

# ESTIMASI LAJU EROSI/DEPOSIT PADA LAHAN OLAHAN KECIL DI PUNCAK-BOGOR DENGAN ISOTOP ALAM $^{137}\text{Cs}$

## ESTIMATION OF EROSION/DEPOSITION RATE IN SMALL CULTIVATION SITE-PUNCAK BOGOR USING ENVIRONMENTAL ISOTOPE $^{137}\text{Cs}$

Nita Suhartini

Pusat Penelitian dan Pengembangan Isotop dan Radiasi-BATAN, Jakarta

email: s-nita@batan.go.id

### Abstrak

Telah dilakukan suatu penelitian tentang estimasi laju erosi menggunakan isotop alam  $^{137}\text{Cs}$ . Radiogenik  $^{137}\text{Cs}$  yang terdapat di tanah dapat digunakan sebagai perunut untuk mengestimasi besarnya laju erosi/deposit di suatu lahan tertentu yang telah terjadi sejak tahun 1950-an, dengan membandingkan nilai aktivitas total  $^{137}\text{Cs}$  di suatu lokasi penelitian dengan suatu lokasi pembanding. Penelitian ini bertujuan untuk memperkirakan laju erosi/deposit suatu lahan olahan yang menggunakan sistem guludan. Lokasi penelitian yang dipilih adalah di daerah pertanian Puncak-Bogor. Pengambilan cuplikan dilakukan menggunakan alat *scraper* (20 x 50) cm untuk lokasi pembanding dan *coring* ( $\Phi_i = 7$  cm) untuk titik-titik percobaan. Dua lahan olahan kecil yaitu lahan olahan I (TS3) (50 x 60)m, dan Lahan Olahan II (TS5) (50 x 60) m dipilih sebagai lokasi percobaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju erosi total TS3 adalah -5 ton/ha/tahun dan TS5 adalah -39 ton/ha/tahun.

Kata kunci : erosi/deposit, radioisotop lingkungan,  $^{137}\text{Cs}$

### Abstract

Investigation of the erosion rate estimation had been done using environmental isotope  $^{137}\text{Cs}$ . Radiogenic  $^{137}\text{Cs}$  contents of the soil can be used to estimate the amount of erosion/deposition in an area that has been occurring since the late 1950's, with respect to the stable reference site. The investigation aimed to estimate erosion/deposit rate in small cultivated site that using ridge and furrow system located in Puncak - Bogor. Sampling of soil was done by using scraper (20 x 50) cm for reference site, and coring ( $\Phi_i = 7$  cm) for investigation points. Two small cultivated sites were chosen namely TS3 (50 x 60) m, and TS5 (50 x 60) m. The result showed that net erosion for TS3 and TS5 were -5 ton/ha.year and -39 ton/ha.year, respectively.

Keywords : erosion/deposit, environmental radioisotope,  $^{137}\text{Cs}$

## 1. PENDAHULUAN

Erosi merupakan suatu problem yang penting di Indonesia, yang disebabkan oleh sistem pertanian yang tidak teratur dan penggundulan hutan. Pembukaan hutan ini dilakukan untuk memperoleh suatu keuntungan hasil hutan serta usaha pertanian. Pembukaan hutan yang tidak direncanakan dengan baik tersebut dapat menyebabkan daya serap tanah terhadap air hujan sangat berkurang, sehingga dapat menimbulkan banjir. Banjir tersebut akan mengikis permukaan tanah yang subur. Selain banjir, bahaya lain yang mengancam penduduk yang tinggal di sekitar lahan kritis adalah longsor. Agar bahaya tersebut dapat dikurangi, maka perlu dilakukan suatu kontrol terhadap erosi tanah. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengamati erosi adalah metode teknik nuklir, yaitu suatu metode

yang memanfaatkan radioisotop alam seperti  $^{210}\text{Pb}$  untuk laju erosi jangka panjang ( $\pm 100$  tahun),  $^{137}\text{Cs}$  untuk menentukan laju erosi jangka menengah ( $\pm 40$  tahun) dan  $^7\text{Be}$  untuk laju erosi jangka pendek ( $\pm 1$  tahun). Penggunaan isotop alam  $^{137}\text{Cs}$  sudah sangat baik diterapkan di negara Amerika, Inggris dan Australia (Zapata, 2002).

$^{137}\text{Cs}$  yang terdapat di atmosfer merupakan produk dari percobaan senjata nuklir yang dilakukan sekitar tahun 1950-an dan 1960-an. Kemudian  $^{137}\text{Cs}$  ini terdeposit kurang lebih secara merata di atas permukaan bumi selama musim hujan. Ketika menyentuh permukaan tanah, dengan sangat cepat unsur  $^{137}\text{Cs}$  akan terikat pada partikel tanah. Metode radioisotop alam ini berdasarkan pada pembandingan antara nilai inventori  $^{137}\text{Cs}$  dari lokasi penelitian terhadap nilai inventori  $^{137}\text{Cs}$  dari suatu lokasi

pembandingan. Lokasi pembandingan (*originally site*) adalah suatu lokasi yang tidak pernah mengalami penggerusakan sehingga konsentrasi  $^{137}\text{Cs}$  di lapisan tanahnya tidak mengalami pengurangan, dan berkurangnya aktivitas  $^{137}\text{Cs}$  hanya disebabkan oleh proses peluruhan. Jika nilai pembandingan bertanda negatif (-) maka menunjukkan telah terjadi proses erosi di titik percobaan tersebut, dan jika bertanda positif (+) menunjukkan telah terjadi proses deposit (He dan Walling, 1997).

Penelitian ini bertujuan untuk memperkirakan laju erosi di suatu lahan olahan yang terletak di Puncak-Bogor, dengan kemiringan berkisar antara ( $10^\circ\text{C}$ - $15^\circ\text{C}$ ). Pada penelitian sebelumnya (5) telah diperoleh informasi bahwa erosi dapat diperkecil dengan menggunakan sistem guludan dengan posisi gundukan dan selokan yang selalu diubah setiap musim tanam. Dua lokasi telah dipilih yaitu TS3 dan TS5, dimana kedua tempat ini menggunakan sistem guludan dan ditanami oleh singkong, cabe, kacang tanah dan jagung secara bergiliran. Pengambilan sampel dilakukan saat lahan olahan ini pada kondisi rata, karena model konversi yang digunakan hanya dapat diaplikasikan untuk lahan yang rata permukaan tanahnya. Lokasi pembandingan yang dipilih adalah suatu tempat yang terdapat di sekitar perkebunan teh, karena di lokasi ini terletak di posisi teratas dan datar, sehingga erosi/deposit sangat kecil terjadi. Perhitungan laju erosi/deposit untuk setiap titik percobaan akan menggunakan Model konversi Kesetimbangan Massa 2 (MKM2) dan laju erosi total menggunakan Model GRID yang terdapat dalam software SURFER.

## 2. METODOLOGI

### Pengambilan cuplikan (*sampling*)

Pengambilan cuplikan di lokasi pembandingan menggunakan alat *scraper* dengan ukuran (20x50) cm hingga kedalaman 20 cm dengan interval setiap lapisan 2 cm, kemudian dilanjutkan menggunakan *coring* ( $\Phi_i = 7$  cm) hingga kedalaman 50 cm dengan interval setiap lapisan 10 cm. Pada titik-titik percobaan, pengambilan cuplikan menggunakan *coring* ( $\Phi_i = 7$  cm) hingga kedalaman 40 cm. Pengambilan cuplikan di lahan olahan TS3 dengan ukuran (50 x 60) m dilakukan untuk jarak setiap titik adalah 10 m, sedangkan TS5 (50 x 60) m dengan jarak setiap titik adalah 10 m horizontal dan 20 m vertikal.

### Perlakuan Pendahuluan cuplikan

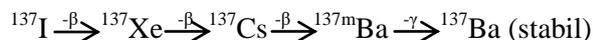
Cuplikan-cuplikan tanah yang telah dibawa ke laboratorium sedimentologi – P3TIR – BATAN, kemudian dilakukan perlakuan pendahuluan sebelum dianalisis kandungan  $^{137}\text{Cs}$  nya. Perlakuan pendahuluan cuplikan terdiri dari : pengeringan cuplikan tanah, penimbangan berat kering total cuplikan, pengayakan hingga lolos ayakan 1 mm dan pengerusan agar diperoleh ukuran butiran yang homogen.

### Analisis kandungan $^{137}\text{Cs}$

Cuplikan-cuplikan kering yang halus telah siap untuk dianalisis kandungan  $^{137}\text{Cs}$  nya. Sebanyak 500 g dari cuplikan tanah kering dan halus dimasukkan ke dalam merinelli dan ditutup dengan baik. Kandungan  $^{137}\text{Cs}$  dalam cuplikan tanah selanjutnya dianalisis menggunakan detektor *High Purity Germanium* (HPGe) yang dihubungkan ke ORTEC *spectrum master* dan *multi channel analyzer* (MCA) pada energi 662 keV. Pengukuran dilakukan selama minimum 16 jam, dan cuplikan yang memiliki kandungan  $^{137}\text{Cs}$  rendah, perlu penambahan waktu pencacahan agar kesalahan pencacahan dapat dikurangi.

### Analisis data

Saat menganalisis  $^{137}\text{Cs}$  pada cuplikan tanah menggunakan spektrometri gamma (MCA) yang dilengkapi dengan detektor HPGe, unsur yang terdeteksi oleh detektor adalah  $^{137\text{m}}\text{Ba}$ .  $^{137\text{m}}\text{Ba}$  (waktu paruh = 2,44 bulan) adalah anak dari  $^{137}\text{Cs}$  (waktu paruh = 30,17 tahun) dan ini merupakan petunjuk tidak langsung dari penentuan aktivitas  $^{137}\text{Cs}$ . Hal ini disebabkan  $^{137}\text{Cs}$  pemancar sinar- $\beta$  dan  $^{137\text{m}}\text{Ba}$  pemancar sinar- $\gamma$ , seperti yang terlihat pada rangkaian peluruhan dibawah ini:



Unsur  $^{137\text{m}}\text{Ba}$  sebagai pemancar sinar- $\gamma$  yang akan terdeteksi oleh detektor pada energi 662 keV, dan selain itu unsur  $^{137\text{m}}\text{Ba}$  juga akan muncul unsur  $^{214}\text{Bi}$  sebagai pengganggu. Oleh karena itu hasil cacahan pada energi 662 keV ini perlu dikoreksi terhadap unsur  $^{137\text{m}}\text{Ba}$ . Besarnya koreksi unsur  $^{137\text{m}}\text{Ba}$  pada energi 662 keV adalah sebagai berikut:

$$\text{Net Area } ^{137}\text{Cs} \text{ (pada energi 662 keV)} = \text{Net Area } ^{137\text{m}}\text{Ba} \text{ ( energi 662 keV)} - 3,5\% \times \text{Net Area } ^{214}\text{Bi} \text{ (energi 609 keV)}$$

Hasil cacahan cuplikan tanah kemudian dikonversi menjadi satuan aktivitas radioaktif (Bq) menggunakan persamaan:

$$\frac{\text{Jumlah cacahan (counts)}}{\text{lamanya pencacahan (detik)}}$$

Untuk mendapatkan nilai konsentrasi  $^{137}\text{Cs}$  yang sesungguhnya, konsentrasi  $^{137}\text{Cs}$  yang didapat dari alat MCA kemudian dikoreksi menggunakan standar tanah yang telah diketahui aktivitasnya (SOIL IAEA-375). Faktor koreksi diperoleh dengan cara membandingkan hasil pengukuran aktivitas standar menggunakan MCA terhadap aktivitas sesungguhnya pada waktu yang sama. Persamaan yang digunakan adalah (Loughran, Elliott, dan Campbell, 1993):

$$c.f. = A_{so} / A_{ao}$$

dimana:

- c.f. = faktor koreksi
- A<sub>ao</sub> = Aktivitas standar dari alat (Bq/g)
- A<sub>so</sub> = Aktivitas standar sebenarnya (Bq/g)

Faktor koreksi kemudian akan digunakan untuk mengoreksi aktivitas  $^{137}\text{Cs}$  yang diperoleh melalui pengukuran.

$$A_s = c.f. \times \left( \frac{A_a}{W} \right)$$

dimana:

- A<sub>s</sub> = Aktivitas  $^{137}\text{Cs}$  sampel terkoreksi (Bq/g)
- A<sub>a</sub> = Aktivitas  $^{137}\text{Cs}$  sampel dari alat (Bq)
- W = Berat sampel yang dianalisis (g)

Jika aktivitas dikonversi ke persatuan luas, maka:

$$A = \frac{(A_s \times m)}{a(v)}$$

dimana:

- A = aktivitas terkoreksi (Bq/m<sup>2</sup>)
- m = massa kering sampel lolos ayakan 1 mm (g)
- a = Luas permukaan alat sampling (m<sup>2</sup>)

Perhitungan laju erosi/deposit untuk setiap titik percobaan akan menggunakan Model Kesetimbangan Massa 2 (MKM2) yang terdapat dalam software model konversi  $^{137}\text{Cs}$  yang dikembangkan di Universitas EXETER- United Kingdom, yaitu:

$$\frac{dA(t)}{dt} = (1 - I') \Gamma(t) - \left( \lambda + P \frac{R}{d} \right) A(t)$$

dimana:

- A(t) = aktivitas kumulatif  $^{137}\text{Cs}$  per unit luas-an (Bq/m<sup>2</sup>)
- R = laju erosi (kg/m<sup>2</sup>-th)

- d = kedalaman massa kumulatif pengolahan lapisan tanah (kg/m<sup>2</sup>)
- λ = faktor peluruhan dari  $^{137}\text{Cs}$  (th<sup>-1</sup>)
- I(t) = fluks deposit tahunan  $^{137}\text{Cs}$  (Bq/m<sup>2</sup>-th)
- Γ = persentase dari *fallout*  $^{137}\text{Cs}$  yang terbawa oleh erosi sebelum tercampur dalam lapisan pengolahan

Jika distribusi eksponensial untuk distribusi awal dari *fallout*  $^{137}\text{Cs}$  pada permukaan tanah telah diasumsikan, Γ maka dapat didefinisikan sebagai:

$$\Gamma = P\gamma (1 - e^{-R/H})$$

Dimana γ adalah perbandingan antara  $^{137}\text{Cs}$  yang terbawa oleh erosi terhadap *input* tahunan  $^{137}\text{Cs}$  yang terjatuh dari atmosfer, H (kg/m<sup>2</sup>) adalah relaksasi kedalaman massa (kedalaman massa maksimum) dari distribusi *fallout*  $^{137}\text{Cs}$  di lapisan tanah jika pengolahan menggunakan tangan (cangkul). Untuk perhitungan laju erosi/deposit rata-rata dan besarnya erosi yang terjadi pada setiap lahan olahhan (net erosion) digunakan model GRID yang telah dikembangkan secara khusus untuk menentukan distribusi laju erosi/deposit yang terjadi pada suatu daerah tangkapan (*catchment*) dengan ukuran beberapa kilometer persegi sampai dengan ratusan kilometer persegi. Nilai rata-rata erosi dan deposit dirumuskan sebagai berikut (He, dan Walling, 2003):

$$\text{Rata-rata erosi} = \frac{\sum_e R_e a}{\sum_e a + \sum_d a}$$

$$\text{Rata-rata deposit} = \frac{\sum_d R_d a}{\sum_e a + \sum_d a}$$

dimana:

- a = ukuran (luas) sel (m<sup>2</sup>)
- e = sel yang mewakili nilai-nilai erosi
- d = sel yang mewakili nilai deposit
- R<sub>e</sub> dan R<sub>d</sub> = Masing-masing laju erosi dan deposit yang mewakili setiap sel

Net laju erosi didefinisikan sebagai berikut:

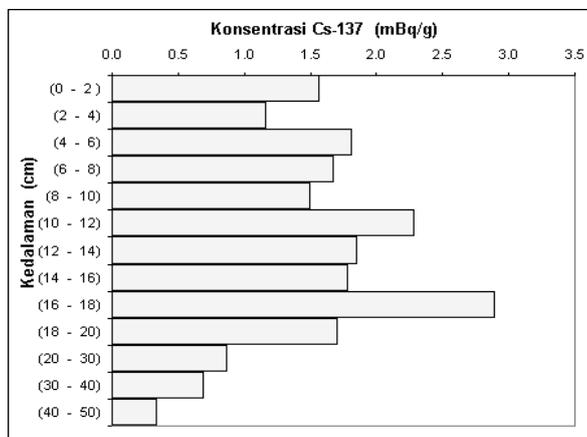
$$\text{Net erosi / deposit} = \frac{\sum_e R_e a - \sum_d R_d a}{\sum_e a + \sum_d a}$$

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN.

Profil distribusi vertikal  $^{137}\text{Cs}$  lokasi pembandingan seperti terlihat pada Gambar 1, Konsentrasi  $^{137}\text{Cs}$  pada Gambar 1 menggunakan satuan (mBq/g),

karena interval lapisannya tidak sama dimana pada kedalaman 0 cm sampai dengan 20 cm adalah 2 cm, sedangkan pada kedalaman 20 cm sampai dengan 50 cm adalah 10 cm. Gambar 1 menunjukkan bahwa nilai maksimum berada di lapisan atas pada kedalaman 18 cm.

Profil distribusi vertikal  $^{137}\text{Cs}$  dari lokasi pembanding ini memperlihatkan bahwa lokasi ini pernah mengalami pengolahan dangkal. Hal ini dapat diketahui dimana konsentrasi  $^{137}\text{Cs}$  memiliki profil yang tidak beraturan. Suatu lokasi yang tidak pernah mengalami pengolahan (*originally site*) akan memiliki profil distribusi yang maksimum pada lapisan atas dan kemudian menurun secara signifikan dengan bertambahnya kedalaman (Suhartini, 2006). Lokasi ini dapat dijadikan sebagai lokasi pembanding walaupun pernah mengalami pengolahan, karena lokasi ini terletak di tempat teratas dan datar sehingga kemungkinan terjadinya proses erosi/deposit sangat kecil. Lokasi ini tidak mengalami pengurangan/penambahan konsentrasi  $^{137}\text{Cs}$ , radioisotop  $^{137}\text{Cs}$  di lokasi pembanding ini hanya mengalami perpindahan dari lapisan atas ke lapisan bawahnya atau sebaliknya karena adanya pengolahan, sehingga lokasi ini dapat digunakan sebagai lokasi pembanding.



**Gambar 1.** Distribusi Vertikal  $^{137}\text{Cs}$  dari Lokasi Pembanding

Melalui Gambar 1 juga dapat diketahui bahwa  $^{137}\text{Cs}$  terdistribusi lebih dari 50 cm, hal ini disebabkan karena lokasi penelitian ini memiliki curah hujan tahunan yang cukup tinggi (> 2500 mm) sehingga mempengaruhi distribusi vertikal dari  $^{137}\text{Cs}$  di lapisan tanah. Dengan menggunakan persamaan (v), nilai inventori  $^{137}\text{Cs}$  sampai dengan kedalaman 40 cm dari lokasi pembanding adalah  $(435 \pm 62) \text{ Bq/m}^2$  (nilai rata-rata dari 8 coring dan 1 scraper).

Perhitungan laju erosi/deposit setiap titik percobaan menggunakan Model konversi Kesetimbangan Massa 2 (MKM2) dengan data nilai faktor proporsional gamma ( $\gamma$ ) adalah 0,85 dan kedalaman relaksasi (H) adalah  $40 \text{ kg/m}^2$  dengan asumsi bahwa pengolahan lahan dimulai pada tahun 1975. 42 cuplikan diambil dari lahan olahan TS3 (50 x 60) m dengan jarak antara satu titik dengan yang lain adalah 10 m dan 24 cuplikan dari lahan olahan TS5 (50 x 60) m dengan jarak antara satu titik dengan yang lain adalah 10 m horizontal dan 20 m vertikal. Hasil perhitungan laju erosi/deposit setiap titik percobaan menggunakan model konversi MKM2 dapat dilihat pada Tabel 1.

Pada Tabel 1 terlihat bahwa sebagian besar nilai inventori  $^{137}\text{Cs}$  di lahan TS3 lebih besar dari nilai inventori  $^{137}\text{Cs}$  lokasi pembanding, sedangkan nilai inventori di lahan TS5 semuanya lebih kecil dari lokasi pembanding. Ini berarti telah terjadi kehilangan  $^{137}\text{Cs}$  dari lahan TS5, dimana nilai negatif (-) menunjukkan erosi dan positif menunjukkan deposit. Estimasi rata-rata dan net erosi/deposit dihitung menggunakan sistem Model GRID yang terdapat dalam software SURFER, dimana plot percobaan dibagi menjadi beberapa sel dengan ukuran setiap sel adalah 5 m x 5 m. Dengan menggunakan Model GRID yang terdapat didalam software SURFER laju rata-rata dan net erosi/deposit di lahan olahan I (TS3) dan lahan olahan II (TS5) dapat dihitung seperti yang terlihat pada Tabel 2.

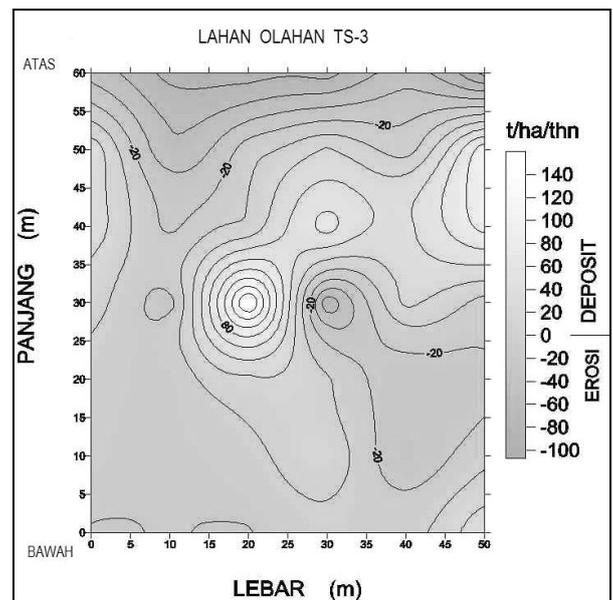
Melalui Tabel 2 dapat diketahui bahwa laju net erosi di lahan olahan TS3 yaitu  $-5 \text{ t/ha/th}$  masih kecil. Menurut Wischmeier dan Smith, nilai  $10 \text{ t/ha/thn}$  adalah batas maksimum dari toleransi terjadinya erosi, sehingga berdasarkan batas maksimum tersebut menunjukkan bahwa lahan olahan I (TS3) tidak mengalami erosi yang serius. Laju erosi/deposit untuk titik-titik percobaan berkisar antara  $-107 \text{ ton/ha-tahun}$  sampai dengan  $167 \text{ ton/ha-tahun}$ . Hal ini disebabkan karena lahan ini menggunakan sistem guludan yang baik, dimana posisi gundukan dan selokan selalu diubah-ubah, sehingga partikel tanah yang bergerak ke bagian yang lebih rendah akan dipindahkan kembali keatas pada saat pengolahan tanah sebelum ditanami. Pola distribusi erosi pada lahan TS3 dapat dilihat pada Gambar 2. Gambar 2 memperlihatkan bahwa erosi terbesar terjadi di bagian atas dan deposit terjadi ditengah lahan.

**Tabel 1.** Laju Erosi/Deposit Titik-Titik Percobaan Pada Plot Lahan Olahan TS-3 dan TS-5

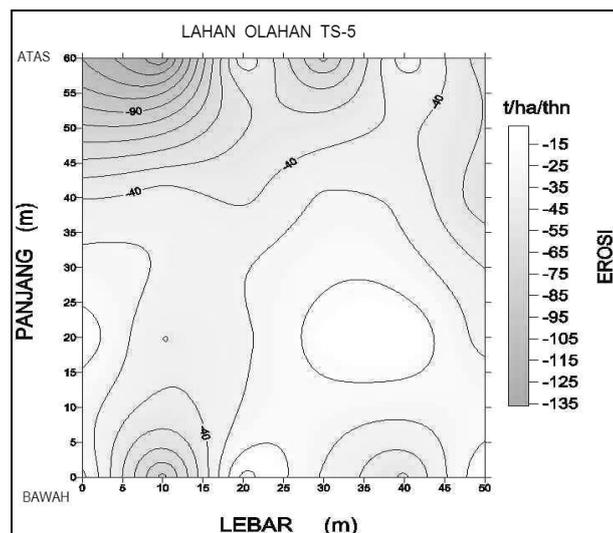
No	TS-3		TS-5	
	Inventori $^{137}\text{Cs}$ (Bq/m <sup>2</sup> )	Laju Erosi/ deposit (ton/ha-tahun)	Inventori $^{137}\text{Cs}$ (Bq/m <sup>2</sup> )	laju Erosi/deposit (ton/ha-tahun)
1	237	-48	111	-110
2	144	-89	290	-32
3	240	-47	321	-24
4	374	-12	288	-32
5	395	-7	254	-42
6	583	36	260	-40
7	573	34	365	-14
8	443	2	288	-32
9	589	36	377	-11
10	546	26	225	-52
11	1002	168	400	-6
12	476	10	349	-17
13	397	-7	81	-137
14	485	15	154	-83
15	287	-33	215	-56
16	265	-39	211	-57
17	399	0	302	-28
18	367	-13	283	-34
19	333	-21	260	-40
20	330	-22	356	-15
21	381	-10	282	-34
22	148	-87	376	-11
23	146	-88	290	-32
24	117	-107	153	-84
25	714	95		
26	510	23		
27	208	-59		
28	318	-25		
29	662	70		
30	693	88		
31	385	-9		
32	166	-78		
33	300	-29		
34	344	-18		
35	445	3		
36	306	-28		
37	405	-6		
38	491	17		
39	435	.		
40	339	-19		
41	417	-3		
42	566	38		

**Tabel 2.** Hasil Perhitungan Laju Rata-Rata dan Net Erosi/Deposit untuk Lahan Olahan I (TS3) dan Lahan Olahan II (TS5)

	Laju Erosi/Deposit (ton/ha-tahun)		
	Rata-rata Erosi	Rata-rata Deposit	Net Erosi
TS3	-17	12	-5
TS5	-39	-	-39

**Gambar 2.** Peta Kontur Laju Erosi/Deposit dari Lahan Olahan I (TS3)

Sedangkan untuk Lahan Olahan II (TS5), laju net erosi adalah sebesar -39 ton/ha-tahun. Hal ini menunjukkan bahwa erosi yang terjadi pada lahan tersebut sangat serius. Lahan olahan II juga menggunakan sistem guludan, tetapi mengalami erosi yang serius. Seluruh titik percobaan di lahan ini mengalami proses erosi dengan laju erosi pada titik-titik percobaan berkisar antara -6 ton/ha-tahun sampai dengan -110 ton/ha-tahun. Hal tersebut bisa disebabkan pengolahan lahan yang kurang baik, dimana gundukan dan selokan sering dibuat sejajar dengan kemiringan. Kemungkinan lain adalah disebabkan karena banyaknya partikel tanah yang terbawa oleh hasil panen. Lahan ini sering ditanami oleh singkong, kacang tanah dan cabe. Pola erosi/deposit lahan TS5 dapat dilihat pada Gambar 3. Melalui Gambar 3 dapat ditunjukkan bahwa erosi terbesar di lahan ini terjadi pada bagian atas dan erosi tersebut terjadi hampir diseluruh permukaan lahan.



**Gambar 3.** Peta Kontur Laju Erosi/Deposit Dari Lahan Olahhan II (TS5)

#### 4. KESIMPULAN

Penelitian ini memberikan informasi bahwa sistem guludan belum tentu dapat mencegah terjadinya erosi. Jika pengolahan yang dilakukan kurang baik dan cara pengambilan hasil panen terutama singkong, kacang tanah dan cabe yang tidak hati-hati juga dapat menyebabkan hilangnya partikel tanah.

Melalui penelitian ini laju erosi dapat diperkirakan dengan menggunakan metode  $^{137}\text{Cs}$ , dan rata-rata erosi dan total erosi untuk TS3 masing-masing adalah -17 ton/ha-tahun dan -5 ton/ha-tahun, sedangkan untuk TS5 total erosi adalah -39 ton/ha-tahun.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada rekan-rekan teknisi di kelompok sedimentologi-SDAL yang telah membantu dalam pelaksanaan baik di lapangan dan di laboratorium. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi-BATAN yang telah mendanai penelitian ini dan Kepala Bidang Sumber Daya Alam dan Lingkungan atas dukungan moril dan bantuan yang telah diberikan sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan.

#### DAFTAR PUSTAKA

Elliott, G.L., Loughran, R.J., Prove, E., dan Campbell, B.L., (1992), **Recalibration and**

**Test of Caesium-137 Based Methods for Estimation of Net Soil Erosion on Cultivated and Uncultivated Land, Applied Radiation and Isotop. Part A41.** 1-10.

He, Q., dan Walling, D.E., (1997), **The Distribution of Fallout  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{210}\text{Pb}$  in Undisturbed and Cultivated Soils, Journal Applied Radiation Isotop.** 48. 677-690.

He, Q., dan Walling, D. E., (2003), **Testing Distributed Soil Erosion and Sediment Delivery Models Using  $^{137}\text{Cs}$  Measurement. Hydrology Process.** 17. 901-916.

Loughran, R.J., Elliott, G.L., dan Campbell, B.L., (1993), **Estimation of Erosion Using Radionuclide Caesium-137 in Three Diverse Areas in Eastern Australia, Applied Geography.** 13. 109-188.

Suhartini, N., Abbas, S.R., Alyanta, B., dan Lubis, A.A., (2004), **Penentuan Redistribusi Laju Erosi/Deposit di Lahan Olahhan Menggunakan Teknik  $^{137}\text{Cs}$ , Prosiding Seminar Ilmiah Penelitian dan Pengembangan Aplikasi Isotop dan Radiasi.** 17-18 Februari. 299-308.

Suhartini, N., (2006), **Keragaman Konsentrasi  $^{137}\text{Cs}$  Pada Lokasi yang Stabil (lokasi pembanding), Prosiding Seminar Kimia dan Kongres Nasional HKI.** 22 Februari, 694-704.

Walling, D.E., dan He, Q., (1999), **Improved Models for Estimating Soil Erosion Rates from Caesium-137 Measurement, Journal Environment Quality.** 28. Nomor 2. 611-622.

Wischmeier, W. H., dan Smith, D. D., (1978), **Predicting Rainfall Losses, USDA, Agricultural Handbook.**

Zapata, F., (2002), **Handbook for The Assessment of Soil Erosion and Sedimentology Using Environmental Radionuclides, Kluwer Academic Publishers.**