

## PENENTUAN REDISTRIBUSI LAJU EROSI/DEPOSIT DI LAHAN OLAHAN MENGGUNAKAN TEKNIK $^{137}\text{Cs}$

Nita Suhartini\*, Syamsul Abbas RAS\*, Barokah A\*, Ali Arman L\*

Puslitbang Teknologi Isotop dan Radiasi - BATAN, Jakarta

### ABSTRAK

**PENENTUAN REDISTRIBUSI LAJU EROSI/DEPOSIT DI LAHAN OLAHAN MENGGUNAKAN TEKNIK  $^{137}\text{Cs}$ .** Penelitian ini bertujuan untuk menentukan redistribusi laju erosi/deposit dari suatu lahan olahan. Aplikasi teknik  $^{137}\text{Cs}$  dilakukan pada suatu daerah pertanian di Bojong - Ciawi, yang memiliki kemiringan kurang dari  $10^\circ$  dan panjang kemiringan kurang lebih 2 km. Puncak dari kemiringan dipilih sebagai lokasi pembanding, karena tempat ini datar, terbuka dan ditutupi oleh rumput. Dua lokasi dipilih sebagai lokasi penelitian, yaitu LU-I (15 x 25) m dengan jarak 1000 m dari lokasi pembanding, dan LU-II (17,5 x 20) m dengan jarak 1300 m dari puncak kemiringan. Pengambilan cuplikan menggunakan alat *scraper* (20 x 50) cm untuk lokasi pembanding, dan alat *coring* ( $d_i = 7$  cm) untuk lokasi penelitian. Cuplikan-cuplikan tanah kemudian dibawa ke laboratorium untuk dilakukan preparasi dan diukur kandungan  $^{137}\text{Cs}$  nya. Preparasi terdiri dari pengeringan, penimbangan berat total kering, pengayakan dan penghalusan ukuran butiran. Pengukuran kandungan  $^{137}\text{Cs}$  dilakukan dengan menggunakan alat *multi channel analyzer* (MCA) yang dihubungkan dengan detektor HPGe (*high purity germanium*), pada energi 661 keV, dan waktu pencacahan minimum 16 jam. Model matematik yang digunakan untuk menghitung laju erosi/deposit adalah Model Proporsional (MP), dan Model Kesetimbangan Massa 1 (MKM1). Hasil penelitian menunjukkan model matematika MKM1 memberikan hasil sedikit lebih besar untuk laju deposit dan sedikit lebih kecil untuk laju erosi jika dibandingkan dengan model MP. Hasil percobaan untuk aplikasi teknik  $^{137}\text{Cs}$  menunjukkan bahwa laju erosi untuk LU-I yaitu dari 1 t/(ha.th) sampai dengan 13 t/(ha.th), dan untuk LU-II laju deposit dari 1 t/(ha.th) sampai 50 t/(ha.th).

### ABSTRACT

**DETERMINATION OF REDISTRIBUTION OF EROSION/ DEPOSITION RATE IN CULTIVATED AREA USING  $^{137}\text{Cs}$  TECHNIQUE.** The aim of the research is to determine the rate of redistribution of erosion/deposition in cultivated area. The application of  $^{137}\text{Cs}$  technique was carried out at cultivated area in Bojong - Ciawi, with slope less than  $10^\circ$  and slope length of about 2 km. A reference site was selected at the top of the slope, and this site is flat, open and covered with grass. Two sites in the cultivated area were selected as study site namely LU-I (15 x 25) m with the distance of 1000 m from the top, and LU-II (17.5 x 20) m with the distance of 1300 m from the top. Sampling of soil at reference site was done by using scraper (20 x 50) cm, while sampling at study site by using core sampling ( $d_i = 7$  cm). Soil samples were brought to the laboratory for preparation and analysis of  $^{137}\text{Cs}$  content. Preparation are including of drying, weighing the total dry, sieving and crushing. Analysis of  $^{137}\text{Cs}$  content was done using multi channel analyzer (MCA) that connected to high purity germanium (HPGe), at 661 keV, and the minimum counting time of 16 hours. To estimate the erosion/deposit rate, two mathematical model were used, namely Proportional Model (PM) and Mass Balance Model 1 (MBM1). The result for application of  $^{137}\text{Cs}$  technique showed that MBM1 gives somewhat higher value for deposit rate and somewhat lower value for erosion than PM. Land use - I (LU-I) of Bojong - Ciawi was suffering from erosion with the erosion rate from 1 t/(ha.y) to 13 t/(ha.y), and LU-II has deposit rate from 1 t/(ha.y) to 50 t/(ha.y).

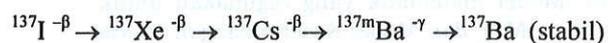
### PENDAHULUAN

Erosi merupakan suatu problem yang serius di Indonesia, karena sistem pertanian yang tidak teratur dan penggundulan hutan. Pembukaan hutan dilakukan untuk memperoleh suatu keuntungan dari hasil hutan tersebut dan sebagian untuk usaha pertanian. Pembukaan

hutan yang tidak direncanakan dengan baik dapat menyebabkan daya serap tanah terhadap air hujan sangat berkurang, sehingga dapat menimbulkan banjir, yang dapat mengikis permukaan tanah yang subur. Selain banjir, bahaya lain yang mengancam penduduk yang tinggal di sekitar lahan kritis adalah longsor. Agar bahaya-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 isotop  $^{137}\text{Cs}$  yang terdapat di alam untuk mengidentifikasi erosi/deposit tanah (1).

Isotop  $^{137}\text{Cs}$  yang terdapat di alam ini merupakan suatu produk hasil reaksi fisi ( $t_{1/2} = 30,2$  tahun) dari uji coba senjata thermonuklir yang dilakukan sekitar tahun 1950-an dan 1960-an, yang menghasilkan sejumlah  $^{137}\text{Cs}$  cukup berarti yang dilepaskan ke atmosfer. Isotop-isotop  $^{137}\text{Cs}$  kemudian terdistribusi di permukaan bumi sebagai *fallout* oleh air hujan. Ketika menyentuh permukaan tanah, dengan sangat cepat  $^{137}\text{Cs}$  akan terikat pada partikel tanah. Sebagian besar percobaan senjata nuklir atmosfer dilakukan antara tahun 1950 dan 1965. Selama waktu tersebut sejumlah  $^{137}\text{Cs}$  yang cukup berarti telah dihasilkan melalui reaksi peluruhan sebagai berikut [2] :



$^{137}\text{Cs}$  dihasilkan pada tahap akhir sesudah peledakan senjata nuklir dan tinggal di atmosfer selama hampir 10 tahun [3].  $^{137}\text{Cs}$  ini kemudian jatuh dari atmosfer oleh air hujan dan terdeposit pada permukaan bumi. Jatuhan (*fallout*)  $^{137}\text{Cs}$  ini diasumsikan terdistribusi merata pada suatu wilayah dengan penetapan bahwa kondisi iklim juga seragam. Asumsi ini telah ditetapkan untuk beberapa wilayah dibelahan bumi bagian utara [4]. Ada beberapa variasi kandungan  $^{137}\text{Cs}$  karena perbedaan ketinggian dan kondisi meteorologi yang merupakan pengatur faktor-faktor iklim. Maksimum deposit dari  $^{137}\text{Cs}$  terdapat pada ketinggian  $30^\circ - 60^\circ$  untuk kedua belahan bumi, tetapi belahan bumi bagian utara mengandung  $^{137}\text{Cs}$  10 kali bahkan lebih dari bagian selatan (lihat Gambar 1.), karena uji coba senjata nuklir lebih banyak dilakukan dibagian utara [5].

Dengan menentukan nilai  $^{137}\text{Cs}$  dari lokasi yang tidak pernah dirusak (*original deposit*) atau lokasi dimana proses erosi/deposit sangat kecil atau hampir tidak terjadi, dan kemudian dibandingkan dengan nilai  $^{137}\text{Cs}$  ditanah dari suatu lokasi penelitian, maka dengan menggunakan teknik nuklir akan diperoleh laju erosi/deposit [7]. Jika nilai aktivitas total  $^{137}\text{Cs}$  lebih besar dari nilai total  $^{137}\text{Cs}$  dari lokasi pembandingan maka telah terjadi penambahan  $^{137}\text{Cs}$  dari *fallout* awal dan disebut sebagai proses deposit. Jika nilai total  $^{137}\text{Cs}$  lebih kecil dari nilai total  $^{137}\text{Cs}$  dari lokasi pembandingan, berarti telah terjadi perpindahan  $^{137}\text{Cs}$  ke lokasi lain karena terjadi proses erosi. Laju erosi atau deposit tersebut ditentukan melalui perbedaan antara nilai total  $^{137}\text{Cs}$  dari lokasi pembandingan

(*reference site*) terhadap nilai aktivitas total  $^{137}\text{Cs}$  dari suatu lokasi penelitian. Penelitian ini bertujuan untuk mengaplikasikan teknik  $^{137}\text{Cs}$  untuk menentukan redistribusi laju erosi/deposit tanah pada suatu lahan olahan di daerah Bojong - Ciawi - Bogor, sedangkan model matematika yang akan digunakan adalah Model Proposional (MP) dan Model Kesetimbangan Massa1 (MKM1). Hasil perhitungan menggunakan kedua model matematika ini akan dibandingkan.

## METODE

### 1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian yang dipilih untuk aplikasi teknik  $^{137}\text{Cs}$  adalah daerah pertanian di Ciawi - Bogor ( $06^\circ43'08''$  S,  $106^\circ54'37''$  T), dimana lokasi pertanian ini memiliki kemiringan yang landai ( $<10^\circ$ ) dan panjang kemiringan kurang lebih 2 km. Puncak dari kemiringan dipilih sebagai lokasi pembandingan (*reference site*). Karena tempat ini tinggi dan datar serta ditutupi oleh rumput dan pernah digunakan sebagai daerah pertanian sejak 1949 s/d 1976, kemudian ditanami oleh rumput gajah hingga tahun 2002. Aplikasi teknik  $^{137}\text{Cs}$ , dilakukan di dua lokasi yaitu lokasi I (LU-I) dengan ukuran (15 x 25) m, dan lokasi kedua (LU - II) dengan ukuran (17,5 x 20) m. Lokasi kedua menggunakan sistem galengan, dengan jumlah selokan 14 buah dan gundukan 12 buah. Jarak lokasi pembandingan ke LU-I adalah 1000 m dan kemiringan  $8,5^\circ$ , sedangkan jarak lokasi pembandingan ke LU-II adalah 1300 m dan kemiringan  $3,25^\circ$ . Kedua lokasi penelitian digunakan untuk tanaman palawija (jagung, kacang tanah, singkong dan ubi) yang ditanam secara bergilir.

### 2. Pengambilan Cuplikan (*sampling*)

Untuk pengambilan cuplikan di hutan digunakan alat *scraper* (lihat Gambar 2). Pengambilan cuplikan tanah dilakukan dengan menambah kedalaman lapisan tanah setiap kali 2 cm hingga mencapai kedalaman 20 cm, kemudian dilanjutkan menggunakan *coring* (diameter = 10 cm) hingga kedalam 40 cm, dan dilanjutkan kembali menggunakan *coring* dengan ukuran (diameter = 7 cm) hingga kedalam 60 cm. Penentuan inventori  $^{137}\text{Cs}$  di lokasi pembandingan dilakukan pada satu garis dengan jarak 2 m antara satu titik dengan lainnya, dan jumlah cuplikan adalah 16 titik. Pengambilan cuplikan di lokasi I (15 x 25) m dilakukan dengan jarak vertikal 5 m dan horizontal 5 m antara satu titik dengan titik yang lain adalah. Lokasi II (17,5 x 20) m, menggunakan sistem galengan, dengan jumlah selokan adalah 14 buah dan gundukan 12 buah.. Pengambilan cuplikan

dilakukan tegak lurus gundukan dan sejajar gundukan. Untuk yang tegak lurus gundukan cuplikan diambil setiap 3 gundukan dan 4 selokan, untuk yang sejajar gundukan/selokan jarak antara setiap titik adalah 3,5 m. Seluruh cuplikan-cuplikan tersebut dibawa ke laboratorium untuk di preparasi dan diukur kandungan  $^{137}\text{Cs}$  nya.

### 3. Preparasi Cuplikan

Cuplikan tanah yang telah dibawa ke laboratorium sedimentologi - P3TIR - BATAN, kemudian dipreparasi sebelum diukur kandungan  $^{137}\text{Cs}$  nya. Preparasi cuplikan meliputi : pengeringan, penimbangan kering, pengayakan dan penggerusan.

### 4. Pengukuran Kandungan $^{137}\text{Cs}$

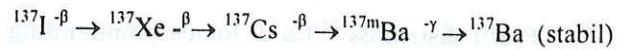
Sebelum dilakukan pengukuran cuplikan perlu dilakukan pengecekan performance detektor untuk menjaga agar detektor tetap memberikan hasil yang akurat, maka setiap sebulan sekali perlu dilakukan pencacahan terhadap standar. Pengukuran standar ini bertujuan untuk menentukan faktor koreksi dari detektor, dan standar yang digunakan adalah Soil IAEA-375 dengan aktivitas  $^{137}\text{Cs} = 5,28 \text{ Bq/g}$  per tanggal 31 Desember 1991 [8]. Selain pengukuran standar, juga perlu dilakukan pengecekan terhadap spektrum-spektrum *background* untuk sekali dalam seminggu. Kalibrasi puncak-puncak energi terhadap *channel* MCA digunakan standar  $^{137}\text{Cs}$  dan  $^{60}\text{Co}$

Sebanyak 500 g dari cuplikan tanah kering dan halus dimasukkan ke dalam merinelli dan ditutup dengan baik. Kandungan  $^{137}\text{Cs}$  dalam cuplikan tanah kemudian diukur menggunakan detektor *high purity germanium* (HPGe) yang dihubungkan ke ORTEC *spectrum master* dan *multi channel analyzer* (MCA). Pengukuran dilakukan selama minimum 16 jam, dan cuplikan yang memiliki kandungan  $^{137}\text{Cs}$  rendah, perlu penambahan waktu pencacahan agar kesalahan pencacahan dapat dikurangi. Setelah pencacahan, cuplikan tanah dikembalikan ke kantong plastik dan disimpan, sehingga dapat digunakan kembali jika diperlukan.

### 5. Analisis Data

Saat mengukur  $^{137}\text{Cs}$  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 [2] :



MCA merupakan alat pendeteksi sinar gamma, jadi spektrum  $^{137\text{m}}\text{Ba}$  yang akan terdeteksi oleh detektor pada energi 661 keV, selain spektrum  $^{137\text{m}}\text{Ba}$  juga akan muncul spektrum  $^{214}\text{Bi}$  sebagai pengganggu. Oleh karena itu hasil cacahan pada energi 661 keV ini perlu dikoreksi terhadap spektrum  $^{214}\text{Bi}$ . Besarnya koreksi spektrum  $^{214}\text{Bi}$  pada energi 661 keV adalah [2] :

$$\text{Net Area } ^{137}\text{Cs} \text{ (pada energi 661 keV)} = \text{Net Area Ba-137m (energi 661 keV)} - 3,5 \% \times \text{Net Area Bi-214 (energi 609 keV)} \quad (\text{i})$$

Nilai total aktivitas  $^{137}\text{Cs}$  dari masing-masing titik percobaan, kemudian dibandingkan dengan nilai total aktivitas  $^{137}\text{Cs}$  dari lokasi pembanding. Hasil perbandingan tersebut adalah persen kehilangan  $^{137}\text{Cs}$  ( $^{137}\text{Cs}$  Soil Loss = CSL). Nilai negatif (-) menunjukkan terjadi erosi, sedangkan nilai positif (+) menunjukkan terjadi deposit. Persamaan untuk menghitung kehilangan  $^{137}\text{Cs}$  adalah [9] :

$$\text{CSL} (\%) = ((\text{CPI} - \text{CRI}) \times 100) / \text{CRI} \quad (\text{ii})$$

dimana = CPI = Nilai aktivitas total  $^{137}\text{Cs}$  pada titik percobaan  
CRI = Nilai aktivitas total  $^{137}\text{Cs}$  pada lokasi pembanding

Dengan menggunakan nilai persen kehilangan ini, maka laju perpindahan tanah (*soil rate*) dapat dihitung. Persamaan yang akan digunakan untuk menghitung laju erosi/deposit tanah adalah [10] :

1. Model Proposional (MP) [10] :

$$Y = 10 \cdot \frac{B \cdot d \cdot x}{100 T \cdot P} \quad (\text{iii})$$

di mana :

- Y = laju erosi/deposit tanah (t/ha.th)
- B = berat isi tanah (kg/m<sup>3</sup>)
- d = kedalaman lapisan pengolahan (m)
- x = persentase dari  $^{137}\text{Cs}$  hilang/bertambah (CSL) (%)
- T = waktu pertama kali terjadinya *fallout*  $^{137}\text{Cs}$  dipermukaan bumi (tahun) hingga penelitian dilakukan
- P = faktor ukuran partikel tanah < 1

2. Model Kesetimbangan Massa 1 (MKM1) :

$$Y = 10 \cdot d \cdot B (1 - (1 - x/100)^{t/1963}) \quad (\text{iv})$$

di mana : t = Waktu saat penelitian dilakukan (tahun)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Lokasi Pembanding

Profil distribusi <sup>137</sup>Cs di lokasi pembanding (Gambar 3.) ini tidak beraturan, dan nilai maksimum berada pada lapisan atas hingga kedalaman 10 cm (42 %) dari nilai total hingga kedalaman 60 cm. Konsentrasi <sup>137</sup>Cs mengalami penurunan hingga kedalaman 40 cm, kemudian sedikit mengalami kenaikan. Hal ini kemungkinan disebabkan karena tempat ini sebelum tahun 1976 pernah diolah untuk ladang tanaman palawija, kemudian tidak digunakan lagi dan ditanami oleh rumput gajah. Rumput gajah ini memiliki akar serabut cukup panjang (hingga kedalaman 60 cm), dan dapat mendistribusikan <sup>137</sup>Cs ke lapisan tanah yang lebih dalam.

Hasil perhitungan menurut Tabel 1, diperoleh bahwa nilai konsentrasi <sup>137</sup>Cs pada lokasi pembanding ini sangat bervariasi yaitu antara 162 Bq/m<sup>2</sup> sampai dengan 514 Bq/m<sup>2</sup>. Nilai inventori lokasi pembanding ditentukan dengan menggunakan sistem rentang konsentrasi <sup>137</sup>Cs, karena ini dapat mempermudah dalam menentukan telah terjadi proses erosi atau deposit.

Persamaan yang digunakan untuk menentukan rentang nilai inventori adalah [1] :

$$\text{Nilai inventori} = \text{nilai rata-rata} \pm 2 \cdot \text{SEM} \quad (v)$$

di mana : SEM = adalah rata-rata kesalahan deviasi

Tabel 1. Hasil perhitungan aktivitas <sup>137</sup>Cs di lokasi pembanding

Kode cuplikan	Ukuran partikel > 2 mm (%)	Metode	Luasan core (m <sup>2</sup> )	Inventori <sup>137</sup> Cs (Bq/m <sup>2</sup> )
RS		Scraper	0,1	255 ± 18
G-I	12	Coring	0,0038	285 ± 43
G-II	19	Coring		218 ± 52
G-III	16	Coring		361 ± 54
G-IV	12	Coring		514 ± 77
G-V	8	Coring		228 ± 39
G-VI	17	Coring		355 ± 54
G-VII	15	Coring		189 ± 28
G-VIII	14	Coring		334 ± 114
G-IX	12	Coring		270 ± 62
G-X	13	Coring		162 ± 39
G-XI	10	Coring		448 ± 67
G-XII	13	Coring		232 ± 63
G-XIII	11	Coring		351 ± 52
G-XIV	15	Coring		162 ± 40
G-XV	19	Coring		217 ± 48
G-XVI	17	Coring		253 ± 48

Melalui Tabel 1, diperoleh nilai rata-rata inventori (x) adalah 286 Bq/m<sup>2</sup>, dan standar deviasi (SD) adalah 96,86 Bq/m<sup>2</sup>, dan dengan menggunakan persamaan (v), maka rentang nilai inventori (I) adalah :

$$I = 286 \pm 2 \cdot (SD/\sqrt{N}), \quad (N = \text{jumlah sampel} = 17)$$

$$= 286 \pm 2 \cdot (96,86/\sqrt{17}) = 286 \pm 47$$

### 2. Studi Erosi

Sifat kimia dan fisika tanah dari lokasi penelitian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Sifat kimia dan fisika tanah dari lokasi penelitian

Lokasi →	Hutan	Lokasi Pembanding	Lokasi -I (LU-I)	Lokasi-II (LU-II)
Paramater ↓				
Kemiringan (°)	-	-	8,5	3,25
P mg P/g	0,12	0,09	0,10	0,11
C-org. %	12,05	4,62	2,25	3,98
N %	0,89	0,49	0,26	0,49
pH	5,17	5,13	5,38	5,47
BD g/cm <sup>3</sup>	0,516	0,569	0,586	0,724
Jenis tanah	Andisol	Andisol	Andisol	Andisol
Pasir %	-	82,5	77,7	67,8
Liat %	-	17,5	22,3	32,2

Redistribusi laju erosi/deposit diperoleh dengan cara menghitung laju erosi/deposit dari setiap titik percobaan. Dalam memperkirakan laju erosi/deposit dipergunakan 2 model matematika yaitu Relasi Model proposional (MP) dan Model Keseimbangan Massa 1 (MKM1). Hasil percobaan pada lokasi I dan lokasi II, seperti yang terlihat pada Tabel 3. dan 4, menunjukkan bahwa MKM1 memberikan laju erosi (-) lebih kecil dan laju deposit (+) lebih besar dibandingkan dengan MP. Perbedaan hasil perhitungan yang diperoleh dengan menggunakan MKM1 tidak terlalu besar jika dibandingkan dengan hasil perhitungan yang diperoleh menggunakan MP. Melalui hasil perhitungan dapat diketahui bahwa model matematika MP dan MKM1 dapat digunakan di Indonesia, karena parameter yang digunakan pada kedua model ini seperti berat isi tanah (BD), kedalaman lapisan pengolahan (d), faktor ukuran partikel tanah (P) dan waktu dilakukan penelitian (T) disesuaikan dengan kondisi lokasi penelitian. Perbedaan hasil antara model MP dan MKM1, disebabkan karena pada model MKM1 ditetapkan bahwa puncak terjadinya fallout adalah tahun 1963, sedangkan di Indonesia (Jawa Barat) cenderung untuk mengikuti kondisi fallout dari belahan bumi bagian selatan dimana puncak terjadinya adalah pada tahun 1965 (lihat Gambar 2.). Pada penelitian ini belum dapat ditentukan

model matematika yang paling tepat digunakan di Indonesia (Jawa Barat khususnya), karena belum diperoleh hasil laju erosi yang dilakukan secara konvensional, yang dapat digunakan sebagai pembandingan terhadap metode teknik nuklir. Dalam memperkirakan laju erosi/deposit, aktivitas  $^{137}\text{Cs}$  diklasifikasikan menjadi tiga kategori, yaitu titik percobaan yang memiliki nilai aktivitas  $^{137}\text{Cs}$  lebih rendah dari batas minimum nilai konsentrasi  $^{137}\text{Cs}$  dari kisaran lokasi pembandingan (239 - 333)  $\text{Bq/m}^2$  maka dianggap telah terjadi proses erosi. Titik percobaan dengan nilai aktivitas  $^{137}\text{Cs}$  lebih besar dari batas maksimum dari kisaran lokasi pembandingan maka dianggap telah terjadi proses deposit, dan jika titik percobaan memiliki nilai aktivitas  $^{137}\text{Cs}$  diantara kisaran lokasi pembandingan maka dianggap tidak terjadi proses erosi/deposit atau disebut dengan proses transisi.

Perkiraan laju erosi/deposit di titik-titik percobaan pada lokasi I (LU-I) menggunakan persamaan matematika Model proposional (MP) berkisar antara 1 t/(ha.th) sampai dengan 13 t/(ha.th) untuk laju erosi dan tidak ada hasil untuk laju deposit. (lihat Tabel 4.3). Sebanyak 24 titik percobaan dari lokasi I, diperoleh hasil perhitungan bahwa sebagian besar titik-titik

percobaan memiliki aktivitas total  $^{137}\text{Cs}$  berada dibawah nilai batas minimum dari kisaran lokasi pembandingan, dan beberapa nilai berada di dalam kisaran lokasi pembandingan. Melalui hasil perhitungan laju erosi dari titik-titik percobaan, maka 2 kategori erosi ditetapkan pada lokasi ini. Kategori pertama adalah laju erosi kelompok "nol dan erosi ringan" yaitu untuk laju kehilangan tanah sama dengan atau lebih kecil dari 10 t/(ha.th). Nilai 10 t/ha.th adalah batas maksimum terjadinya proses erosi yang tidak berbahaya (menurut Wischmeier dan Smith) [12]. Kategori kedua adalah kelompok "erosi tingkat menengah/medium" yaitu untuk laju kehilangan tanah lebih besar dari 10 t/ha.thn. Lokasi I mengalami proses erosi dalam kelas medium, dan ini disebabkan karena sistem pengolahan yang kurang baik, dan pemanfaatan lahan yang terus-menerus sepanjang tahun. Profil redistribusi laju erosi pada lokasi I (LU I) dapat dilihat pada Gambar 4, dimana terlihat bahwa sebagian besar lokasi I ini mengalami proses erosi.

Lokasi II (LU-II) menggunakan sistem galangan yang terdiri dari 12 gundukan dan 14 selokan. Lebar gundukan adalah 110 cm dan selokan 25 cm dengan kedalaman 30 cm (Gambar 5). Sehingga 20 % tanah digundukan

Tabel 3. Hasil perhitungan laju erosi/deposit dari lokasi I (LU-I) Bojong - Ciawi

KODE	Ukuran partikel > 2 mm (%)	Inventori $^{137}\text{Cs}$ ( $\text{Bq/m}^2$ )	% Cs hilang (%)	Laju erosi/deposit MP (t/ha.th)	Laju erosi/ deposit MKM1 (t/ha.th)	Proses
LUI-1	16	199 ± 38	-17	-5	-5	Erosi
LUI-2	9	188 ± 43	-21	-7	-6	Erosi
LUI-3	21	260 ± 47	0	0	0	Transisi
LUI-4	18	232 ± 42	-3	-1	-1	Erosi
LUI-5	18	278 ± 56	0	0	0	Transisi
LUI-6	19	148 ± 36	-38	-12	-10	Erosi
LUI-7	15	121 ± 30	-49	-13	-11	Erosi
LUI-8	11	137 ± 23	-43	-10	-8	Erosi
LUI-9	9	203 ± 43	-15	-4	-4	Erosi
LUI-10	12	206 ± 54	-14	-4	-4	Erosi
LUI-11	11	232 ± 40	-3	-1	-1	Erosi
LUI-12	18	170 ± 39	-29	-9	-8	Erosi
LUI-13	8	212 ± 32	-11	-3	-3	Erosi
LUI-14	11	301 ± 69	0	0	0	Transisi
LUI-15	9	154 ± 35	-36	-12	-10	Erosi
LUI-16	13	143 ± 36	-40	-12	-11	Erosi
LUI-17	12	230 ± 55	-4	-1	-1	Erosi
LUI-18	18	121 ± 24	-49	-13	-11	Erosi
LUI-19	9	308 ± 65	0	0	0	Erosi
LUI-20	15	259 ± 42	0	0	0	Erosi
LUI-21	18	193 ± 37	-19	-5	-5	Erosi
LUI-22	18	221 ± 27	-8	-2	-2	Erosi
LUI-23	20	258 ± 52	0	0	0	Transisi
LUI-24	14	173 ± 25	-28	-9	-8	Erosi

Tabel 4. Hasil perhitungan laju erosi/deposit dari lokasi II (LU-II) Bojong - Ciawi

Kode	Ukuran partikel > 2 mm (%)	Inventori <sup>137</sup> Cs (Bq/m <sup>2</sup> )	% Cs hilang (%)	Laju erosi/deposit MP (t/ha.th)	Laju erosi/deposit MKM1 (t/ha.th)	Proses
R-1	18	131 ± 35	-45	-18	-15	Erosi
R-2	12	199 ± 36	-17	-8	-7	Erosi
F-3	11	135 ± 27	-43	-28	-23	Erosi
R-4	13	516 ± 98	55	28	40	Deposit
R-5	12	406 ± 77	22	11	13	Deposit
F-6	19	163 ± 29	-32	-24	-21	Erosi
R-7	11	552 ± 99	66	38	61	Deposit
R-8	13	329 ± 76	0	0	0	Transisi
R-9	10	372 ± 71	12	6	7	Deposit
R-10	17	371 ± 93	12	7	7	Deposit
R-11	11	437 ± 70	32	19	22	Deposit
R-12	12	400 ± 88	20	12	13	Deposit
F-13	12	152 ± 27	-36	-26	-23	Erosi
R-14	15	478 ± 86	44	24	31	Deposit
R-15	14	569 ± 85	71	40	68	Deposit
F-16	19	122 ± 22	-49	-32	-26	Erosi
R-17	15	536 ± 59	61	24	37	Deposit
R-18	29	238 ± 57	-1	-0,20	-0,18	Erosi
R-19	18	350 ± 56	5	3	3	Deposit
R-20	17	346 ± 66	4	2	2	Deposit
F-21	16	135 ± 26	-43	-25	-21	Erosi
R-22	14	359 ± 55	8	4	4	Deposit
R-23	13	269 ± 67	0	0	0	Transisi
F-24	18	167 ± 26	-30	-27	-23	Erosi
R-25	13	440 ± 70	32	16	19	Deposit
R-26	12	396 ± 63	19	11	12	Deposit
R-27	13	429 ± 62	29	17	20	Deposit
R-28	12	616 ± 81	85	50	108	Deposit
R-29	12	507 ± 76	52	25	35	Deposit
R-30	10	496 ± 58	49	23	32	Deposit
F-31	12	177 ± 22	-25	-20	-18	Erosi
R-32	12	687 ± 157	106	60	150	Deposit
R-33	15	260 ± 44	0	0	0	Transisi
F-34	12	85 ± 18	-65	-60	-46	Erosi
R-35	12	455 ± 59	37	18	22	Deposit
R-36	11	257 ± 32	0	0	0	Transisi
R-37	16	363 ± 44	9	4	4	Deposit
R-38	13	373 ± 50	12	7	7	Deposit
F-39	15	60 ± 16	-75	-45	-34	Erosi
R-40	17	362 ± 51	9	4	5	Deposit
R-41	10	586 ± 55	76	38	70	Deposit
F-42	10	206 ± 31	-14	-11	-10	Erosi
R-43	19	447 ± 69	34	18	22	Deposit
R-44	12	483 ± 52	45	22	29	Deposit
R-45	10	378 ± 39	14	7	7	Deposit
R-46	9	342 ± 51	3	1	1	Deposit
R-47	13	424 ± 42	27	13	15	Deposit
R-48	10	451 ± 47	35	19	23	Deposit
F-49	16	151 ± 17	-37	-26	-22	Erosi
R-50	11	565 ± 56	70	37	63	Deposit
R-51	16	395 ± 46	19	11	12	Deposit
F-52	17	69 ± 13	-71	-37	-27	Erosi
R-53	13	368 ± 58	11	5	5	Deposit
R-54	12	348 ± 38	4	2	2	Deposit

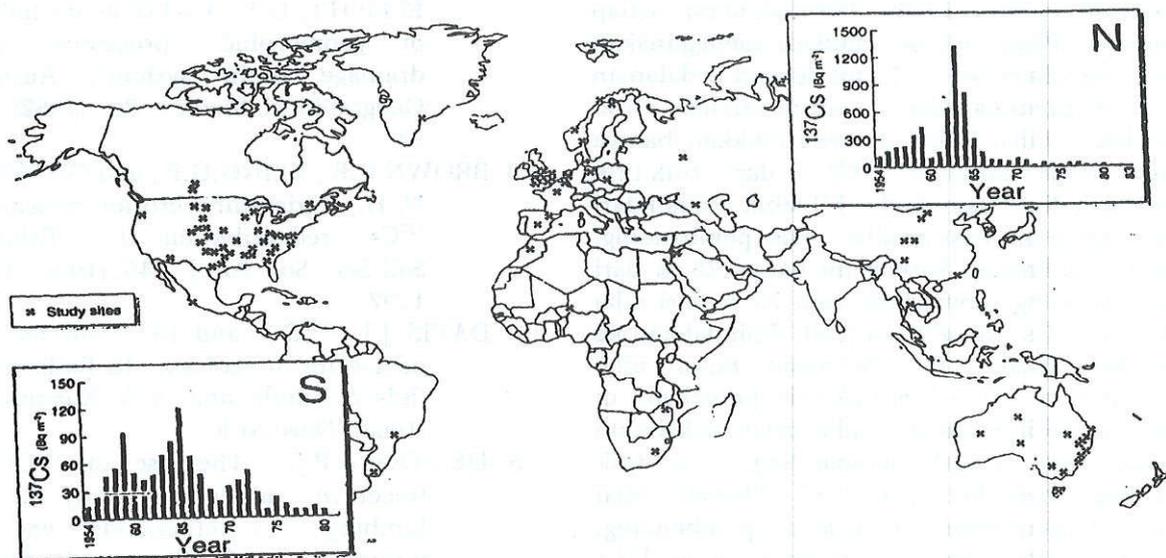
berasal dari selokan. Posisi selokan dan gundukan ini selalu berubah-ubah setiap tahunnya. Pengambilan cuplikan menggunakan alat *coring* (diameter = 7 cm) dengan kedalaman 40 cm di gundukan dan 10 cm di selokan. Hasil percobaan (Lihat Tabel 3) menunjukkan bahwa semua nilai aktivitas  $^{137}\text{Cs}$  dari titik-titik percobaan di selokan (kode "F") lebih rendah dari batas minimum kisaran nilai lokasi pembanding. Hal ini disebabkan karena ini hanya 25 % dari nilai total yang sebenarnya, dan 75 % dari nilai aktivitas  $^{137}\text{Cs}$  di selokan telah dipindahkan ke gundukan (kode "R"). Sebagian besar nilai aktivitas total  $^{137}\text{Cs}$  dari titik-titik percobaan di gundukan lebih besar dari nilai batas maksimum kisaran nilai lokasi pembanding, dua titik percobaan memiliki nilai  $^{137}\text{Cs}$  dibawah nilai batas minimum kisaran nilai lokasi pembanding, dan dua titik percobaan memiliki nilai  $^{137}\text{Cs}$  berada dikisaran nilai lokasi pembanding. Hasil percobaan ini menunjukkan bahwa dengan sistem galangan yang selalu diubah-ubah posisi selokan dan gundukan dapat mengurangi terjadinya erosi sekecil mungkin. Profil redistribusi laju deposit pada lokasi II dapat dilihat pada Gambar 6.

## KESIMPULAN

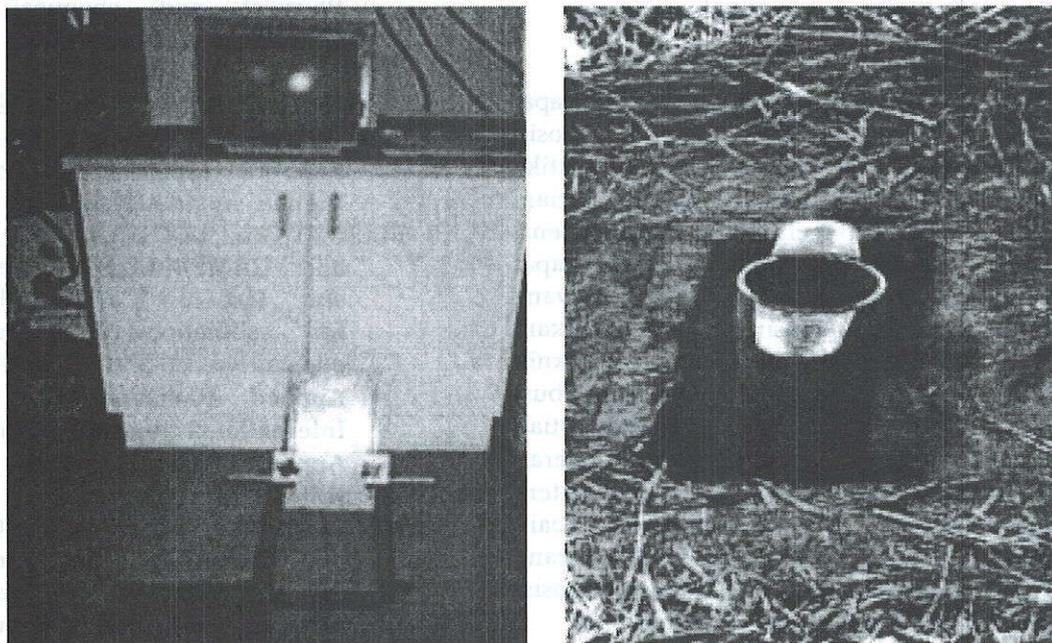
Model matematika MP dan MKM1 dapat digunakan untuk mengestimasi laju erosi/deposit, karena nilai parameter pada model matematika ini disesuaikan dengan kondisi lokasi penelitian. Teknik  $^{137}\text{Cs}$  untuk penelitian erosi berpotensi untuk dikembangkan di Indonesia, hal ini dapat dilihat dari hasil pengukuran inventori  $^{137}\text{Cs}$  yang cukup signifikan pada masing-masing cuplikan. Penelitian erosi dengan menggunakan teknik  $^{137}\text{Cs}$  dapat memberikan gambaran redistribusi tanah pada suatu lahan olahan. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa lokasi I dari daerah Bojong - Ciawi mengalami erosi karena sistem pengolahan tanah yang kurang baik dibandingkan dengan lokasi II yang menggunakan sistem galangan dengan posisi selokan dan gundukan selalu diubah-ubah.

## DAFTAR PUSTAKA

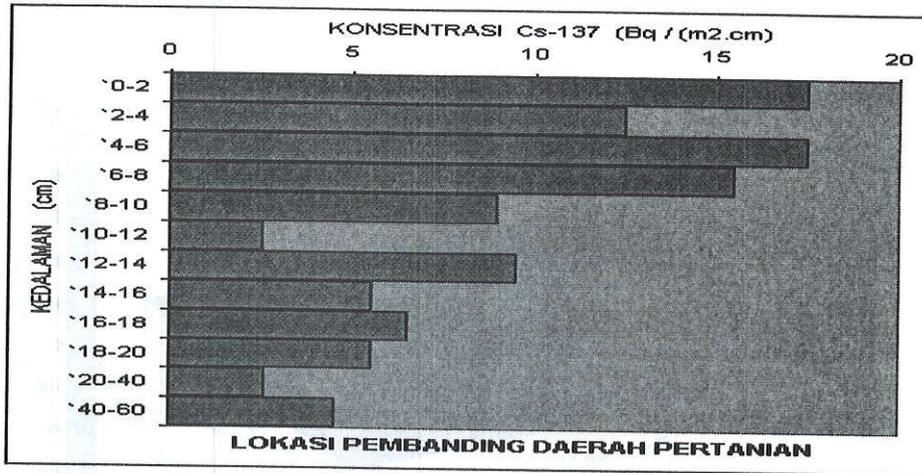
1. ZAPATA, F., Handbook for the assessment of soil erosion and sedimentation using environmental radionuclides, Kluwer Academic publishers, (2002), 97-107
2. CAMPBELL, B.L., LOUGHRAN, R.J., and ELLIOTT, G.L., Cs-137 as an indicator of geomorphic processes in a drainage basin system", Australian Geographical Studies, 20, (1982), 49 - 64
3. BROWN, R.B., KLING, G.F., and GUTSHALL, N. H., Agricultural erosion indicated by  $^{137}\text{Cs}$  redistribution II, Estimates, Soil Sci. Soc. Am.J., 45, (1981), 1191 - 1197
4. DAVIS, J.J.,  $^{137}\text{Cs}$  and its relationship to potassium in ecology, In Radioecology (Eds.V. Schulz and A.W. Klement, Jr.), (1963), New York
5. DE ROO, A.P.J., The use of  $^{137}\text{Cs}$  as a tracer in an erosion study in South Limburg (The Netherlands) and the influences of Chernobyl fallout", Hydrological Processes, 5, (1991), 215 - 227
6. WALLING, D.E., Use of  $^{137}\text{Cs}$  and other fallout radionuclide in soil erosion investigations : Progress, Problems and Properties, IAEA - TECDOC - 1028, July (1998), 39 - 58
7. Mc HENRY, J.R., and RITCHIE, J.C., Physical and chemical parameters affecting transport of  $^{137}\text{Cs}$  and watershed, Water Resources Research, 13, (1977b), 923-927.
8. IAEA Analytical Quality Control Services, Reference Materials Catalogue, A-1400, Vienna, Austria, 1<sup>st</sup> edition, (2002), p20
9. ELLIOTT, G.L., LOUGHRAN, R.J., PROVE, E., and CAMPBELL, B.L., Recalibration and test of  $^{137}\text{Cs}$  based methods for estimation of net soil erosion on cultivated and uncultivated land, Applied Radiation and Isotope, International Journal of radiation and Applied Instrumentation, Part A41, (1992)
10. WALLING, D.E., and HE, Q., Model for converting  $^{137}\text{Cs}$  measurements to estimates of soil redistribution rates on cultivated and uncultivated soils, department of Geography, University of Exeter, UK, 1998, 33.
11. WISCHMEIER, W.H., and SMITH, D.D., Predicting rainfall losses; A guide to conservation planning, USDA, Agricultural Handbook, (1978), 537



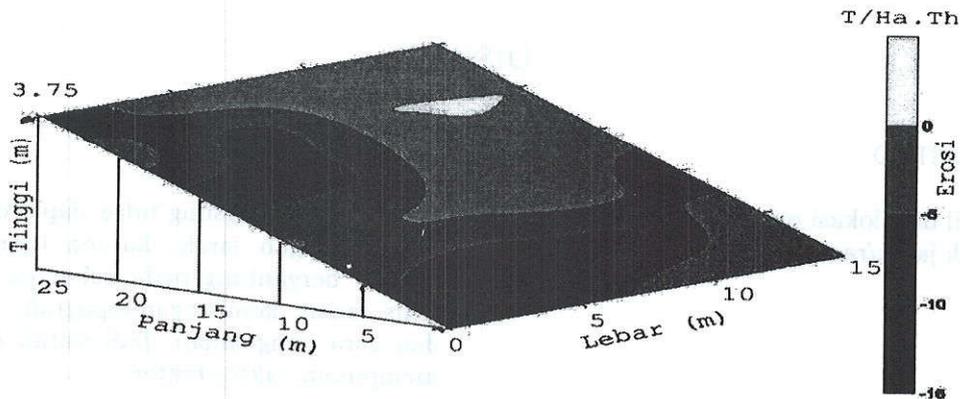
Gambar 1. Negara-nagara yang telah berhasil mengaplikasikan teknik  $^{137}\text{Cs}$  untuk erosi tanah, dan profil *fallout*  $^{137}\text{Cs}$  dibelahan bumi bagian utara ( New York , USA/Milford, UK ), dan belahan bumi bagian selatan



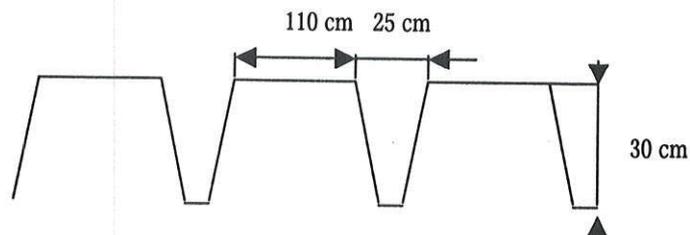
Gambar 2. Alat *scraper* dan *coring* yang digunakan



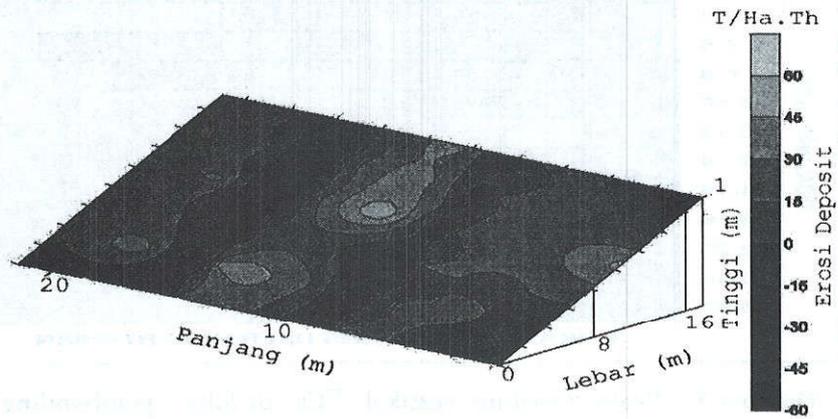
Gambar 3. Profil distribusi vertikal <sup>137</sup>Cs di lokasi pembandingan pada daerah pertanian desa Bojong - Ciawi - Bogor (*disturbed site*)



Gambar 4. Redistribusi laju erosi/deposit tanah sebagai fungsi dari peta Topografi pada lokasi I



Gambar 5. Sistem selokan dan gundukan pada lokasi II



Gambar 6. Redistribusi laju erosi/deposit tanah sebagai fungsi dari peta Topografi pada lokasi II

## DISKUSI

### RASI PRASETYO

Hasil dari lokasi penelitian (erosi/deposit) valid untuk jarak/radius berapa km dari titik tersebut ?

### BAROKAH ALIYANTA

Secara langsung tidak dapat dihubungkan hanya dengan jarak, karena terjadinya erosi deposit bergantung pada beberapa faktor yaitu jenis tanah, kemiringan/topografi, curah hujan dan cara pengolahan. Jadi untuk daerah yang mempunyai faktor-faktor