

PENENTUAN KUALITAS EROSI TANAH MENGGU
NAKKAN RADIOISOTOP PENGUKUR KONSENTRA
SI SEDIMEN SUSPENS

Simon Petrus Gursinga, Nita Suhartini
dan Taryono

**PENENTUAN KUANTITAS EROSI TANAH MENGGUNAKAN RADIOISOTOP
PENGUKUR KONSENTRASI SEDIMEN SUSPENSI**

Simon Petrus Gurusinga, Nita Suhartini*, Taryono**

ABSTRAK

PENENTUAN KUANTITAS EROSI TANAH MENGGUNAKAN RADIOISOTOP PENGUKUR KONSENTRASI SEDIMEN SUSPENSI. Radioisotop ^{241}Am pemancar sinar gamma aktivitas 200 mCi dan detektor sintilasi dengan metode transmissi digunakan sebagai alat ukur konsentrasi sedimen suspensi pada percobaan erosi tanah. Volume bak penampung efektif $(45 \times 40 \times 40) \text{ cm}^3$ dan minimum konsentrasi suspensi tanah terukur 2,6 g/l. Percobaan erosi dilakukan pada tanah latosol merah keadaan terbuka ukuran $(15 \times 2) \text{ m}^2$ kemiringan $5^\circ 8' 24''$. Konsentrasi suspensi erosi tanah di dalam bak penampung tidak terukur untuk curah hujan harian lebih kecil 65 mm dan curah hujan mingguan lebih kecil 57 mm. Aplikasi alat ukur ini akan berhasil lebih baik jika dilakukan pada tanah terbuka ukuran $(21 \times 2) \text{ m}^2$ dan kemiringan lereng $11^\circ 18' 36''$.

ABSTRACT

DETERMINATION OF SOIL EROSION QUANTITY USING RADIOISOTOPE FOR MEASURE SUSPENDED SEDIMENT CONCENTRATION. ^{241}Am is gamma-ray emitter radioisotope with activity 200 mCi and Sintillation detector were used to measured suspended sediment by transmission methode in soil erosion experiment. The effective volume of receiving vessel was $(45 \times 40 \times 40) \text{ cm}^3$ and minimum concentration of soil suspended could be measure was 2,6 g/l. The experiment of erosion was done in the field of red latosol bare soil with size $(15 \times 2) \text{ m}^2$ and slope $5^\circ 8' 24''$. The concentration of suspended soil erosion in receiving vessel could not be measured for daily rainfall less than 65 mm and weekly rainfall less than 57 mm. Aplication of this radioisotope gauge will be better to be used in bare soil field with size $(21 \times 2) \text{ m}^2$ and slope $11^\circ 18' 36''$.

* Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, BATAN

PENDAHULUAN

Pengukuran erosi tanah bertujuan untuk menentukan kuantitas tanah hilang yang telah terjadi dan kemudian dapat pula dimanfaatkan untuk mengestimasi tanah yang akan hilang. Pengukuran dilakukan pada suatu luas lahan tertentu dengan memperhatikan faktor pengaruh : curah hujan, tipe tanah, panjang dan kemiringan lereng, vegetasi dan usaha pengendalian erosi. Lebih lanjut hasil pengukuran erosi tanah sangat bermanfaat bagi pembuat rencana dan penetapan sistem pengelolaan tanah dan tanaman, agar kerusakan tanah akibat erosi dapat dikurangi sekecil mungkin sehingga erosi yang terjadi dapat diabaikan, (1,2).

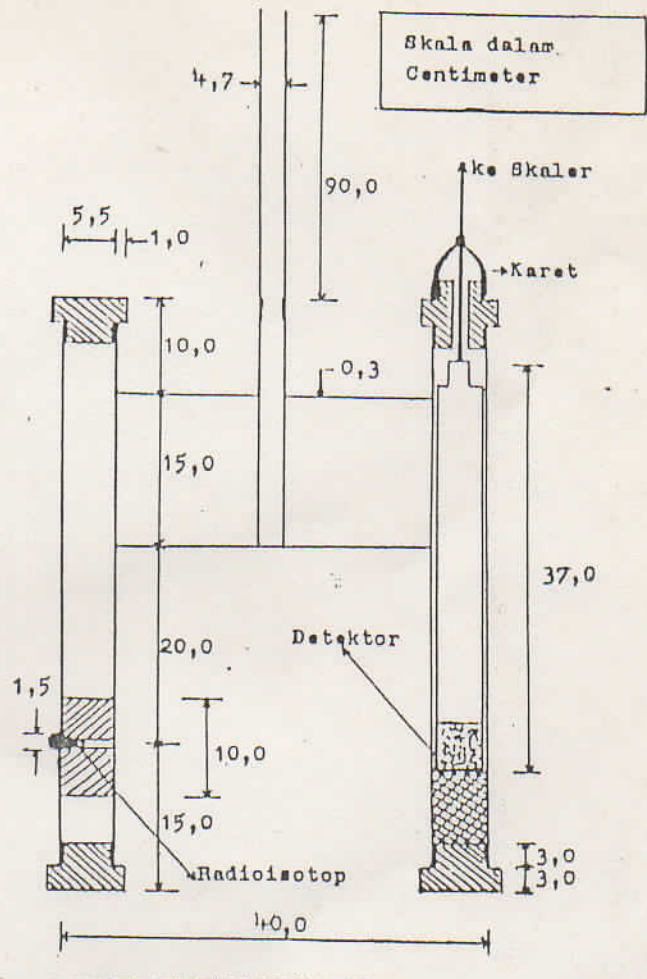
Selama ini untuk menentukan kuantitas erosi tanah dilakukan percobaan pada sejumlah petak tanah dengan luas tertentu. Pada masing-masing petak terpasang bak volume tertentu untuk menampung air limpasan dan butiran tanah. Butiran tanah di dalam bak penampung diaduk hingga tersuspensi merata, kemudian diambil contoh dan dibawa ke laboratorium. Konsentrasi suspensi butiran tanah ditentukan dengan metode penguapan dan selanjutnya dihitung kuantitas erosi tanah yang telah terjadi pada setiap petak. (1,3)

Radioisotop dan detektor sebagai alat pengukur konsentrasi sedimen suspensi telah banyak dibuat di beberapa negara dan digunakan khusus untuk mengukur konsentrasi sedimen suspensi pada aliran sungai (4,5). Tetapi digunakan khusus untuk mengukur konsentrasi suspensi butiran tanah pada percobaan erosi belum pernah dilakukan. Setelah dikaji, ternyata prinsip operasi alat pengukur konsentrasi sedimen suspensi memiliki peluang diaplikasikan pada percobaan erosi tanah. Karena itu di laboratorium Sedimentologi, Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi (PAIR), Badan Tenaga Atom Nasional (BATAN), telah dilakukan berbagai percobaan untuk merancang dan membuat modifikasi alat ukur radioisotop yang dapat digunakan khusus untuk mengukur konsentrasi suspensi butiran tanah pada suatu plot percobaan erosi tanah. Sehingga dengan demikian didapatkan suatu metode khusus untuk menentukan kuantitas erosi tanah.

BAHAN DAN METODE

Instalasi alat ukur konsentarsi suspensi tanah. Alat ukur konsentrasi suspensi tanah diinstalasi dengan menggunakan sumber gamma ^{241}Am , energi 60 keV, aktivitas 200 mCi dan detektor sintilasi kristal NaI(Tl) ukuran 1,5 x 1,5 inci, skaler, ratemeter Saphymo. Instalasi dilakukan berdasarkan prinsip transmissi gamma. Jarak antara sumber dengan detektor 32 cm. Sumber gamma ^{241}Am diameter 4 mm panjang 1,2 cm ditempatkan di dalam kolimator diameter 0,5 cm. Sumber dalam kolimator Pb maupun detektor berada di dalam pembungkus tabung steinlessstil diameter 5,5 cm. Keterangan lebih lanjut tentang konstruksi alat tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.

Percobaan volume ukur alat. Dipersiapkan alat ukur konsentrasi suspensi tanah. Bak beton ukuran (60x60x70) cm³ diisi air jernih setinggi 60 cm. Percobaan volume ukur dilakukan dengan cara memasukkan alat ke dalam bak beton berisi air jernih. Mula-mula alat transmissi gamma ^{241}Am garis sumber-detektor ditempatkan tepat berada di permukaan air dan dilakukan pencacahan. Selanjutnya alat diturunkan sedalam 10 cm dan dilakukan pencacahan. Dengan cara yang sama diteruskan pada kedalaman 15 cm, 20 cm, 25 cm, 30 cm, 35 cm dan 40 cm di bawah



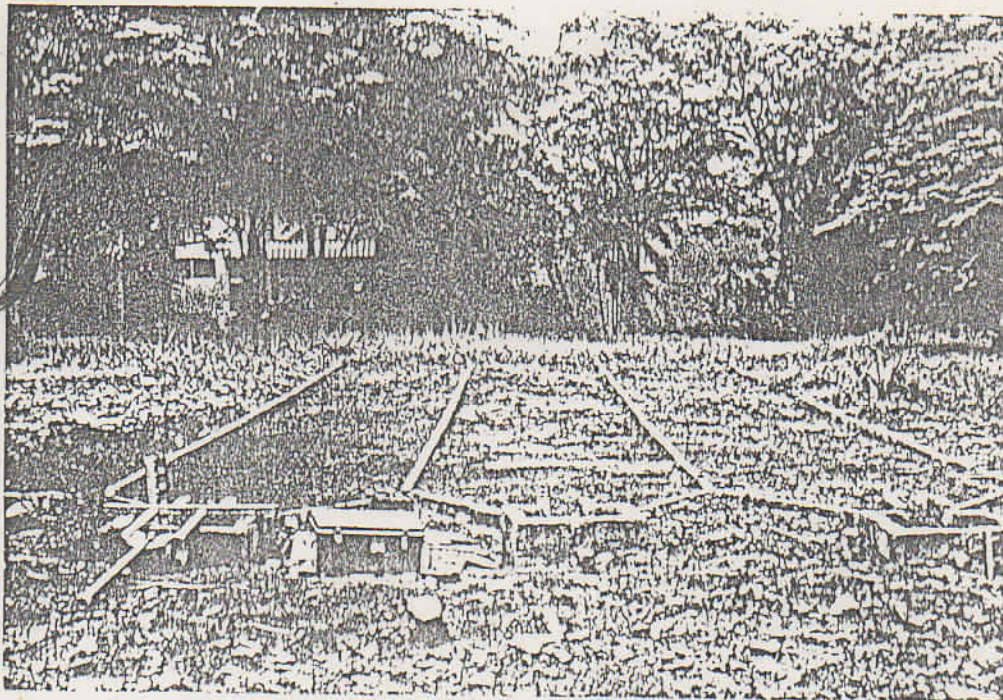
Gambar 1. Konstruksi alat ukur radioisotop
pengukur konsentrasi sedimen suspensi

permukaan air. Kemudian alat ditempatkan 25 cm di bawah permukaan air dan pengamatan perubahan cacahan dilakukan dengan menggerakkan alat mulai dari dinding kiri ke dinding kanan bak.

Percobaan kalibrasi. Dipersiapkan alat ukur konsentrasi suspensi tanah. Bak beton ukuran $(60 \times 60 \times 70) \text{ cm}^3$ diisi air jernih setinggi 60 cm. Alat dipasang tepat

ditengah bak pada kedalaman 30 cm dari permukaan air dan dilakukan pencacahan transmissi gamma terhadap air jernih (I_w). Kemudian ke dalam air ditambahkan debu tanah kering secara bervariasi serta diaduk merata. Pada setiap penambahan debu tanah kering dilakukan pencacahan transmissi gamma terhadap suspensi tanah (I_s). Dihitung I_s/I_w dan dibuat kurva hubungan antara I_s/I_w dengan konsentrasi suspensi tanah. Contoh suspensi tanah diambil menggunakan pipet 10 ml dan konsentrasi suspensi tanah diukur dengan metode penguapan.

Percobaan erosi tanah. Percobaan erosi tanah berlokasi di kompleks PAIR BATAN. Dibuat 3 petak tanah masing-masing ukuran panjang 15 m, lebar 2 m dan kemiringan $5^{\circ}8'24''$ (lihat Gambar 2).



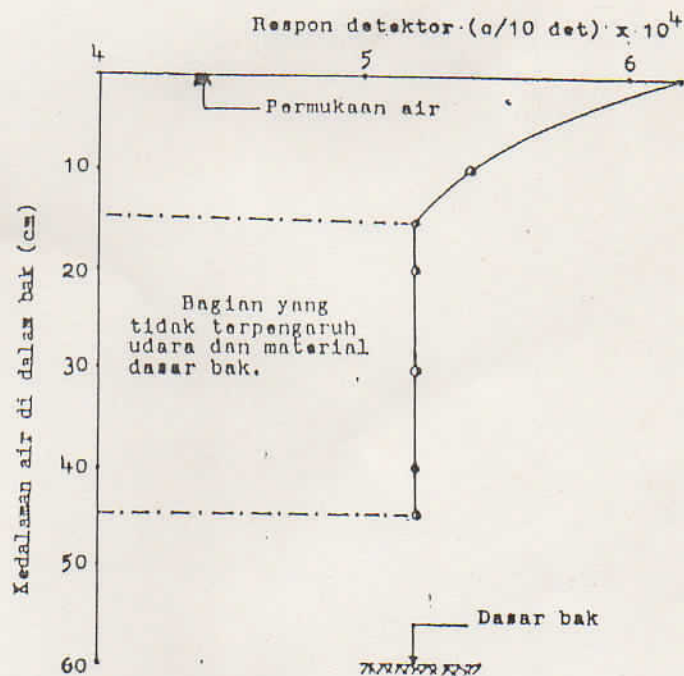
Gambar 2. Petak percobaan dan bak penampung limpasan erosi tanah

Pada ujung lereng masing-masing petak dipasang bak penampung beton ukuran $(45 \times 40 \times 60)$ cm³ untuk menampung aliran permukaan (runoff) dan erosi tanah. Keluaran bak berada 40 cm dari dasar bak sehingga volume tampung air adalah $(45 \times 40 \times 40)$ cm³ atau 72 liter. Kelebihan volume tampung mengalir melalui lubang keluaran. Pada lubang keluaran dipasang filter busa agar air keluar tidak membawa suspensi erosi tanah. Pencacahan transmissi gamma terhadap suspensi erosi tanah (pengukuran konsentrasi tanah) dilakukan setiap sesudah hujan. Sedimen suspensi di dalam bak tidak dikuras agar terjadi akumulasi sedimen dan memudahkan pengukuran konsentasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

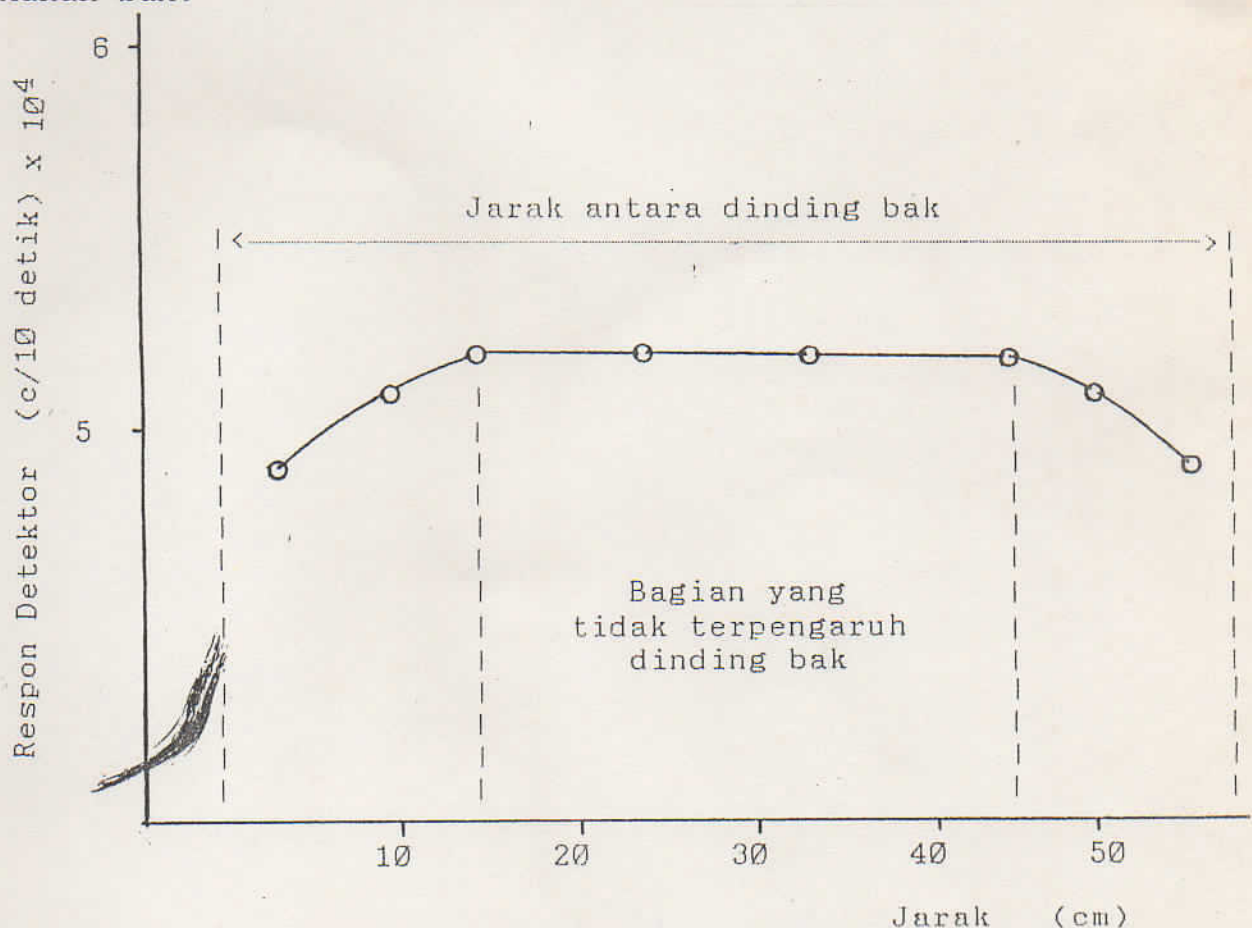
Faktor Volume Ukur. Pada percobaan meninjau faktor pengaruh udara diperoleh kurva hubungan antara respon detektor dengan posisi sumber-detektor di dalam bak beton berisi air (lihat Gambar 3.). Pada GAMBAR 3, dapat dilihat bahwa apabila sumber- detektor berada pada psoisi kurang dari 15 cm dibawah permukaan air, respon detektor cemderung terpengaruh udara. Tetapi pada posisi sumber-detektor lebih besar 15 cm sampai 45 cm dibawah permukaan air, respon detektor bersifat konstan dan tidak ada pengaruh udara. Kemudian diperhatikan respon detektor pada posisi 45 cm dibawah permukaaan air atau 15 cm diatas dasar bak, ternyata belum mengalami pengaruh material dasar bak. Hal

ini menunjukkan bahwa konstruksi alat dengan letak sumber-detektor 15 cm ujung tabung pembungkus cukup untuk menghindari pengaruh material dasar bak terhadap respon detektor.



Gambar 3. Hubungan respon detektor dengan posisi sumber-detektor di dalam bak berisi air

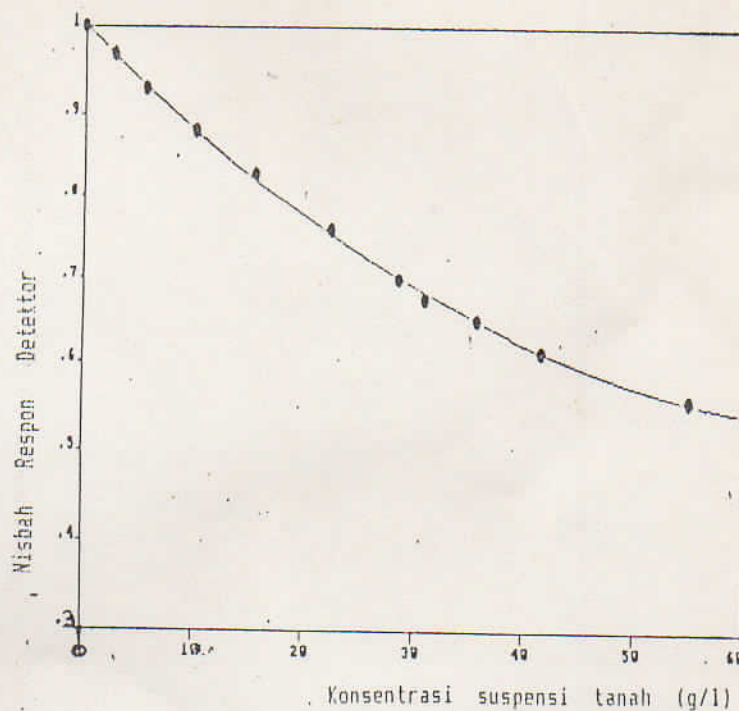
Sedangkan pada percobaan meninjau faktor pengaruh dinding bak terhadap respon detektor, telah ditetapkan bahwa garis sumber- detektor adalah 30 cm dibawah permukaan air, karena pada daerah tersebut alat tidak dipengaruhi oleh udara maupun lantai bak. Hasil pengamatan ditunjukkan pada Gambar 4. Apabila garis sumber- detektor berada kurang dari 15 cm dari dinding bak, respon detektor cenderung terpengaruh material dinding bak. Pengaruh dinding bak terhadap respon detektor menjadi hilang jika garis sumber- detektor berada lebih besar 15 cm dari dinding kiri maupun kanan bak.



Gambar 4. Hubungan antara respon detektor dengan jarak antara dinding bak

Percobaan untuk meninjau faktor pengaruh udara dan material bak terhadap alat ukur radioisotop bermanfaat sebagai petunjuk membuat ukuran bak yang akan dipakai pada petak percobaan erosi tanah dan pengukuran suspensi tanah dalam bak.

Kalibrasi. Hasil percobaan kalibrasi alat ukur terhadap variasi konsentrasi butiran suspensi tanah dapat dilihat pada Gambar 5. Pada pengamatana ini diperoleh nilai konsenttrasi $(C) = 2,6 \text{ g/l}$ yang mulai menimbulkan perubahan respon detektor atau nilai R mulai lebih kecil dari 1,0 disebut konsentrasi minimum terditeksi. Mulai dari titik konsentrasi minimum terditeksi didapatkan nilai beda konsentrasi terditeksi $2,6 \text{ g/l}$ apabila konsentrasi lebih kecil 30 g/l dan beda konsentrasi terditeksi $5,2 \text{ g/l}$ apabila konsentrasi lebih besar 30 g/l . Nilai beda konsentrasi terditeksi berubah makin besar disebabkan karena nisbah respon detektor berkurang secara eksponensial terhadap pertambahan konsentrasi suspensi butiran tanah. Dari kedua macam nilai beda konsentrasi terditeksi tersebut telah dapat diperkirakan bahwa pemanfaatan kurva kalibrasi cenderung lebih mudah pada daerah konsentrasi lebih kecil 30 g/l dari pada daerah konsentrasi lebih besar 30 g/l .



Gambar 5. Hubungan antara nisbah respon detektor
dengan konsentrasi suspensi butiran tanah

Pengukuran Erosi Tanah. Mengikuti hasil percobaan kalibrasi diperoleh konsentrasi minimum terditeksi 2,6 g/l. Karena volume bak penampung aliran permukaan adalah 72 liter berarti banyaknya butiran tanah di dalam bak adalah 187,2 g agar konsentrasi minimum terditeksi tercapai. Jika butiran tanah di dalam bak lebih kecil 187,2 g walaupun air tampak keruh, tetapi konsentrasi belum terukur.

Tanah di dalam petak percobaan (15x2) m² kemiringan 5°8'24" dipelihara terbuka agar tidak terjadi perubahan laju erosi karena pengaruh penutup. Beberapa hari hujan berturut-turut dilakukan pengukuran konsentrasi suspensi tanah. Alat ukur transmissi gamma tidak dapat mengukur konsentrasi suspensi tanah untuk curah hujan lebih kecil 65 mm. Karena itu pengukuran dilakukan pada curah hujan mingguan dan curah hujan harian membuat erosi tanah bera-kumulasi di dalam bak penampung. Namun demikian bila curah hujan mingguan lebih kecil 57 mm, konsentrasi suspensi tanah belum terukur (lebih kecil dari 2,6 g/l) dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengukuran erosi pada bak penampungan

CURAH HUJAN	KONSENTRASI	KUANTITAS	EROSI TANAH
MINGGUAN	SEDIMEN DLM BAK	TANAH DLM BAK	(2X 15) m ²
	PENAMPUNG 72 L	PENAMPUNG	
(mm)	(mg/l)	(g)	(g/m ²)
26 - 41	tidak terukur	-	-
42 - 57	tidak terukur	-	-
58 - 73	3,5	242,5	8,1
74 - 89	6,2	447,6	14,9
90 - 105	11,5	824,6	27,9
106 - 121	17,6	1270,1	42,3
122 - 137	26,1	1880,9	62,7

Ada 2 macam faktor yang mengakibatkan konsentrasi suspensi tanah tidak terukur pada curah hujan mingguan lebih kecil 57 mm yaitu ukuran petak percobaan (15 x 2) m² masih terlalu kecil dan lereng 5°8'24" terlalu landai. Makin luas dan besar kemiringan petak percobaan makin berkurang banyaknya erosi tanah yang dibutuhkan untuk mencapai ukuran konsentrasi minimum terdeteksi pada setiap periode hujan dengan volume bak penampung tetap. Setelah dikaji ternyata petak percobaan (21x2) m² kemiringan lereng 8°31'48" mudah tercapai ukuran konsentrasi minimum terdeteksi walaupun curah hujan rendah. Karena itu aplikasi alat ukur konsentrasi suspensi pada penelitian erosi tanah sebaiknya pada petak (21x2) m² kemiringan lereng 11°18'36" tanah terbuka digunakan sebagai ukuran petak standar. Berbeda dengan metode konvensional yang ditentukan ukuran petak standar (21x2) m² kemiringan 5°8'24". Hal ini disebabkan karena metode konvensional konsentrasi suspensi tanah diukur dengan metode penguapan yang memiliki konsentrasi minimum terukur sangat kecil dibandingkan dengan metode instrumen radioisotop ²⁴¹Am.

KESIMPULAN

1. Alat ukur radioisotop dapat digunakan untuk mengukur langsung konsentrasi suspensi butiran tanah pada petak percobaan erosi tanah.

2. Aplikasi alat ukur radioisotop memiliki beberapa syarat yang harus dipenuhi yaitu konsentrasi minimum terditeksi 2,6 g/l dan beda konsentrasi terditeksi 2,6 g/l untuk konsentrasi berkisar antara 2,6 g/l sampai 30 g/l. Untuk konsentrasi lebih besar dari 30 g/l, beda konsentrasi terditeksi 5,2 g/l. Syarat tersebut tidak sulit dipenuhi karena dapat diusahakan dengan cara merancang luas, panjang dan kemiringan petak percobaan serta volume bak penampung yang sesuai.

3. Alat ukur seperti ini memiliki peluang aplikasi dimasa datang karena memenuhi keinginan para praktisi studi erosi tanah yaitu suatu alat yang dapat dibawa dan pengukuran konsentrasi suspensi tanah langsung dilakukan di lapangan dan terselesaikan dalam waktu relatif cepat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh staf Sedi-mentologi Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi yang telah membantu memodifikasi dan menguji alat ukur radioisotop. Juga terima kasih kepada staf Bengkel Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi yang telah membantu membuat alat dimaksud.

DAFTAR PUSTAKA

1. KIRKBY, M.J., dan MORGAN, R.P.C., **Soil Erosion**, John Willey & Sones, 1980
2. JONATHAN, B.L., dan PAUL MOSLEY, M., **Erosion and Sediment Yield**, Htchinson, Stroudsburg, Pennsylvania, 1982.
3. Anonymous., **Pengukuran, Perencanaan dan Penelitian erosi sedimen** di Catchment area Wadukk Wonogiri, Direktorat Penyelidikan Masalah Air, Dit.Jen.Pengairan, Departemen Pekerjaan Umum, 1982.

4. FLORKOWSKI, T., dan CAMERON, J.F., A simple radioisotope X-ray transmission for measuring suspended sediment concentration in rivers, Proc. on Radioisotope Instrument in Industry and Geophysics, Vol.1. IAEA, Viena, 1967.
5. Mc.HENRY, Performance of nuclear sediment consideration gauge, Isotope in Hydrology, IAEA, Viena, 1967.