

## DISTRIBUSI KONSENTRASI TRITIUM ORGANIK DI DALAM TANAH

Poppy Intan Tjahaja

Pusat Standardisasi dan Penelitian Keselamatan Radiasi - Badan Tenaga Atom Nasional

### ABSTRAK

DISTRIBUSI KONSENTRASI TRITIUM ORGANIK DI DALAM TANAH. Tritium organik di dalam tanah dianalisis untuk mengetahui konsentrasi dan distribusinya. Cuplikan tanah yang dibedakan sebagai serasah dan humus dikoleksi dari sebuah hutan pinus di kota Taki, Jepang, selama tahun 1991 dan 1992. Cuplikan tritium organik diperoleh melalui proses pengabuan. Konsentrasi tritium organik kemudian dicacah dengan menggunakan pencacah sintilasi cair. Dari hasil pengukuran diperoleh konsentrasi tritium organik di dalam serasah  $3,59 \pm 0,36$  Bq/l dan di dalam humus  $2,97 \pm 0,29$  Bq/l. Konsentrasi tritium organik dalam tanah bervariasi menurut waktu pengambilan cuplikan. Curah hujan mempengaruhi konsentrasi tritium organik di dalam serasah berupa efek pengenceran.

### ABSTRACT

DISTRIBUTION OF ORGANICALLY BOUND TRITIUM CONCENTRATION IN SOIL. The organically bound tritium in soil has been analyzed to evaluate its concentration and distribution. Soil sample separated as litter and humus, was collected in a pine stand in Taki City, Japan, during 1991 and 1992. The organically bound tritium sample was obtained by combustion of dried sample. The concentration of organically bound tritium was then counted using a liquid scintillation counter. The concentration of organically bound tritium were  $3.59 \pm 0.36$  Bq/l for litter and  $2.97 \pm 0.29$  Bq/l for humus. The concentration of organically bound tritium in soil varied according to the sampling time. The amount of precipitation influences the concentration of organically bound tritium in litter by dilution effect.

### PENDAHULUAN

Tritium adalah isotop hidrogen yang bersifat radioaktif pemancar sinar beta dengan energi maksimum 18,6 keV [1]. Secara alamiah tritium diproduksi di stratosfir melalui reaksi antara atom-atom nitrogen dan oksigen dengan proton dan neutron yang berasal dari ruang angkasa. Tritium yang terbentuk dari reaksi ini segera teroksidasi menjadi air tritium (tritiated water), atau HTO, dan kemudian ikut di dalam siklus air di alam. Selain itu, keberadaan tritium di alam juga disebabkan oleh lepasan dari instalasi nuklir. Diperkirakan setiap tahunnya  $2 \pm 10^{16}$  Bq tritium terlepas ke lingkungan [1]. Tritium yang terlepas ke lingkungan dari instalasi nuklir terdapat dalam bentuk *tritiated hydrogen* (HT), *tritiated water* (HTO), dan terikat pada rantai hidrokarbon yang sebagian besar berupa senyawa metan, disebut dengan *tritiated methane* ( $\text{CH}_3\text{T}$ ). Tritium kemudian akan masuk ke dalam materi lingkungan yang mengandung hidrogen, dan terdapat dalam bentuk senyawa molekul air, disebut dengan *Free Water Tritium* (FWT), atau bersenyawa dengan molekul organik, disebut dengan *Organically Bound Tritium* (OBT).

Di dalam tanah tritium terdapat dalam bentuk air dan dalam bentuk ikatan senyawa organik. Tritium masuk dan bergerak di dalam tanah melalui proses difusi gas (HT, HTO, dan  $\text{CH}_3\text{T}$ ), atau melalui pergerakan air karena proses gravitasi dan kapilaritas (HTO). HT yang berdifusi ke dalam tanah akan dioksidasi menjadi HTO dengan bantuan mikroorganisme tanah penghasil enzim hydrogenase [2]. HTO di dalam tanah akan bergerak melalui proses yang sama dengan air.

Tritium organik di dalam tanah berasal dari tanaman yang tumbuh pada tanah tersebut, dan sebagian kecil diproduksi oleh mikroorganisme tanah yang bersifat autotrop yang menggunakan HT sebagai sumber energi [3]. Efek transfer tritium organik di dalam tanah terhadap transpor tritium sangat kecil dibandingkan dengan air tritium.

Dalam penelitian ini, tanah, yang dipisahkan sebagai serasah dan humus, dianalisis kandungan tritiumnya untuk mengetahui konsentrasi dan distribusi tritium organik di dalam tanah yang dapat dipakai sebagai data dasar

untuk mengevaluasi fluktuasi konsentrasi tritium di alam.

### TATAKERJA

Cuplikan tanah yang berupa serasah (jatuhan daun kering di permukaan tanah dalam keadaan belum membusuk) dan humus dikoleksi dari sebuah hutan pinus di kota Toki, propinsi Gifu, Jepang. Pengambilan cuplikan dilakukan 4 kali selama tahun 1991, yaitu tanggal 23 Januari, 5 Mei, 6 Agustus, dan 30 Oktober; dan 3 kali selama tahun 1992, yaitu tanggal 5 Februari, 23 Maret, dan 12 Juni. Cuplikan serasah dan humus masing-masing sebanyak lebih kurang 800 gram dan 1500 gram dimasukkan ke dalam kantong plastik, dan disimpan di dalam lemari pendingin, pada suhu 10°C, sampai pada waktu akan diproses.

Cuplikan serasah dan humus masing-masing dikeringkan dengan metode *freeze drying*, kemudian diabukan dengan alat pengabuan yang didesain khusus untuk cuplikan tritium organik [4].

Cuplikan kering sebanyak 60 gram diabukan, dan uap air yang mengandung tritium yang merupakan hasil pembakaran, dikondensasikan di dalam 2 tabung gelas yang didinginkan dengan es kering. Pengabuan dilakukan 2 kali untuk memperoleh tritium organik dalam jumlah yang cukup, yaitu sebanyak lebih kurang 60 ml.

Air yang tertampung kemudian didistilasi setelah sebelumnya ditambah dengan 6% (w/v)  $KMnO_4$  dan 0,2% (w/v)  $Na_2O_2$ . Distilasi dilakukan 2 atau 3 kali sampai diperoleh air murni. Kemurnian air diuji dengan spektrometer UV.

Sebanyak 50 ml cuplikan yang telah didistilasi dicampur dengan Picofluor (Packard Ltd.) di dalam botol teflon dengan perbandingan 1:1. Konsentrasi tritium organik kemudian diukur dengan pencacah sintilasi cair Aloka LB II.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

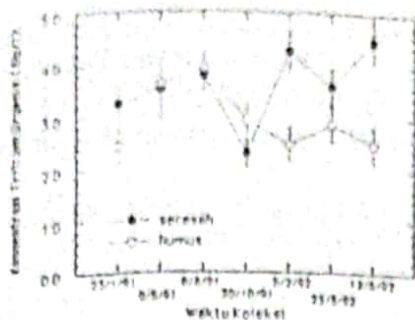
Hasil pengukuran konsentrasi tritium organik di dalam tanah disajikan dalam Tabel 1. Konsentrasi tritium organik di dalam tanah berkisar antara 2,30 Bq/l sampai 4,47 Bq/l dengan konsentrasi rata-rata  $3,59 \pm 0,36$  Bq/l dan  $2,97 \pm 0,29$  Bq/l masing-masing untuk serasah dan humus. Tidak dijumpai adanya perbedaan konsentrasi tritium organik di dalam serasah dan humus setelah dilakukan uji t dengan tingkat kepercayaan 95%. Hal ini membuktikan bahwa tritium organik terdistribusi secara merata di dalam tanah permukaan.

Tabel 1. Konsentrasi tritium organik di dalam tanah

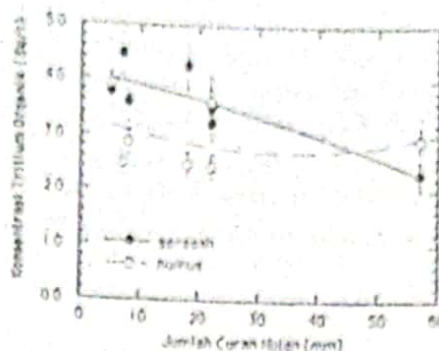
Cuplikan tanah	Waktu Koleksi	Konsentrasi (Bq/l)
Serasah	23-1-1991	$3,23 \pm 0,30$
	9-5-1991	$3,52 \pm 0,57$
	6-8-1991	$3,78 \pm 0,30$
	30-10-1991	$2,30 \pm 0,28$
	5-2-1992	$4,28 \pm 0,39$
	23-3-1992	$3,60 \pm 0,35$
	12-6-1992	$4,47 \pm 0,38$
Humus	23-1-1991	$2,44 \pm 0,29$
	9-5-1991	$3,53 \pm 0,27$
	6-8-1991	$3,93 \pm 0,28$
	30-10-1991	$2,94 \pm 0,24$
	5-2-1991	$2,48 \pm 0,32$
	23-3-1992	$2,88 \pm 0,33$
	12-6-1992	$2,49 \pm 0,34$

Tritium organik dalam tanah terbentuk melalui 2 proses, yaitu merupakan turunan dari tritium organik yang terkandung di dalam daun tumbuhan yang ketika sudah kering jatuh ke permukaan tanah, dan tritium organik yang terbentuk melalui proses pembentukan biomasa dengan cara asimilasi HT langsung dari udara ataupun melalui HTO [3, 5]. Dari hasil penelitian ini diketahui bahwa konsentrasi tritium organik dalam serasah sama dengan dalam humus. Hal ini menunjukkan bahwa asimilasi HT langsung dari udara atau dari HTO yang bersirkulasi di dalam tanah memegang peranan dalam pembentukan tritium organik di dalam tanah. Diabtate [6] juga menyimpulkan bahwa tritium organik di dalam tanah terbentuk karena asimilasi langsung HT dan  $CH_3T$  yang mempunyai aktivitas spesifik tinggi di atmosfer oleh mikroorganisme tanah. Atom tritium dari HT dan  $CH_3T$  berikatan dengan senyawa organik dalam tubuh mikroorganisme pada saat pembentukan struktur tubuh atau melalui pertukaran atom tritium dengan atom hidrogen dari tubuh mikroorganisme. Apabila tritium organik dalam tanah merupakan turunan dari tritium organik dari daun tumbuhan, maka diharapkan tritium organik humus lebih tinggi konsentrasinya daripada tritium organik serasah, karena tritium organik humus terbentuk dari tritium organik tumbuhan beberapa waktu sebelumnya, yang pada waktu itu konsentrasi tritium di udara sangat tinggi.

Fluktuasi konsentrasi tritium organik di dalam tanah selama tahun 1991 dan 1992 ditunjukkan pada Gambar 1. Konsentrasi tritium organik dalam semua cuplikan serasah berkisar



Gambar 1. Variasi konsentrasi tritium organik di dalam tanah selama tahun 1991 dan 1992



Gambar 2. Hubungan antara jumlah curah hujan dengan konsentrasi tritium organik di dalam tanah.

antara 3 - 5 Bq/l, hanya pada cuplikan yang dikoleksi pada tanggal 30 Oktober 1991 konsentrasinya terlihat sangat rendah, yaitu 2,3 Bq/l. Konsentrasi tritium organik cuplikan humus yang dikoleksi pada tanggal 9 Mei dan 6 Agustus 1991 relatif tinggi, dan cuplikan-cuplikan yang dikoleksi pada waktu berikutnya relatif rendah. Fluktuasi konsentrasi tritium organik dalam tanah berhubungan dengan curah hujan, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.

Konsentrasi tritium organik dalam serasah menurun dengan meningkatnya jumlah curah hujan, sedangkan konsentrasinya dalam humus tidak terpengaruh oleh curah hujan. Pada serasah terlihat adanya efek pengenceran konsentrasi tritium oleh air hujan. Rendahnya konsentrasi tritium organik dalam cuplikan serasah yang dikoleksi pada tanggal 30 Oktober 1991 berhubungan dengan curah hujan yang cukup tinggi pada saat itu, yaitu 57 mm.

Tritium berikatan dengan molekul organik melalui dua cara, yaitu yang mudah lepas (*exchangeable*) untuk tritium yang terikat pada atom nitrogen, sulfur atau oksigen, dan yang terikat kuat (*unexchangeable*) untuk tritium yang terikat langsung pada rantai karbon [6]. Efek pengenceran yang terjadi pada tritium organik dalam serasah, disebabkan oleh pertukaran atom tritium yang bersifat *exchangeable*

Keterangan:

(---) adalah persamaan *least square polinomial* untuk mempermudah melihat kecenderungan data

pada molekul organik serasah dengan atom hidrogen dalam air hujan. Sedangkan tidak berpengaruhnya curah hujan terhadap konsentrasi tritium organik dalam humus diduga disebabkan oleh ikatan atom tritium pada molekul organik humus yang bersifat *unexchangeable*.

#### KESIMPULAN

Dari hasil analisis konsentrasi tritium organik di dalam tanah diperoleh hasil bahwa tritium organik terdistribusi merata di dalam tanah permukaan, dengan konsentrasi berkisar antara 2,30 - 4,47 Bq/l. Konsentrasi tritium organik rata-rata  $3,59 \pm 0,36$  Bq/l untuk serasah dan  $2,97 \pm 0,29$  Bq/l untuk humus.

Konsentrasi tritium organik di dalam tanah bervariasi menurut waktu pengambilan cuplikan. Pada serasah konsentrasinya rendah untuk cuplikan yang dikoleksi pada waktu curah hujan tinggi dan sebaliknya, sedangkan pada humus kecenderungan tersebut tidak terlihat. Jumlah curah hujan mempengaruhi konsentrasi tritium di dalam serasah berupa efek pengenceran.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. United Nation Scientific Committee on The Effects of Atomic Radiation, UNCEAR, Environmental behavior and dosimetry of radionuclides, Report to the General Assembly with Annexes, (1998).
2. Momoshima, N., Tjahaja, P.I. and Takashima, Y., HT xidation activity of soil irradiated with gamma radiation, *Journal of Nuclear Science and Technology*, 29 (1992)1101-1017.
3. Murphy, C. E., Jr., Tritium transport and cycling in the environment, *Health Physic*, 65 (1993) 683-696.

4. Takashima, Y., Momoshima, N., Inoue, M., and Nakamura, Y., Tritium in Pine Needles and Its Significant Source in The Environment, in Measurement of Environmental Tritium and Its Analysis, Kyushu University, Fukuoka (1987).
5. Papke, H. and Forstel, H., Formation rate of non exchangeable organically bound tritium from tritiated soil water, Health Physic, 60 (1991) 773-779.
6. Diabate, S. and Strack, S., Organically bound tritium, Health Physic, 65 (1993) 698-712.