang. Hasil pengukuran konsentrasi ^{134}Cs dalam air menunjukkan adanya kecenderungan penurunan konsentrasi dari 9,68 Bq/mL pada awal penelitian menjadi tinggal 7,84 Bq/mL pada akhir penelitian atau pada hari ke 40 (Gambar 1). Penurunan konsentrasi ^{134}Cs dalam air dapat dianggap akibat adanya penyerapan ^{134}Cs oleh tanaman kiambang selain akibat peluruhan fisik dari ^{134}Cs . Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa berdasarkan perhitungan penurunan

1,819 Bq/g. Setelah hari ke 30 terlihat konsentrasi ^{134}Cs dalam tanaman mulai menurun, pada hari ke 35 konsentrasinya menjadi $33,418 \pm 5,937$ Bq/g dan $11,134 \pm 1,571$ Bq/g masing-masing untuk bagian akar dan batang beserta daun. Pada hari ke 40 konsentrasi ^{134}Cs dalam akar sedikit meningkat, tetapi masih lebih rendah dibandingkan dengan konsentrasinya pada hari ke 30, yaitu $34,466 \pm 0,896$ Bq/g dan $12,273 \pm 1,752$ Bq/g masing-masing untuk bagian akar dan non akar.



Gambar 2. Distribusi konsentrasi ^{134}Cs dalam tanaman kiambang sebagai fungsi waktu.

Secara keseluruhan konsentrasi ^{134}Cs dalam akar relatif lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasinya dalam batang beserta daunnya, tetapi pola penyerapannya serupa. Pada tanaman eceng gondok penyerapan terjadi lebih cepat dibandingkan dengan tanaman kiambang dan akumulasi ^{134}Cs terjadi pada bagian non akar (batang dan daun) [2]. Hal ini dapat dipahami karena tanaman kiambang mempunyai struktur daun yang berbulu (seperti beludru) sehingga penguapan dari permukaan daun relatif kecil yang mengakibatkan penyerapan air juga lebih sedikit bila

sel tanaman, cesium mengalami metabolisme seperti kalium yang banyak berperan sebagai biokatalisator dalam proses fotosintesis tanaman di daun.

Faktor transfer

Untuk mengetahui besarnya akumulasi radiosesium dalam tanaman kiambang dihitung nilai faktor transfer radiosesium dari air ke dalam tanaman. Nilai faktor transfer adalah rasio konsentrasi radionuklida dalam tanaman dibandingkan dengan konsentrasinya dalam air, medium tempatnya tumbuh. Nilai faktor transfer dihitung untuk setiap kali waktu pengamatan untuk mengetahui kapan proses akumulasi paling maksimum (Tabel 1).

Dari nilai faktor transfer yang dihitung pada hari pengamatan 0 sampai 40 hari terlihat bahwa nilai terbesar adalah pada hari ke 25 (5,87 mL/g). Dengan nilai faktor transfer sebesar 5,87 mL/g pada hari ke 25 dapat dikatakan bahwa tanaman kiambang mampu menyerap dan mengakumulasi radiosesium dalam tubuhnya.

Penelitian penyerapan radiosesium oleh tanaman air belum banyak dilakukan. *Internatioanl Atomic Energy Agency* (IAEA) melaporkan nilai faktor transfer dari air ke tanaman padi sebesar 20 mL/g [8].

Tabel 1 . Nilai faktor transfer ^{134}Cs dari air ke tanaman kiambang

Waktu (hari)	Konsentrasi ^{134}Cs dalam air (Bq/mL)	Konsentrasi ^{134}Cs dalam tanaman (Bq/g)	Nilai Faktor Transfer (mL/g)
0	9,68	0	0
5	7,13	28,32	3,97
11	11,29	43,60	3,86
15	8,66	43,77	5,05
20	9,13	48,94	5,36
25	7,99	46,88	5,87
30	8,76	50,34	5,75
35	7,61	44,56	5,85
40	7,84	45,74	5,83

Perhitungan koefisien laju transfer dilakukan dengan persamaan berikut:

$$K_{12} = \frac{\sum \left[\left(\ln \frac{A_{1(0)}}{A_1} \right) - \left(\ln \frac{A_{1(0)}}{A_1} \right)_{rata-rata} \right] X [t - t_{rata-rata}]}{[t - t_{rata-rata}]^2} - \lambda \quad (1)$$

$$K_{12} = \frac{\ln \frac{A_{1(0)}}{A_1}}{t} - \lambda \quad (2)$$

K_{12} = Koefisien laju transfer

$A_{1(0)}$ = Aktivitas ^{134}Cs dalam air pada saat $t = 0$

A_1 = Aktivitas ^{134}Cs dalam air pada saat t

λ = koefisien peluruhan

t = waktu (hari)

Nilai K_{12} tahap pertama dihitung untuk hari ke 0 sampai hari ke 25 di mana pada hari ke 25 nilai faktor transfer mencapai nilai maksimum, sedang untuk tahap kedua dihitung untuk hari ke 29 sampai hari ke 40. Dari hasil perhitungan diperoleh nilai K_{12} untuk tahap pertama yaitu dari $0 < t < 25$ sebesar $3,077 \times 10^{-7}$ /hari, sedang untuk $29 < t < 40$ adalah sebesar $1,965 \times 10^{-7}$ /hari.

Tabel 1. Data untuk perhitungan K_{12} pada $0 < t < 25$ hari

Waktu (hari)	A_1 (Bq)	$\ln(A_{1(0)} - A_1)$	$\left(\ln \frac{A_{1(0)}}{A_1} \right) - \left(\ln \frac{A_{1(0)}}{A_1} \right)_{rata-rata}$	$t - t_{rata-rata}$
0	968,00	0	0,012	12,8
5	963,52	0,005	0,007	7,8
11	958,19	0,010	0,002	1,8
15	954,65	0,014	0,002	2,2
21	949,36	0,019	0,007	8,2
25	945,85	0,023	0,011	12,2

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada saudari Rina Ristianne, mahasiswa Jurusan Teknik Lingkungan, ITB, yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan penelitian ini, dan Bapak Widanda yang telah membantu dalam pengelolaan limbah radioaktif hasil dari kegiatan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. UNITED STATES ENVIRONMENT PROTECTION AGENCY (US EPA), A Citizen Guide to Phytoremediation, US EPA, 1998.
2. HELD, T. and DORR, M., in situ remediation, in "Biotechnology", 2nd ed., Wiley-vch company, Weinheim, 2000. 349-370.
3. TJAHAJA, P. I., SUHULMAN, SUKMABUANA, P., dan RUCHIJAT, Studi awal fitoremediasi lingkungan perairan tawar: penyerapan radiosesium oleh tanaman eceng gondok (*Eichornia crassipes*), Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir, P3TM, BATAN, Yogyakarta, 2003, 116-122.
4. FUJIMOTO, K., Transfer of radionuclides from air, soil, and freshwater to the foodchain of man in tropical and subtropical environment, "General Protocol for Transfer Measurement", IAEA, Vienna, 1993
5. SUMARNI, L., "Kemampuan Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) dan Kyambang dalam Mengubah Sifat Fisiko-Kimia Air Limbah Industri Tekstil dan Kertas", Tesis Magister Jurusan Biologi, FMIPA, ITB, Bandung, 2000.
6. SALISBURY, B., "Fisiologi Tumbuhan", Penerbit ITB, Bandung, 1992.
7. BOWEN, H. J. M., "Environmental Chemistry of Elements", Academic Press, London, 1979.