

PENENTUAN FAKTOR TRANSFER DAN GROWTH VALUE ^{134}Cs DAN ^{60}Co PADA TANAMAN BUNGA MATAHARI (*Helianthus annuus L.*) DENGAN CARA HIDROPONIK UNTUK KAJIAN AWAL FITOREMEDIASI

Mohammad Afif Rachmatulloh⁽¹⁾, Evi Setiawati⁽¹⁾, dan Poppy Intan Tjahaja⁽²⁾

⁽¹⁾Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang

⁽²⁾Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan, Badan Tenaga Nuklir Nasional, Bandung

Email: timewalker55@yahoo.com

ABSTRACT

Research of determining transfer factor and growth value of ^{134}Cs and ^{60}Co on sunflower plants (*Helianthus annuus L.*) by means of hydroponics has been carried out, to obtain value of the transfer factor on sunflower plant against ^{134}Cs and ^{60}Co in hydroponic media. This research was conducted by growing sunflower plants on soil media until the age of 50 days and then transferred into a plastic gutter containing ^{134}Cs and ^{60}Co for 30 days. Number of ^{134}Cs and ^{60}Co absorbed and accumulated by the plant parts, namely the roots, stems, and leaves were observed by measuring the activity of ^{134}Cs and ^{60}Co in parts of the plant using a gamma spectrometer. The value of the transfer factor is determined by comparing the concentration of ^{134}Cs and ^{60}Co which accumulated by the plants against concentration in hydroponic media. From this research, the highest growth value is 2,49 for active plant on the 30th day and 4.33 for the control plants on the 25th day. The highest transfer factor value is 261.39 ml / g for ^{134}Cs on the 25th day and 5.94 ml / g for ^{60}Co on the 25th day. The value of the transfer factor which is more than 1 ml / g indicates that the sunflower plant is a plant that has the ability to accumulate radionuclides ^{134}Cs and ^{60}Co .

Keywords: Sunflower Plant, Transfer Factor, ^{134}Cs , ^{60}Co , Phytoremediation, Growth Value

ABSTRAK

Penelitian penentuan faktor transfer dan growth value ^{134}Cs dan ^{60}Co tanaman bunga matahari (*Helianthus annuus L.*) dengan cara hidroponik telah dilakukan, dengan tujuan untuk mengetahui nilai faktor transfer pada tanaman bunga matahari terhadap ^{134}Cs dan ^{60}Co di media hidroponik. Penelitian dilakukan dengan menumbuhkan tanaman bunga matahari pada media tanah sampai berumur 50 hari lalu dipindahkan ke dalam paralon yang mengandung ^{134}Cs dan ^{60}Co selama 30 hari. Banyaknya ^{134}Cs dan ^{60}Co yang diserap dan diakumulasi oleh bagian tanaman, yaitu akar, batang, dan daun diamati dengan cara mengukur aktivitas ^{134}Cs dan ^{60}Co dalam bagian tanaman menggunakan spektrometer gamma, sedangkan untuk mendapat nilai growth value didapat dari hasil penimbangan massa basah tanaman sebelum dan setelah penelitian. Nilai faktor transfer ditentukan dengan cara membandingkan konsentrasi ^{134}Cs dan ^{60}Co yang diakumulasi oleh tanaman terhadap konsentrasinya dalam media hidroponik. Dari penelitian ini diperoleh nilai growth value tertinggi adalah 2,49 untuk tanaman aktif pada hari ke-30 dan 4,33 untuk tanaman kontrol pada hari ke-25. Faktor transfer tertinggi adalah 261,39 ml/gr untuk ^{134}Cs pada hari ke-25 dan 5,94 ml/gr untuk ^{60}Co pada hari ke-25. Besarnya nilai faktor transfer yang lebih dari 1 ml/gr mengindikasikan bahwa tanaman bunga matahari merupakan tanaman yang mempunyai kemampuan mengakumulasi radionuklida ^{134}Cs dan ^{60}Co .

Kata Kunci: Tanaman Bunga Matahari, Faktor Transfer, ^{134}Cs , ^{60}Co , Fitoremediasi, Growth Value

PENDAHULUAN

Penelitian penentuan faktor transfer dan growth value ^{134}Cs dan ^{60}Co tanaman bunga matahari (*Helianthus annuus L.*) dengan cara hidroponik telah dilakukan, dengan tujuan untuk mengetahui nilai faktor transfer pada tanaman bunga matahari terhadap ^{134}Cs dan ^{60}Co di media hidroponik. Penelitian dilakukan dengan menumbuhkan tanaman bunga matahari pada media tanah sampai berumur 50 hari lalu dipindahkan ke dalam paralon yang mengandung

^{134}Cs dan ^{60}Co selama 30 hari. Banyaknya ^{134}Cs dan ^{60}Co yang diserap dan diakumulasi oleh bagian tanaman, yaitu akar, batang, dan daun diamati dengan cara mengukur aktivitas ^{134}Cs dan ^{60}Co dalam bagian tanaman menggunakan spektrometer gamma, sedangkan untuk mendapat nilai growth value didapat dari hasil penimbangan massa basah tanaman sebelum dan setelah penelitian. Nilai faktor transfer ditentukan dengan cara membandingkan konsentrasi ^{134}Cs

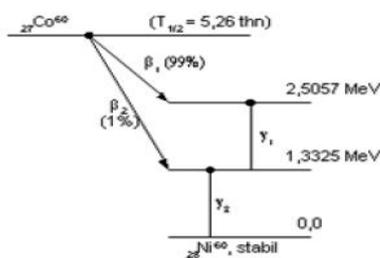
dan ^{60}Co yang diakumulasi oleh tanaman terhadap konsentrasinya dalam media hidroponik. Dari penelitian ini diperoleh nilai *growth value* tertinggi adalah 2,49 untuk tanaman aktif pada hari ke-30 dan 4,33 untuk tanaman kontrol pada hari ke-25. Faktor transfer tertinggi adalah 261,39 ml/gr untuk ^{134}Cs pada hari ke-25 dan 5,94 ml/gr untuk ^{60}Co pada hari ke-25. Besarnya nilai faktor transfer yang lebih dari 1 ml/gr mengindikasikan bahwa tanaman bunga matahari merupakan tanaman yang mempunyai kemampuan mengakumulasi radionuklida ^{134}Cs dan ^{60}Co .

Dalam penelitian ini akan ditentukan kemampuan tanaman bunga matahari (*Helianthus annuus L.*) untuk mengakumulasi ^{134}Cs dan ^{60}Co dengan teknik hidroponik, nilai faktor transfer, dan *growth value*nya dengan rentang waktu sesaat, 1 jam, 2 jam, 4 jam, 6 jam, 8 jam, 24 jam, 5 hari, 6 hari, 10 hari, 15 hari, 20 hari, 25 hari, dan 30 hari.

DASAR TEORI

Isotop Cobalt-60 (^{60}Co)

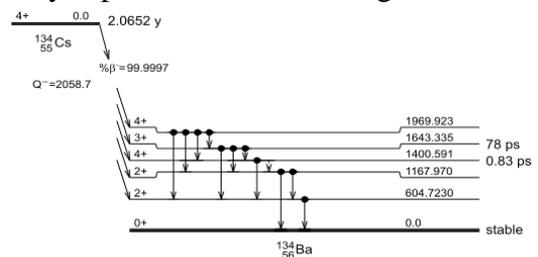
Cobalt-60 merupakan radionuklida yang memiliki waktu paruh cukup panjang sebesar 5,2710 tahun di tunjukkan pada gambar 2.1. Keuntungan ^{60}Co diantaranya karena memiliki aktivitas yang cukup tinggi (≈ 200 Ci/g), paparannya besar dan kontinu dengan dua puncak energi yaitu 2505,7 keV dan 1332,5 keV, sehingga persamaan nuklir keseluruhan reaksi adalah



Gambar 1 Skema Peluruhan ^{60}Co [2]

Isotop Cesium-134 (^{134}Cs)

Cesium-134 merupakan satu dari tiga jenis radioisotope cesium yang mendapat perhatian karena memancarkan partikel gamma dan beta dengan waktu paruh 2,06 tahun seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.2. ^{134}Cs banyak digunakan pada lembaga-lembaga penelitian alasannya adalah karena waktu paruhnya yang jauh lebih pendek dari ^{137}Cs , sehingga lebih mudah untuk penanganan limbahnya apabila telah selesai digunakan.



Gambar 2 Skema Peluruhan ^{134}Cs [3].

Fiteromediiasi

Fitoremediasi adalah proses bioremediasi yang menggunakan berbagai tanaman untuk menghilangkan, memindahkan, dan atau menghancurkan kontaminan dalam tanah dan air bawah tanah. Konsep penggunaan tanaman untuk penanganan limbah dan sebagai indikator pencemaran udara dan air sudah lama ada, yaitu fitoremediasi dengan sistem lahan basah, lahan alang-alang dan tanaman apung. Selanjutnya konsep fitoremediasi berkembang untuk penanganan masalah pencemaran tanah.

Fitoremediasi dapat dilakukan secara *in situ* (langsung di tempat terjadinya pencemaran), maupun secara *ex situ* atau menggunakan kolam buatan yang merupakan bioreaktor besar untuk penanganan limbah. Tanaman dapat digunakan secara langsung dalam bentuk alaminya lengkap terdiri bagian akar, batang, dan daun, maupun dalam bentuk kultur jaringan tanaman [4].

Tanaman Bunga Matahari (*Helianthus annuus L.*)

Bunga matahari (*Helianthus annuus L.*) (gambar 3) merupakan tanaman semusim di

dalam family asteraceae yang popular, baik sebagai tanaman hias maupun tanaman penghasil minyak. Bunga tumbuhan ini sangat khas: besar, biasanya berwarna kuning terang, dengan kepala bunga yang besar (diameter bisa mencapai 30 cm). Bunga matahari bersifat heliontropisme.



Gambar 3 Bunga Matahari (*Helianthus annuus* L.). [1].

Tanaman bunga matahari merupakan salah satu tanaman hiperakumulator, yaitu tanaman yang memiliki kemampuan sangat tinggi untuk mengangkut pencemaran. Hal tersebut sudah dibuktikan dengan berbagai penelitian, contohnya antara lain: penggunaan bunga matahari untuk meremediasi logam Cesium di lingkungan perairan di Chernobyl [1].

Faktor Transfer

Faktor transfer pada dasarnya adalah nisbah konsentrasi aktivitas radionuklida pada jaringan suatu komponen lingkungan (C_2) dengan konsentrasinya dalam medium (C_1) setelah dicapainya kejenuhan konsentrasi pada jaringan tersebut. Faktor transfer biasanya dihitung untuk bagian yang dapat dimakan seperti daging pada hewan atau daun, buah dan umbi pada tanaman [5].

$$F_t = \frac{C_2}{C_1} \quad (1)$$

Dengan F_t merupakan faktor transfer (ml/gr), C_1 merupakan konsentrasi radionuklida dalam air (Bq/ml), dan C_2 merupakan konsentrasi radionuklida dalam tanaman (Bq/gr).

Growth Value (G_v)

Growth Value didefinisikan sebagai rasio antara massa basah tanaman pada saat dimulainya penelitian dan massa basah tanaman saat disampling. Growth Value dapat dihitung dengan persamaan [4]:

$$G_v = \frac{m(t) - m(0)}{m(0)} \quad (2)$$

Dengan G_v merupakan *Growth Value*, $m(t)$ massa basah saat sampling (gr), dan $m(0)$ merupakan massa basah awal (gr).

Persen penyisihan

Persen penyisihan merupakan fraksi aktivitas radionuklida yang dapat disisihkan dari air oleh tanaman dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\% \text{ penyisihan} = \frac{A_{I(0)} - A_1}{A_{I(0)}} \times 100\% \quad (3)$$

Dimana % penyisihan merupakan fraksi radionuklida yang disisihkan dari air, $A_{I(0)}$ merupakan aktifitas radionuklida awal dan A_1 merupakan aktifitas radionuklida pada saat pengambilan sampel [4].

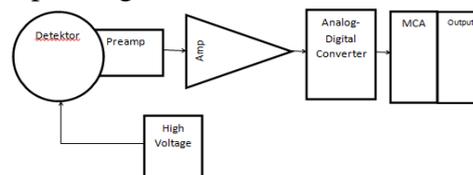
Untuk mengetahui aktifitas sampel menggunakan rumus:

$$A_{t(sp)} = \frac{A_{t(std)} \times \text{cacahan sampel}}{\text{cacahan standar}} \quad (4)$$

Dimana $A_{t(sp)}$ merupakan aktifitas pada sampel dan $A_{t(std)}$ merupakan aktifitas standar [4].

Spektrometer Gamma

Spektrometer gamma (gambar 4) adalah alat yang digunakan untuk mengukur dan mendeteksi radionuklida yang memancarkan sinar gamma. Spektrometer gamma terdiri dari detektor, sistem penguat pulsa, sistem pengelola pulsa, dan sistem penyimpanan data. Alat ini dilengkapi oleh tabung gas nitrogen sebagai pendingin.



Gambar 4 Bagan perangkat yang dipakai dalam sistem spektrometer gamma.

Prinsip kerja dari alat ini adalah kemampuan elektron mengalami ionisasi dan tereksitasi bila dikenakan radiasi sehingga elektron dapat pindah dari pita valensi ke pita konduksi yang akan menghasilkan pulsa listrik. Adanya interaksi antara sinar gamma dengan detektor akan menghasilkan sinyal pulsa. Tinggi pulsa yang akan dihasilkan detektor bersesuaian dengan tenaga foton gamma yang mengenai detektor. Pulsa-pulsa yang dihasilkan akan diproses secara elektronik dalam serangkaian peralatan yang membentuk perangkat spektrometer gamma.

METODE PENELITIAN

Penelitian diawali dengan pembuatan media pertumbuhan awal dibuat untuk media penyemaian biji tanaman bunga matahari yang bertujuan untuk penyeragaman umur tanaman dan kondisi tanaman. Media pertumbuhan awal berupa tanah yang dimasukkan ke dalam *seeding tray* dan pada umur 10 hari dipindahkan ke media *polybag* dengan ukuran diameter 20 cm dan tinggi 25 cm. Digunakan campuran tanah lembang dan pupuk organik dalam media pertumbuhan awal.

Penyemaian biji tanaman bunga matahari dilakukan dengan memasukan dua biji bibit dalam satu lubang pada *seeding tray*. Hal ini dimaksudkan karena lubang *seeding tray* besar dan bertujuan juga untuk memperbanyak kemungkinan bibit bunga matahari yang tumbuh. Setelah tumbuh dan berumur 10 hari dilakukan penyiraman dengan penyemprot (*sprayer*). Tanaman diberikan pupuk menggunakan pupuk hidroponik dengan disemprotkan menggunakan *sprayer* setiap 5 hari sekali dan penyemprotan insektisida setiap 5 hari sekali. Intensitas penyemprotan air bergantung kepada kondisi suhu, satu kali bila kondisi suhu sejuk dan dua kali bila kondisi suhu panas.

Lalu pembuatan wadah media pertumbuhan lanjutan yang digunakan adalah paralon ukuran 2300 ml sebanyak 100 buah. Dari

100 buah tersebut, nantinya botol akan dibagi menjadi dua kelompok, yaitu paralon yang digunakan sebagai media kontrol dan paralon yang digunakan untuk media perlakuan sesuai dengan desain awal penelitian. Untuk media kontrol digunakan sebanyak 30 paralon dan 70 paralon digunakan sebagai media perlakuan.

Setiap paralon berisikan 10 ml larutan hidroponik. Untuk media kontrol tidak ditambahkan ^{134}Cs dan ^{60}Co . Sedangkan untuk media hidroponik aktif sudah dicampurkan ^{134}Cs dan ^{60}Co dengan konsentrasi ^{134}Cs dengan rentang besar 0,75 – 3,29Bq/ml dan konsentrasi ^{60}Co dengan rentang 2,68 – 12,55 Bq/ml.

Tanaman diseleksi dari media *polybag* yang pertumbuhannya relatif baik dan seragam untuk persiapan tanaman perlakuan dan tanaman kontrol. Umur tanaman saat akan dipindahkan ke dalam media lanjutan (hidroponik) adalah 50 hari.

Tanaman yang sudah memenuhi kriteria untuk menjadi sampel penelitian, selanjutnya dipindahkan ke dalam media pertumbuhan lanjutan. Untuk kontrol dibutuhkan sebanyak 30 tanaman. Untuk perlakuan dibutuhkan sebanyak 70 tanaman. Penempatan kontrol dan perlakuan diberi jarak tertentu agar sampel tidak terkontaminasi.

Pengambilan sampel tanaman dan larutan hidroponik dilakukan dalam kurun waktu sesaat, 1 jam, 2 jam, 4 jam, 6 jam, 8 jam, 24 jam, 5 hari, 6 hari, 10 hari, 15 hari, 20 hari, 25 hari, dan 30 hari untuk tanaman pada media perlakuan dan control. Satu kali panen membutuhkan 8 buah individu yang di ambil secara acak dan memiliki ciri-ciri fisik pertumbuhan yang relatif serupa yaitu 5 buah aktif dan 3 buah kontrol. Didahulukan untuk tanaman yang terlihat akan segera mati. Sedangkan untuk pengambilan sampel larutan hidroponik dilakukan dengan menggunakan wadah botol plastik dengan volume 100ml. Sampel larutan yang diambil sebanyak 8 sampel yaitu 5 botol untuk air aktif dan 3 botol untuk air kontrol. Volume sampel larutan

hidroponik yang diambil sebanyak 100ml. Pada proses pengambilan sampel juga dilakukan dengan pengukuran terhadap kondisi *Green House* dengan mengukur temperature ruangan dengan menggunakan thermometer ruangan dan juga kelembaban dengan higrometer.

Sampel tanaman dicuci agar tidak ada sisa lumut yang menempel pada bagian tanaman. Selanjutnya tanaman dipotong untuk memisahkan tanaman ke dalam tiga bagian utamanya, yaitu akar, batang, dan daun. Ketiga kelompok organ tanaman tadi selanjutnya dipotong tipis dan di taruh dalam wadah aluminium foil. Berat basah masing-masing organ pada setiap sampel ditimbang kemudian dikeringkan. Proses pengeringan dilakukan untuk mendapatkan berat kering sampel untuk mendapatkan hasil pencacahan hasil penyerapan radionuklida yang telah diserap oleh tanaman saja. Proses pengeringan dilakukan dengan bantuan oven pada suhu 100° C sampai masa dari bagian tanaman bunga matahari tidak turun kembali.

Sebelum dicacah, sampel yang berada di aluminium foil dilipat untuk memudahkan pengukuran dan sampel tidak berceceran. Sampel yang telah dilipat dimasukkan ke dalam plastik cetik.

Pencacahan dilakukan dengan detektor HPGe selama 600 detik untuk setiap sampel. Pencacahan hanya dilakukan satu kali. Hasil cacahan berupa jumlah cacahan (*count*).

Dari hasil data massa yang didapat dapat dianalisis untuk memperoleh *Growth Value*. Sedangkan hasil yang didapatkan dari alat pencacahan adalah berupa cacah per detik atau *count per second* (cps). Data tersebut kemudian dikonversi satuannya menjadi *Bacquerel* (Bq) lalu dianalisis sehingga diperoleh nilai faktor transfer, sedangkan konsentrasi radionuklida dalam Bq/gr serta nilai faktor transfer ¹³⁴Cs dan ⁶⁰Co dari air ke tanaman bunga matahari dalam ml/gr.

HASIL DAN PEMBAHASAN

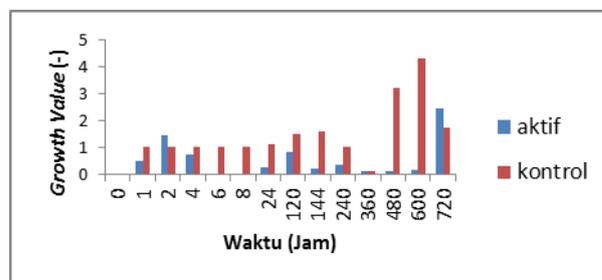
Kondisi Penelitian

Tabel 5 Suhu dan kelembaban saat *sampling*

<i>Sampling</i>	Tanggal	Suhu (°C)	Kelembaban (%)
I (Sesaat)	5 Juni 2014	26	90
II (1 Jam)	5 juni 2014	26	85
III (2 Jam)	5 Juni 2014	28	80
IV (4 Jam)	5 Juni 2014	30	78
V (6 Jam)	5 Juni 2014	28	80
VI (8 Jam)	5 Juni 2014	27	80
VII (24 Jam)	10 Juni 2014	28	80
VIII (5 Hari)	14 Juni 2014	27	83
IX (6 Hari)	9 Juni 2014	27	82
X (10 Hari)	13 Juni 2014	25	96
XI (15 Hari)	18 Juni 2014	26	86
XII (20 Hari)	23 Juni 2014	26	88
XIII (25 Hari)	28 Juni 2014	26	86
XIV (30 Hari)	3 Juli 2014	33	75

Dari data dalam tabel 5 didapat nilai rata-rata suhu selama penelitian adalah 27° C. Menurut sumber yang ada [1], suhu optimum untuk pertumbuhan tanaman bunga matahari adalah dalam rentang 23° C – 27° C, sehingga kondisi suhu didalam *Green House* masih dalam keadaan optimum untuk tumbuh dengan baik. Sedangkan untuk kelembaban, didapat rata-rata kelembaban didalam *Green House* 84% yang juga sebagai salah satu faktor pendukung bagi tanaman bunga matahari untuk tumbuh dengan baik.

Growth Value (G_v)



Gambar 6 Grafik G_v tanaman aktif dan kontrol

Dapat dilihat dari gambar 6 untuk sampel kontrol, nilai G_v secara umum pada waktu umur tanaman sesaat sampai umur tanaman hari ke-25 mengalami peningkatan. Namun ada nilai penurunan pada waktu tanaman berumur 4 jam, 6 jam, 8 jam, 6 hari, dan 15 hari. Hal ini disebabkan pada waktu pengambilan sampel di umur tanaman 4 jam, 6 jam, dan 8 jam kondisi tanaman agak tidak segar karena penyesuaian dengan media pertumbuhan yang baru dari tanah ke hidroponik. Sedangkan pada waktu umur tanaman hari ke-6 dan ke-15 ada beberapa tanaman yang layu karena akarnya tertutupi lumut.

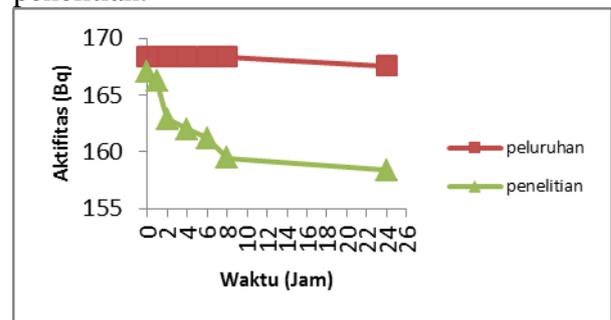
Dari gambar 6 untuk sampel aktif, nilai G_v mengalami peningkatan secara umum dari umur ke-0 sampai ke-30 hari. Terjadi penurunan nilai G_v di hari ke-15 dan hari ke-30 disebabkan tanaman layu yang akarnya telah ditumbuhi lumut. Dari gambar 6 tersebut secara umum menerangkan bahwa ^{134}Cs dan ^{60}Co tidak menghentikan pertumbuhan tanaman bunga matahari karena tetap ada peningkatan nilai G_v . Diduga bahwa ada peran ^{134}Cs dan ^{60}Co dalam mempengaruhi dari morfologi tumbuhan tetapi tidak berpengaruh terhadap fungsi fisiologinya.

Analisis Aktifitas ^{134}Cs dan ^{60}Co Dalam Larutan

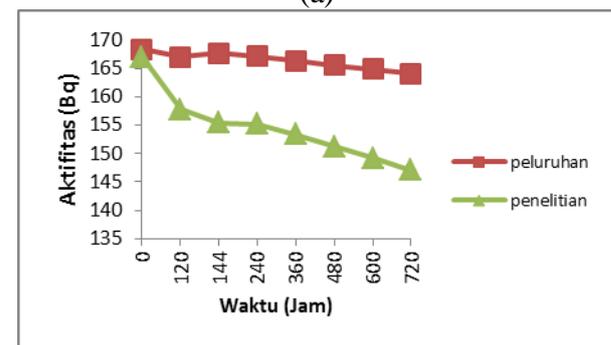
Dari gambar 7 menunjukkan adanya pengurangan aktifitas yang dikarenakan penyerapan dari tanaman bunga matahari. Pada waktu umur tanaman yang sesaat atau *sampling-I* terjadi pengurangan, itu bisa disebabkan oleh menempelnya zat radioaktif di dinding paralon yang digunakan sebagai media hidroponik sehingga sebagian kecil aktifitas ^{134}Cs tidak terambil saat pengambilan sampel. Pada hari ke-10 pada aktifitas ^{134}Cs pada larutan terjadi pengurangan penyerapan aktifitas yang bisa disebabkan 2 hal yaitu karena keadaan tanaman yang sedikit layu pada hari ke-10 dan penyebab yang lain adalah ada radionuklida yang menempel pada dinding paralon sehingga aktifitasnya tidak masuk ke dalam sampel larutan yang dimasukkan kedalam botol sampel. Namun secara umum terus terjadi pengurangan aktifitas

radionuklida pada larutan hidroponik dikarenakan penyerapan oleh tanaman bunga matahari.

Dari gambar 8 terjadi naik turun pengurangan aktifitas tidak seperti tabel pada lampiran data aktifitas ^{60}Co dalam larutan yang terlihat naik secara umum walaupun tetap terjadi adanya naik turunnya pengurangan aktifitas di larutan yang disebabkan keadaan beberapa tanaman ada yang sedikit layu sehingga penyerapan radionuklida tak stabil. Pada grafik ada pengurangan yang bernilai minus seperti saat sampel-I (sesaat) diduga banyaknya ^{60}Co yang mengendap dan menempel pada dasar dan dinding paralon sehingga persebarannya di larutan sangat sulit. Secara umum dari gambar 8 menunjukkan terus ada pengurangan karena penyerapan dari tanaman bunga matahari selama berjalannya penelitian.

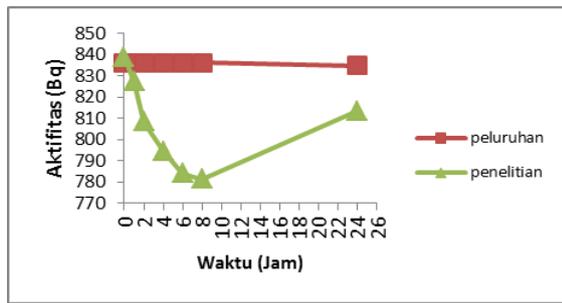


(a)

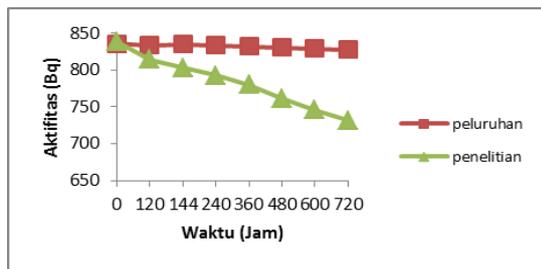


(b)

Gambar 7 Grafik aktifitas ^{134}Cs pada larutan pada rentang waktu 0 sampai 24 jam (a) dan pada rentang waktu 0 sampai 720 jam (b)



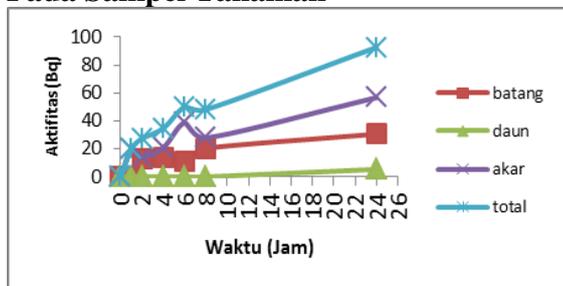
(a)



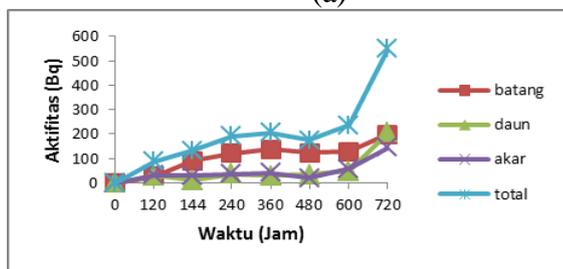
(b)

Gambar 8 Grafik aktifitas ^{60}Co pada larutan pada rentang waktu 0 sampai 24 jam (a) dan pada rentang waktu 0 sampai 720 jam (b)

Analisis Aktifitas dan Distribusi ^{134}Cs dan ^{60}Co Pada Sampel Tanaman

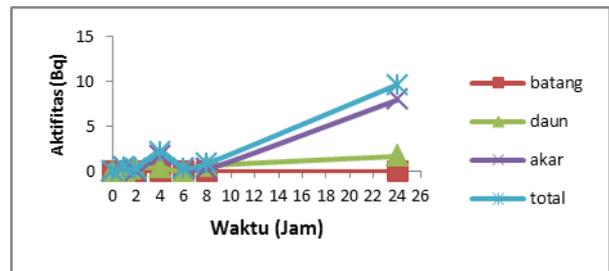


(a)

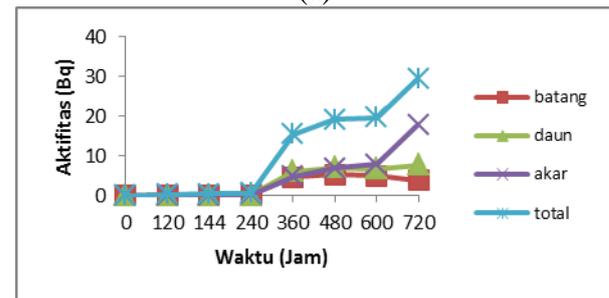


(b)

Gambar 9 Grafik aktifitas ^{134}Cs di tanaman pada rentang waktu 0 sampai 24 jam (a) dan pada rentang waktu 0 sampai 720 jam (b)



(a)



(b)

Gambar 10 Grafik aktifitas ^{60}Co di tanaman pada rentang waktu 0 sampai 24 jam (a) dan pada rentang waktu 0 sampai 720 jam (b)

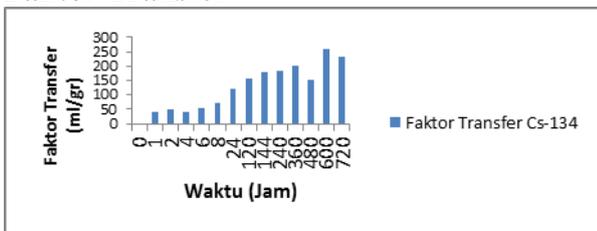
Nilai dari aktifitas ^{134}Cs dan ^{60}Co yang ada pada tabel lampiran K data analisis aktifitas dan distribusi ^{134}Cs dan ^{60}Co pada sampel tanaman merupakan nilai rata-rata dari lima sampel tanaman yang diambil untuk tiap-tiap aktifitas. Untuk nilai aktifitas yang penting untuk dianalisa adalah nilai aktifitas total ^{134}Cs dan ^{60}Co pada sampel tanaman. Nilai aktifitas total adalah nilai penjumlahan dari aktifitas dari 3 organ tanaman setiap pengambilan sampel.

Pada gambar 9 dapat dilihat aktifitas yang paling cepat terserap adalah di bagian akar. Ini dikarenakan akar adalah organ pertama yang menyerap ^{134}Cs dan akan didistribusikan menuju organ tanaman yang lainnya sebelumnya mengalami peluruhan dan diekskresikan melalui metabolisme dari tanaman tersebut. Distribusi yang diserap oleh tanaman dapat dilihat dari serapan dari masing-masing organ, pada waktu umur tanaman sesaat sampai umur 8 jam bagian organ daun masih bernilai 0 untuk aktifitas yang telah diserapnya, ini disebabkan aktifitas ^{134}Cs yang diserap didistribusikan dahulu ke batang sebelum ke daun.

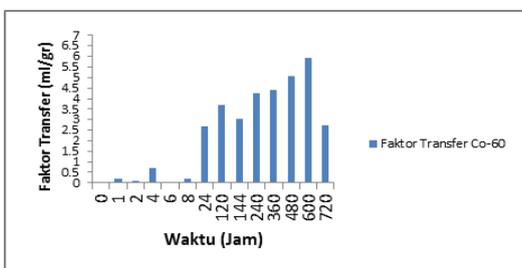
Pada gambar 9 terlihat akumulasi paling banyak pada bagian batang. Setiap spesies tanaman mengabsorpsi larutan dari dalam tanah dalam jumlah yang berbeda-beda. Ion-ion dari dalam tanah diserap dalam bentuk larutan secara spesifik atau selektif. Namun selain dari selektivitas penyerapan ion yang dimetabolisme secara serupa seperti K dengan Cs atau Rb [4]. Dari pernyataan tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa Cs dalam tanaman akan mengalami proses metabolisme sama seperti Kalium.

Pada gambar 10 memperlihatkan akumulasi serapan ⁶⁰Co pada tanaman. Berbeda dengan akumulasi serapan ¹³⁴Cs, tanaman lebih banyak serapan pada akar dan daun. Cobalt-60 dapat terserap oleh tanaman karena ⁶⁰Co merupakan logam berat yang memiliki sifat radioaktif karena diaktivasi dengan neutron. Cobalt (Co) sebagai salah satu *trace element* yang keberadaannya sangat diperlukan oleh tanaman. Cobalt dalam tanaman berfungsi sebagai katalis dalam proses fiksasi nitrogen [6] dan sebagai pembentuk etilen yang dapat menghambat penuaan, pematangan buah dan pengguguran daun.

Faktor Transfer



Gambar 4.6 Grafik Faktor Transfer ¹³⁴Cs



Gambar 4.7 Grafik Faktor Transfer ⁶⁰Co

Menurut hasil penelitian dari perusahaan Edenspace, salah satu perusahaan pembersih lingkungan yang mengembangkan metode remediasi, faktor lebih besar dari 1,0 merupakan

batas ambang terendah suatu tanaman disebut pengakumulator logam. Pada faktor transfer lebih dari 1,0 jumlah logam yang terkonsentrasi didalam tanaman lebih besar daripada yang terkonsentrasi didalam tanah, sehingga material tanaman yang harus dibuang lebih sedikit jika dibandingkan dengan jumlah tanah yang harus dibuang lebih sedikit jika dibandingkan dengan jumlah tanah yang harus dipindahkan untuk berat kontaminasi yang sama. Hal tersebut menunjukkan bahwa fitoremediasi dapat menghemat biaya pembersihan.

Sedangkan dalam penelitian ini didapat faktor transfer untuk ¹³⁴Cs dengan rentang 0 – 261,39 ml/gr dan untuk ⁶⁰Co dengan rentang 0 – 5,94 ml/gr. Jika dibandingkan dengan nilai faktor transfer yang telah disebutkan sebelumnya, baik dengan nilai acuan dari Edenspace, faktor transfer yang dapat dari penelitian ini jauh lebih kecil. Ini disebabkan nilai aktifitas awal media hidroponik pada penelitian ini lebih kecil dibandingkan dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.

Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya di Chernobyl dengan metode rhizofiltrasi menggunakan tanaman bunga matahari pada lingkungan perairan tercemar, nilai faktor transfer ini masih dibawah hasil yang didapat penelitian di Chernobyl tersebut. Faktor transfer yang didapat pada penelitian Chernobyl sebesar 4900-8600 [4]. Hal tersebut dapat dijelaskan karena pada penelitian di Chernobyl dilakukan dalam skala besar pada daerah aliran sungai, sedangkan pada penelitian ini dilakukan dalam skala kecil.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian ini, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai *growth value* tertinggi 2,49 untuk tanaman aktif pada hari ke-30 dan 4,33 untuk tanaman kontrol pada hari ke-25.
2. Serapan total terbesar tanaman bunga matahari terhadap ¹³⁴Cs dan ⁶⁰Co sama-sama terjadi pada hari ke-30 dengan

masing-masing nilainya adalah 548,86 Bq untuk ^{134}Cs dan 29,52 Bq untuk ^{60}Co .

3. Radionuklida ^{134}Cs dan ^{60}Co tidak menghentikan pertumbuhan tanaman bunga matahari namun diduga mempengaruhi dari morfologi tumbuhan.
4. Faktor transfer yang didapat pada penelitian ini terhadap ^{134}Cs memiliki rentang 40,05 - 261,39 ml/gr dan terhadap ^{60}Co memiliki rentang 0,06 - 5,94 ml/gr.

Saran untuk penelitian-penelitian selanjutnya adalah untuk penelitian selanjutnya disarankan agar lamanya waktu perlakuan lebih dari 30 hari karena diduga penyerapan terus berlanjut lebih dari 30 hari sampai aktifitas benar-benar kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anjar. 2005. Perpindahan ^{134}Cs Pada Tanaman Bunga Matahari Pada Perairan Air Tawar. ITB. Bandung.
- [2] Krane, K. 1992. *Fisika Modern*. Penerjemah Hans J. Wospakrik dan Sofia Niksolihin. UI-Press. Jakarta.
- [3] Muharini, A. 1998. *Model Dinamik Untuk Penyerapan ^{134}Cs Dalam Tanah Oleh Tanaman Paksoi*. ITB, Bandung.
- [4] Tjahaja, P. 2012. *Parameter Perpindahan Radionuklida di Lingkungan dan Prospek Aplikasinya dalam Solusi Masalah Pencemaran Lingkungan*. PTNBR BATAN. Bandung.
- [5] Fujimoto, K. 1993. *General Protocol for Transfer Measuremen Prepared at the IAEA Research Coordination Meeting on Transfer of Radionuclides from Air, Soil and Freshwater to The Foodchain of Man in Tropical and Sub-Tropical Environment*. Jakarta.
- [6] Greiger, M. 2004. Uptake of Nuclides by Plants. Department of Botany, Stockholm University. Swedish. Pages 13-44.