

ISSN 0854 - 1957

JURNAL TEKNIK LINGKUNGAN

Volume 12 Nomor 2, Oktober 2006

<i>Mindriany Syafila , Indah R.S.Salami , Tjandra Setiadi dan Esmiralda</i> PENURUNAN TOKSISITAS LIMBAH CAIR PRODUKSI BIODIESEL SEBAGAI HASIL PROSES BIODEGRADASI SECARA AEROB	1
<i>Rika Winurdiastri dan Enri Damanhuri</i> STUDI KARAKTERISTIK FISIK DAN KIMIA LUMPUR TSUNAMI DAN KEMUNGKINAN PEMANFAATAN SEBAGAI BAHAN BANGUNAN	8
<i>Poppy Intan Tjahaya, Barti Setiani dan Fauzana</i> POLA TRANSFER CESIUM ¹³⁴ DARI MEDIA AIR KE IKAN MAS	19
<i>Marisa Handajani</i> PERFORMANCE OF AN ANAEROBIC FIXED BED (A nFB) REACTOR FOR TREATING WHEY - CONTAINING WASTEWATER	28
<i>Sardi dan Puji Lestari</i> PENYISIHAN NOX DENGAN PROSES FOTOKATALITIK MENGGUNAKAN KATALIS CAMPURAN TIO ₂ -KARBON AKTIF DAN FE ₂ O ₃ DALAM REAKTOR MULTIPLATE	39
<i>Priana Sudjono and Irzan Yuneizi</i> COMPUTATIONAL METHOD BASED ON DYNAMIC PROGRAMMING FOR PRICING OF WATER FROM MULTIPURPOSE RESERVOIRS	47
<i>Kania Dewi</i> MECHANISM OF SO ₂ ABSORPTION USING LIMESTONE SLURRY IN STIRRED BATCH REACTOR	58

JURNAL TEKNIK LINGKUNGAN

Diterbitkan oleh Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan ITB
Bekerjasama dengan Ikatan Ahli Teknik Penyehatan dan Lingkungan Indonesia (IATPI)

Penanggung Jawab:

Dr. Ir. Puti Farida Marzuki (Dekan FTSL ITB)
Dr. Ir. Saptahari Sugiri (WDA FTSL ITB)
Dr. Ir. Dwina Roosmini (WSD FTSL ITB)

Penyunting Utama:

Prof. Ir. Suprihanto Notodarmojo, Ph.D

Dewan Redaksi:

Dr. Barti Setiani (Ketua)
Dr. Eng. Rofiq Iqbal
Dr. Sukandar, S.Si., MT.

Penelaah Ahli:

Prof. Dr. Enri Damanhuri (ITB)
Prof. Dr. Hadi Soesilo (IPB)
Dr. Akhmad Sabarudin (UNIBRAW)
Dr. Ir. Datu Rizal (LIPI Serpong)
Edwan Kardena, Ph.D (ITB)
Dr. Ir. Arwin Sabar, M.Si (ITB)
Agus Jatnika Effendi, Ph.D (ITB)

Redaksi Pelaksana:

Shindy Slamattriyanti, A.Md.

Alamat Redaksi:

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan ITB
Jl. Ganesha 10 Bandung 40132
Tel/Fak: 022-2534187
Email: kandar@ftsl.itb.ac.id

Mindriany Syafila , Indah R.S.Salami , Tjandra Setiadi dan Esmiralda
PENURUNAN TOKSISITAS LIMBAH CAIR
PRODUKSI BIODIESEL SEBAGAI HASIL PROSES
BIODEGRADASI SECARA
AEROB.....1

Rika Winurdiastri dan Enri Damanhuri
STUDI KARAKTERISTIK FISIK DAN KIMIA LUMPUR
TSUNAMI DAN KEMUNGKINAN PEMANFAATAN
SEBAGAI BAHAN
BANGUNAN.....8

Poppy Intan Tjahaya, Barti Setiani dan Fauzana
POLA TRANSFER CESIUM¹³⁴ DARI MEDIA AIR KE
IKAN MAS.....19

Marisa Handajani
PERFORMANCE OF AN ANAEROBIC FIXED BED
(AnFB) REACTOR FOR TREATING
WHEY-CONTAINING WASTEWATER28

Sardi dan Puji Lestari
PENYISIHAN NO_x DENGAN PROSES
FOTOKATALITIK MENGGUNAKAN KATALIS
CAMPURAN TiO₂ - KARBON AKTIF DAN FE₂O₃
DALAM REAKTOR
MULTIPLATE.....39

Priana Sudjono and Irzan Yuneizi
COMPUTATIONAL METHOD BASED ON DYNAMIC
PROGRAMMING FOR PRICING OF WATER FROM
MULTIPURPOSE RESERVOIRS.....47

Kania Dewi
MECHANISM OF SO₂ ABSORPTION USING
LIMESTONE SLURRY IN STIRRED BATCH
REACTOR.....58

Pengantar Redaksi

Jurnal Teknik Lingkungan Volume 12 Nomor 2, Oktober 2006 ini terdiri dari 7 makalah ilmiah yang semuanya telah ditelaah oleh penelaah ahli. Redaktur mengucapkan terima kasih kepada para penulis dan semoga kerja kerasnya akan bermanfaat bagi ilmu pengetahuan dan kehidupan manusia. Partisipasi para ilmuwan khususnya dalam bidang teknik lingkungan sangat diharapkan untuk memperkaya khasanah Jurnal Teknik Lingkungan.

Redaksi

POLA TRANSFER CESIUM ¹³⁴ DARI MEDIA AIR KE IKAN MAS

TRANSFER PATTERN OF CESIUM¹³⁴ FROM WATER TO GOLDFISH

Poppy Intan Tjahaya ¹⁾, Barti Setiani^{2)*} dan Fauzana ²⁾

¹⁾Pusat Teknologi Nuklir, Bahan dan Radiometri, BATAN Bandung

²⁾Program Studi Teknik Lingkungan ITB, Jl. Ganesha No. 10 Bandung

Korespondensi email: barti@ftsl.itb.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pola transfer cesium¹³⁴ dari air ke ikan mas (*Cyprinus carpio* L), yang dapat dimanfaatkan untuk memperkirakan pengaruh adanya pencemaran Cesium¹³⁷ sebagai salah satu produk hasil peluruhan uranium kedalam perairan dan efeknya dapat mempengaruhi terhadap organisme hidup. Pada penelitian ini digunakan Cs¹³⁴ dengan pertimbangan bahwa waktu paruhnya yang lebih pendek daripada Cs¹³⁷, sehingga memudahkan dalam pengelolaannya. Berdasarkan dengan persamaan sifatnya, maka diasumsikan keduanya akan mempunyai kesamaan pola transfer. Pengambilan sampel dilakukan setiap lima hari sekali untuk mendapatkan perolehan data konsentrasi Cs¹³⁴ didalam air dan di bagian tubuh ikan mas selama 25 hari. Aktivitas sampel diketahui dengan cara mengukur peluruhan gamma dari air dan bagian tubuh sampel ikan mas yang hidup di dalam air mengandung Cs¹³⁴ dengan konsentrasi tertentu menggunakan spektrometer gamma dengan detektor High Purity Germanium (HPGe) yang dilengkapi dengan Multi Channel Analyzer (MCA) dan komputer penampil. Dari hasil pengukuran, dihitung aktivitas Cs¹³⁴ di dalam tubuh ikan, berdasarkan efisiensi alat yang digunakan. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa distribusi penyebaran Cs¹³⁴ pada tubuh ikan mas memberikan pola tertentu selama pemaparan dan indikasi adanya perbedaan pola di antara bagian daging, tulang dan organ ikan.

Kata kunci: Cesium-¹³⁴, *Cyprinus carpio* L, transfer, MCA

ABSTRACT

The aim of this research is to observe the transfer pattern of Cesium¹³⁴ from water to goldfish *Cyprinus carpio* L. This research will help us to determine a nuclear accident might be due by Cesium¹³⁷ as a fission product uranium to living organism in polluted water. In this research we used Cs¹³⁴, considering its half time period is shorter than Cs¹³⁷, so it would be easier to evaluate. Its similarity characteristic would be described as a comparable transfer pattern of Cesium from the water to the goldfish. Periodically, every five days for 25 days observation by measuring concentration of Cs¹³⁴ in the water and the body of a goldfish. The Cesium activity of samples are observed by measuring gamma emissions in the water and parts of goldfish sample (flesh, bones and internal organ) using spectrometer gamma with High Purity Germanium (HPGe) detector, Multi Channel Analyzer (MCA) and displayer computer. The result shown that the activity of Cs¹³⁴ in goldfish could be calculated using the efficiency of the instrument. Based on this data, we also observed that the distribution of Cs¹³⁴ concentration and some pattern will be formed as long as exposure time when there are different trend in each part of fish organ.

Key words: Cesium¹³⁴, *Cyprinus carpio*, transfer, MCA

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi nuklir pada saat ini mendapat perhatian di Indonesia. disebabkan karena teknologi ini mampu menghasilkan energi yang tinggi dengan biaya yang relatif murah, sehubungan dengan meningkatnya harga minyak bumi pada akhir-akhir ini. Teknologi nuklir merupakan teknologi yang relatif aman, tetapi, apabila terjadi kecelakaan reaktor nuklir, pengaruhnya akan memapari wilayah yang luas dalam waktu yang lama. Oleh karena itu, diperlukan perhatian yang lebih khusus untuk menghindari terjadinya bencana tersebut. Penelitian mengenai bio-akumulasi radionuklida di dalam tubuh makhluk hidup terutama terhadap bahan yang dikonsumsi oleh manusia dapat memperkirakan besarnya radionuklida yang masuk ke dalam tubuh manusia melalui makanannya pada saat terjadi kecelakaan nuklir.

Suatu reaktor nuklir biasanya memakai uranium sebagai bahan bakarnya. Salah satu produk hasil peluruhan uranium adalah Cs^{137} yang memiliki waktu paruh 30 tahun. Pada saat kecelakaan nuklir, Cs^{137} termasuk salah satu unsur utama yang dilepaskan reaktor ke lingkungan.

Radioaktivitas adalah transformasi nuklir secara spontan yang ditandai dengan emisi energi dan atau massa dari inti atom. Sifat pokok radioaktivitas adalah kemampuan atom untuk meluruh atau berubah secara spontan melalui transformasi nuklir. Ketika peluruhan, atom ditransformasikan menjadi sebuah atom dari elemen lain. Pemecahan spontan atom radioaktif, dengan melepaskan radiasi *alpha*, *beta*, *gamma*, atau sinar-x disebut *disintegration*. Jumlah disintegrasi yang terjadi dalam suatu kuantitas material selama suatu periode waktu tertentu disebut aktivitas. Satuan aktivitas menurut Standard Internasional (SI) adalah Becquerel (Bq) yang didefinisikan sebagai satu pembelahan inti per detik (*dissintegration per second=dps*). Aktivitas material radioaktif dapat dihitung berdasarkan waktu paruh material dan massa material. Massa yang berbeda dari material radioaktif yang sama memiliki aktivitas yang berbeda.

Laju pembelahan atau aktivitas sampel sebanding dengan jumlah inti tidak stabil, dan ini bervariasi secara eksponensial dengan waktu. (Martin, & Samuel A. Harbison 2002)

$$A = A_0 e^{-\lambda t} \dots (1)$$

Keterangan :

- A = Aktivitas pada waktu t
- A_0 = Aktivitas awal
- λ = Konstanta peluruhan radioaktif

Waktu paruh (*half life* atau $T_{1/2}$) dari suatu unsur adalah waktu yang diperlukan inti atom unsur untuk meluruh menjadi setengah dari jumlah awal. Secara matematis, waktu paruh dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$T_{1/2} = \frac{0,693}{\lambda} \dots (2)$$

Cesium, seperti halnya Cesium 137 , adalah logam lunak yang berwarna putih keperakan., merupakan salah satu dari tiga logam yang berbentuk cair di dalam temperatur mendekati temperatur ruang ($83^{\circ}F / 28,3^{\circ}C$). Waktu paruh Cesium 137 adalah 30 tahun. Radionuklida ini meluruh dengan melepaskan partikel beta dan sinar gamma menjadi Barium ^{137}m .

Cesium 137 meluruh dengan emisi partikel beta dan radiasi gamma yang relatif kuat. Cesium 137 , meluruh menjadi Barium ^{137}m , produk peluruhan dengan umur pendek, yang kemudian meluruh menjadi bentuk nonradioaktif dari Barium. Waktu paruh Cesium 137 adalah 30 tahun. Karena sifat kimia dari Cesium, radionuklida ini bisa bergerak dengan mudah memasuki lingkungan. Hal ini menyulitkan pembersihan Cesium 137 .

Manusia dapat terpapar oleh Cesium baik eksternal maupun internal. Cesium bisa masuk ke dalam tubuh manusia melalui pernapasan, jika dia menghirup udara yang mengandung cesium dan mengkonsumsi makanan dan air yang terkontaminasi cesium. Bila Cesium 137 memasuki tubuh manusia, unsur ini disebarkan secara merata ke seluruh jaringan

lunak tubuh, yang menghasilkan paparan terhadap jaringan tersebut. Konsentrasi logam yang sedikit lebih tinggi ditemukan di dalam otot, dan konsentrasi yang sedikit lebih rendah ditemukan di dalam tulang dan lemak. Dibandingkan dengan radionuklida lainnya, Cesium¹³⁷ tinggal di dalam tubuh untuk waktu yang relatif singkat dan dikeluarkan melalui urin.

Seperti semua radionuklida, paparan radiasi Cesium¹³⁷ menghasilkan peningkatan resiko kanker. Besarnya resiko kesehatan tergantung kepada kondisi pemaparan. Ini melibatkan sejumlah faktor seperti kekuatan sumber, lama pemaparan, jarak dari sumber dan apakah terdapat perisai antara anda dengan sumber.

Cesium¹³⁴ merupakan bentuk radioaktif cesium yang cukup sering ditemukan walaupun tidak signifikan Cesium¹³⁷. Karakteristik Cesium¹³⁴ tidak jauh berbeda dengan Cesium¹³⁷, tapi waktu paruhnya jauh lebih singkat yaitu 2,05 tahun. Radionuklida ini juga melepaskan sinar gamma sehingga dimungkinkan untuk dideteksi menggunakan spektrometer gamma. Sinar gamma akan berinteraksi dengan detektor untuk kemudian dikonversikan ke dalam bentuk pulsa. Intensitas pulsa sebanding dengan energi dari sinar gamma. Pulsa ini kemudian dikonversikan menjadi pulsa arus untuk kemudian diperkuat dengan amplifier sehingga menghasilkan pulsa listrik dalam bentuk voltase yang cukup kuat untuk terdeteksi namun tetap sebanding dengan energi dari sinar gamma. Voltase tersebut kemudian akan dikonversikan ke dalam bentuk angka antara 0 sampai 255. Nomor ini mewakili sebuah *channel* tertentu dalam *Multi Channel Analyzer (MCA)*.

Cyprinus carpio L yang dikenal sebagai ika emas merupakan salah satu jenis ikan air tawar yang hidup umumnya pada kisaran temperatur air 16-27⁰C. Pada saat ini berbagai jenis atau strain dari ikan ini dapat dijumpai diperairan karena telah terjadi interaksi antara genotipe dan lingkungan perairan, musim dan cara pemeliharaan yang mengakibatkan terjadi perubahan dari penampilan bentuk fisik, bentuk tubuh dan warnanya.

Ikan mas termasuk ikan yang cukup sering dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Apabila ikan tersebut hidup di dalam air yang tercemar cesium, maka sejumlah konsentrasi dari cesium akan tersimpan di dalam bagian tubuh ikan yang mana bila dikonsumsi akan masuk ke dalam tubuh manusia.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pola distribusi dari Cesium¹³⁴ di dalam bagian tubuh ikan mas yang hidup di dalam air yang mengandung sejumlah konsentrasi Cesium¹³⁴.

2. METODOLOGI

Penelitian dilaksanakan di Pusat Teknologi Nuklir, Bahan dan Radiometri, BATAN Bandung. Pada penelitian ini yang dilakukan di sebuah *Green House* yang dilengkapi dengan 2 buah lampu untuk mengatur kondisi ruangan, menggunakan dua buah bak sebagai kolam percobaan, yang diisi oleh air kran dengan volume masing-masing 500 liter berisi ikan mas *Cyprinus carpio* L yang berasal dari daerah Banjarnegara, Jawa Barat. Bak tersebut dilengkapi dengan pompa untuk mengalirkan air dan pengelembung untuk meningkatkan jumlah udara terlarut di dalam air serta *filter* yang berfungsi untuk menyaring kotoran-kotoran yang timbul selama masa penelitian baik yang berasal dari sisa-sisa makanan ikan maupun dari buangan ikan. *Filter* ini biasanya diganti seminggu dua kali tergantung banyaknya pengotor yang tersaring. Makanan ikan yang diberikan berupa makanan ikan komersial dan daun singkong untuk meningkatkan daya tahan tubuh ikan.

Setelah melewati waktu adaptasi selama seminggu, bak pertama yang berisi 63 ekor ikan mas ditambahkan CsCl sebanyak 3 ml sedangkan bak kedua yang berisi 43 ekor ikan mas difungsikan sebagai kolam kontrol. Spesifikasi CsCl yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut

Nama Sumber	: Cesiums ¹³⁴
T _{1/2}	: 2,05 tahun
Impurity	: Cesiums ¹³³
Volume	: 1000 ml
Aktivitas	: 78 µCi/ ml (2.886 MBq/ml)

Kualitas air yang dipergunakan pada awal penelitian setelah masa adaptasi adalah seperti tercantum dalam Tabel 1.berikut:

Tabel 1. Kualitas Air Kolam

Parameter	Konsentrasi (mg/L)	Maximum *)
Suspended Solids	16	50 mg/l
Dissolve Oxygen	5,5	6 mg/l
Biological Oxygen Demand	19,6	2 mg/l
Chemichal Oxygen Demand	43,06	10 mg/l
K ⁺	9,68	-
NH ₄ ⁺	0,044	0.5 mg/l

*) PP No.82 tahun 2001

Pengumpulan data didapatkan dari hasil pengukuran sampel yang diambil setiap lima hari sekali. Pada setiap sampling diambil tiga ekor ikan dan tiga sampel air dari tiga titik berbeda dari masing-masing kolam. Volume air yang diambil untuk masing-masing sampel sebanyak 100 ml.

Preparasi sampel dilakukan dengan cara memisahkan antara bagian daging, tulang, dan organ dalam ikan. Masing-masing bagian dicincang kecil-kecil, dimasukkan ke dalam tabung kemudian ditimbang dan ditambahkan larutan HCl 5 M hingga mencapai volume total 100 ml.

Pengukuran sampel dilakukan dengan menggunakan spektrometer gamma dengan detektor *High Purity Germanium* (HPGe) yang dilengkapi dengan *Multi Chanel Analyzer* (MCA) dan komputer penampil. Spesifikasi dari alat spektrometer gamma yang digunakan di laboratorium PLKL, P3TKN-BATAN) dapat dilihat pada Tabel 2 . Sedangkan sistem operasional dari spektrometri gamma ditunjukkan pada Gambar 1.

Tabel 2. Spesifikasi alat spektrometer gamma

No	Nama Alat	Tipe/Model
1	Detektor HPGe	Tennelec CPVDS 30-30125
2	Pre amplifier	Tennelec Seri No. 2265
3	Bias Suply Voltage	Tennelec TC 950
4	Tangki Ni Cair	Tennelec
5	Amplifier	Tennelec TC 244
6	MCA Card	Nucleus Model 8000
7	CPU	IBM Model 30286
8	Monitor	IBM Model 30286
9	Printer	Epson LQ 1050

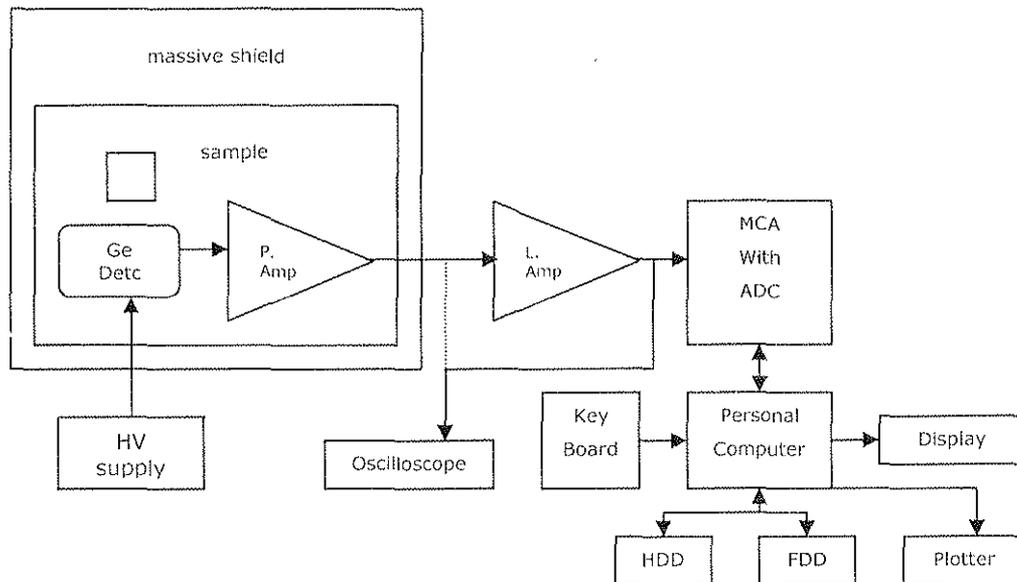
3. PENGOLAHAN DATA

Dari hasil pengukuran dengan menampilkan nilai cacah berbagai tingkatan energi.dalam satuan cps (*count per second*). Energi yang termasuk kisaran energi Cesiums¹³⁴ berada pada kisaran 500-890 KeV dengan 795 KeV sebagai energi utamanya. Untuk mengubah satuan tersebut ke Bq, perlu diketahui efisiensi alat. Aktivitas sampel dihitung dengan cara membagi hasil pencacahan sampel dengan efisiensi alat. Konsentrasi Cesiums¹³⁴ di dalam bagian tubuh ikan diperoleh dengan cara membandingkan antara aktivitas hasil perhitungan dengan berat sampel yang diukur. Konsentrasi Cesiums¹³⁴ di dalam air diketahui dengan membagi nilai dari aktivitas hasil perhitungan dengan volume air yang dianalisa.

$$\text{Aktivitas Sampel} = \text{Nilai Cacah Sampel(cps)} \times \frac{\text{Aktivitas Std(Bq)}}{\text{Nilai Cacah Std(cps)}} \quad .(3)$$

$$\text{Efisiensi Alat} = \frac{\text{Nilai Cacah Std(cps)}}{\text{Aktivitas Std(Bq)}} \dots (4)$$

Apabila pencacahan sampel dilakukan pada hari yang berbeda setelah dilakukannya pengambilan sampel, maka perlu dihitung nilai aktivitas awal (A_0) menggunakan persamaan (1) dan (2) dengan nilai $T_{1/2}$ sebesar 748,25 hari.



Gambar 1. Sistem spektrometri gamma.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, dilaksanakan dalam dua buah bak yang difungsikan sebagai kolam ikan. Pengukuran sampel dari bak kontrol bertujuan untuk mengetahui kandungan Cesium¹³⁴ dalam air kran maupun di dalam tubuh ikan mas yang digunakan dalam penelitian. Berdasarkan hasil pencacahan air dan sampel ikan pada bak kontrol tersebut, tidak terdeteksi adanya Cesium¹³⁴ yang mengindikasikan bahwa air dan ikan yang digunakan dalam penelitian ini tidak mengandung Cesium¹³⁴, walaupun kemungkinan ada tetapi dalam konsentrasi yang sangat kecil dan masih dalam batas sensitivitas deteksi alat sehingga dapat diabaikan. Oleh karena itu, konsentrasi Cesium¹³⁴ pada bak pertama sebagai kolam percobaan tidak perlu dikoreksi kembali dengan faktor koreksi konsentrasi Cesium¹³⁴ yang hadir secara alami.

Pada awal penelitian saat ditambahkan Cesium Chlorida (CsCl) ke dalam kolam pertama, jumlah ikan mas yang terdapat di dalam kolam pertama sebanyak 63 ekor, lebih banyak daripada ikan mas di kolam kedua yaitu sebanyak 43 ekor. Hal itu bertujuan untuk mengantisipasi kemungkinan kurangnya jumlah ikan akibat tingginya tingkat kematian ikan yang diperkirakan akan diakibatkan oleh Cesium¹³⁴.

Pengukuran aktivitas dilakukan terhadap masing-masing bagian organ ikan mas yaitu daging, tulang dan organ dalam bertujuan untuk mengetahui pola distribusi dari kemampuan organ tersebut dalam mengabsorpsi sejumlah konsentrasi Cesium¹³⁴.

Setiap bagian organ tersebut dimasukkan ke dalam tabung sampel tersendiri yang telah diketahui beratnya. Jadi, untuk tiap ekor ikan sampel dibutuhkan tiga tabung sampel. Kemudian tabung sampel yang telah diisi tersebut ditimbang, sehingga diketahui berat sampel sebesar berat total tabung berisi sampel dikurang berat tabung. Sampel ikan dilarutkan ke dalam larutan asam sampai mencapai volume total 100 ml agar memiliki bentuk, ukuran dan sifat yang sama dengan standar yang telah dibuat sehingga nilai efisiensi alat untuk standard bisa diberlakukan terhadap sampel.

Efisiensi alat diketahui dengan cara mencacah 100 ml sampel yang telah diketahui konsentrasi Cesium¹³⁴ nya di dalam tabung yang memiliki bentuk, ukuran dan bahan yang sama dengan tabung yang digunakan untuk mencacah sampel. Standard yang digunakan yang memiliki aktivitas 1678 Bq/100mL. Dari hasil pencacahan diperoleh hasil pencacahan tingkatan energi Cesium¹³⁴ (500-890KeV) sebesar 56,827 cps. Dengan menggunakan persamaan (4), dihitung besar efisiensi alat sebagai berikut

$$\text{Efisiensi Alat} = \frac{56,827}{1678} = 0,0338659$$

Berdasarkan nilai efisiensi tersebut, dapat menghitung aktivitas sampel dalam satuan Bq, yang selanjutnya diubah menjadi satuan konsentrasi dengan cara membagi aktivitas hasil perhitungan dengan massa sampel ikan atau volume sampel air. Kemudian penentuan laju peningkatan konsentrasi dihitung dengan cara membagi perubahan konsentrasi terhadap waktu. Hasil perhitungan disajikan dalam Tabel 3 dan 4.

Tabel 3. Konsentrasi dan laju Cesium¹³⁴ dalam bagian organ ikan

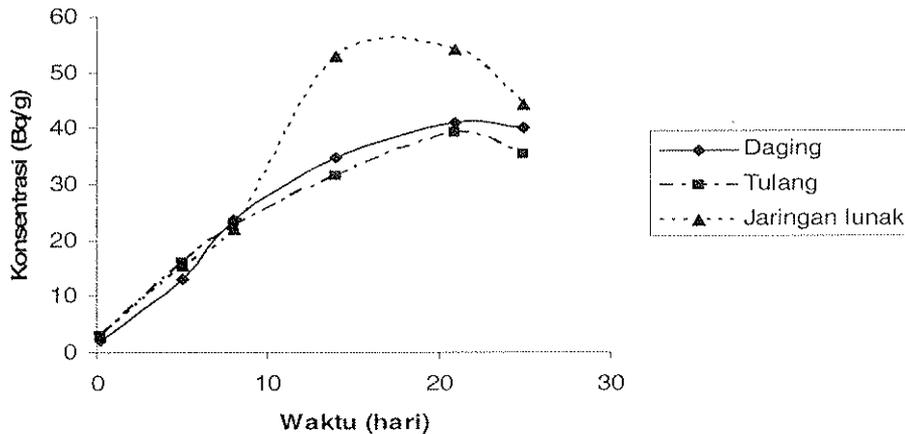
No.	Waktu (hari)	Daging Aktif		Tulang Aktif		Organ dalam Aktif	
		Kons. (Bq/g)	Laju (Bq/g.hari)	Kons. (Bq/g)	Laju (Bq/g.hari)	Kons. (Bq/g)	Laju (Bq/g.hari)
1	0,2	1,998	2,315	3,019	2,705	2,937	2,614
2	5	13,111	3,589	16,001	2,182	15,486	2,200
3	8	23,877	1,806	22,546	1,504	22,087	5,108
4	14	34,715	0,890	31,570	1,079	52,735	0,176
5	21	40,945	-0,228	39,122	-0,967	53,968	-2,446
6	25	40,032		35,255		44,185	

Tabel 4. Konsentrasi dan laju Cesium¹³⁴ dalam air

No.	Waktu (hari)	Kons. (Bq/ml)	Laju (Bq/ml.hari)
1	0	9,203	-0,427
2	5	7,065	-0,232
3	10	5,904	-0,222
4	14	5,014	-0,142
5	20	4,165	0,002
6	25	4,176	

Dari Tabel 3 menunjukkan nilai konsentrasi Cesium¹³⁴ yang terdeteksi pada bagian organ tubuh ikan dan laju Cesium¹³⁴ yang terdeteksi pada saat sampling. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa pada waktu sampling hari ke-0,2 maksudnya adalah pengambilan sampel yang dilakukan beberapa jam (4-5 jam) setelah Cesium¹³⁴ ditambahkan kedalam air kolam, dan nilai laju penyerapan Cesium¹³⁴ oleh ikan dan dalam air kolam. Nilai laju positif menunjukkan terjadinya peningkatan konsentrasi Cesium¹³⁴, sedangkan nilai negatif menunjukkan penurunan konsentrasi. Dari hasil pengamatan menunjukkan bahwa nilai laju penyerapan maksimum Cesium¹³⁴ pada bagian daging terjadi antara hari ke-5 dan hari ke-8, pada tulang pada 5 hari pertama dan pada organ dalam antara hari ke-8 sampai hari ke-14. Air kolam 1, laju penurunan konsentrasi Cesium¹³⁴ terbesar terjadi pada 5 hari pertama. Sedangkan konsentrasi Cesium¹³⁴ tertinggi di dalam bagian tubuh ikan diperoleh pada hari ke-21 yaitu sebesar 40,945 Bq/gram pada bagian daging, 39,122 Bq/gram pada tulang, dan 53,968 Bq/gram pada organ dalam. Sedangkan pada Tabel 4 terlihat bahwa konsentrasi Cesium¹³⁴ dalam air kolam saat mulai percobaan sebesar 9,2 Bq/ml dan konsentrasi Cesium¹³⁴ terendah terjadi pada hari ke-20 sebesar 4,165 Bq/ml. Pada gambar 2 melihat perbandingan pola transfer Cesium¹³⁴ di masing-masing bagian tubuh ikan. Terlihat

bahwa terdapat perbedaan pola transfer pada masing-masing bagian tersebut. Pola peningkatan konsentrasi daging memiliki kemiripan dengan tulang, dengan nilai konsentrasi di dalam daging sedikit lebih tinggi daripada tulang sejak hari ke-8. Untuk organ dalam, pada 8 hari pertama konsentrasinya tidak jauh berbeda dengan konsentrasi tulang dan daging. Namun, antara hari ke-8 dan 14 terjadi peningkatan konsentrasi yang cukup besar sehingga konsentrasinya menjadi lebih tinggi dibandingkan tulang maupun daging. Laju penurunan konsentrasi Cesium¹³⁴ di dalam organ dalam setelah hari ke-21 relatif lebih besar dibandingkan yang terjadi pada daging dan tulang. Diperkirakan sebagian aktivitas yang terukur pada organ dalam bukan berasal dari Cesium¹³⁴ yang terserap di dalam organ melainkan dari air yang lewat dan makanan yang belum dicerna yang terdapat pada bagian tersebut.



Gambar 2. Pola transfer Cesium¹³⁴ dari air ke daging, tulang dan organ dalam *Cyprinus carpio* L

Dari Gambar 2 dan 3 terlihat bahwa pada 21 hari pertama, terjadi kecenderungan peningkatan konsentrasi Cesium¹³⁴ di dalam tubuh ikan, baik pada bagian organ daging, tulang, maupun organ dalam. Bersamaan dengan peningkatan konsentrasi dalam tubuh ikan tersebut, terjadi penurunan konsentrasi di dalam air. Berkurangnya konsentrasi Cesium¹³⁴ di dalam air ini disebabkan oleh adanya penyerapan unsur tersebut oleh ikan mas yang hidup di dalamnya.

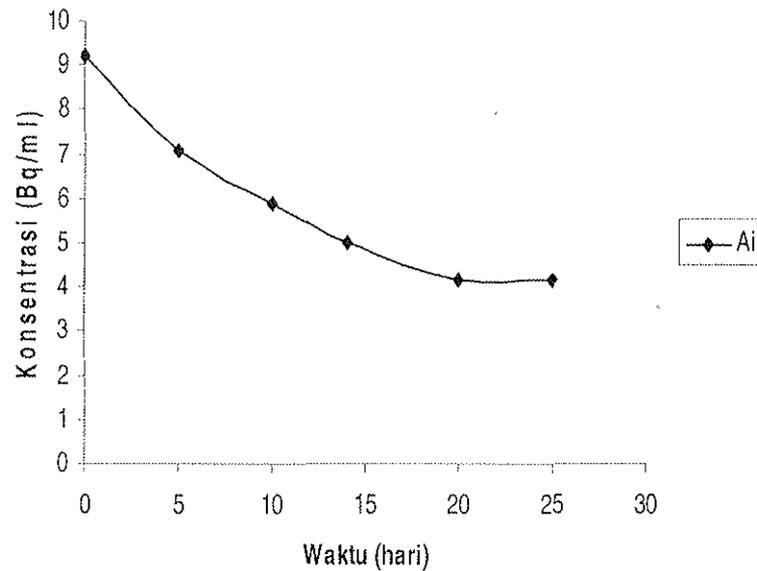
Penurunan konsentrasi Cesium¹³⁴ pada tubuh ikan terjadi bersamaan dengan peningkatan konsentrasi Cesium¹³⁴ di dalam air yaitu antara hari-21 sampai hari ke-25. Hal ini menandakan bahwa pada saat itu ikan melepaskan Cesium¹³⁴ dari dalam tubuhnya dengan jumlah yang lebih besar daripada Cesium¹³⁴ yang diserapnya dari air. Hal ini terjadi karena konsentrasi Cesium¹³⁴ di dalam air yang telah jauh menurun dan konsentrasi Cesium¹³⁴ di dalam tubuh ikan telah mencapai titik maksimumnya.

Penyerapan Cesium¹³⁴ oleh ikan dipengaruhi oleh berbagai faktor, diantaranya adalah tingkat kedewasaan ikan. Ikan yang masih muda yang masih tumbuh dari segi ukuran akan lebih cepat menyerap Cesium bila dibandingkan dengan ikan yang sudah dewasa. Hal ini disebabkan karena pada ikan yang lebih muda, unsur-unsur dari lingkungannya tersebut juga dimanfaatkan untuk pertumbuhannya. Ikan yang digunakan dalam penelitian ini termasuk kategori ikan muda dengan kisaran berat antara 30,58 gram sampai 88,24 gram.

Faktor lingkungan mempengaruhi terhadap penyerapan Cesium¹³⁴ ini. Selama percobaan berlangsung pada kondisi pH air berkisar antara 5 - 7,5 dan suhu air berkisar antara 22°C - 29,5°C. Suhu ruang 20°C - 42°C dengan kelembaban udara 49% - 99%. Tingkat bioakumulasi Cesium¹³⁷ pada ikan meningkat dengan peningkatan temperatur (Topcuoglu, S, 2000). Karena sifat Cesium¹³⁴ hampir bersamaan dengan sifat Cesium¹³⁷, maka pengaruh temperatur tersebut dapat diperkirakan sama terhadap Cesium¹³⁴.

Faktor lain yang penting adalah kehadiran ion kalium di dalam air karena Cesium¹³⁴ terakumulasi di dalam sel-sel ikan melalui mekanisme yang sama, sehingga akan terjadi

kompetisi antara penyerapan Cesium¹³⁴ dengan ion Kalium di dalam tubuh ikan (Lars Hakanson and Fernandez, J.A, 2001) . Ikan akan lebih cenderung untuk menyerap ion Kalium apabila terkandung ion kalium dalam jumlah yang tepat di dalam air. Dalam penelitian ini, konsentrasi awal ion Kalium di dalam air kolam yang digunakan sebesar 9,68 mg/l.



Gambar 3. Penurunan konsentrasi Cesium¹³⁴ dalam air

Dari pengamatan diatas terlihat ada kecenderungan bahwa konsentrasi Cesium¹³⁴ pada bagian tubuh ikan pada hari berikutnya menunjukkan relatif tetap sehingga dapat diasumsikan apabila pengamatan dilanjutkan, akan diperoleh suatu kondisi di mana konsentrasi Cesium¹³⁴ di dalam masing-masing bagian tubuh ikan dan di dalam air relatif tetap. Pada titik tersebut, terjadi keseimbangan antara Cesium¹³⁴ yang keluar dari dalam tubuh ikan dengan Cesium¹³⁴ yang masuk di dalam tubuh ikan.

5. KESIMPULAN

Penelitian dilakukan terhadap *Cyprinus carpio* L yang hidup di dalam air yang memiliki konsentrasi awal Cesium¹³⁴ sebesar 9,2 Bq/ml. Peningkatan konsentrasi Cesium¹³⁴ di dalam tubuh ikan terjadi di sekitar 20 hari pertama bersamaan dengan penurunan konsentrasi Cesium¹³⁴ di dalam air. Setelah mencapai konsentrasi maksimum, konsentrasi Cesium¹³⁴ dalam tubuh ikan mengalami penurunan disebabkan karena konsentrasi Cesium¹³⁴ yang masuk ke dalam tubuh ikan lebih kecil daripada yang keluar. Hal itu mengakibatkan peningkatan konsentrasi Cesium¹³⁴ dalam air. Pola transfer Cesium¹³⁴ ke dalam bagian-bagian tubuh ikan mas berbeda-beda. konsentrasi Cesium¹³⁴ di dbagian daging sedikit lebih tinggi dibandingkan pada bagian tulang.

Daftar Pustaka

- Lars Hakanson, Jose A. Fernandez. (2001), *A mechanistic sub-model predicting the influence of potassium on radiocesium uptake in aquatic Biota*, Journal of Environmental Radioactivity.
- Martin, Alan & Samuel A.Harbison., Disarikan oleh Poppy Intan Tjahaja, (2002), *Materi Kuliah Keselamatan Radiasi*. Jurusan Teknik lingkungan, FTSP, ITB. Bandung.
- Topcuoglu, S., (2000), *Bioaccumulation of cesium-137 by biota in different aquatic environments*, Cekmec Nuclear Research and Training Center, Radiobiology Department, Istanbul Turkey.