

ESTIMASI LAJU SEDIMENTASI MENGGUNAKAN ISOTOP ALAM $^{210}\text{Pb}_{\text{excess}}$ DI S. CISEMEUT – LEBAK – BANTEN

Estimation of Sedimentation Rate using $^{210}\text{Pb}_{\text{excess}}$ Environmental Isotope at Cisemeut River – Lebak – Banten

Nita Suhartini* dan Barokah Aliyanta

Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, Badan Tenaga Nuklir Nasional
Jl. Lebak Bulus Raya No. 49, Jakarta 12440, Indonesia
*E-mail korespondensi: s-nita@batan.go.id

ABSTRAK

Sungai Ciujung memiliki daerah tangkapan air yang besar, dan karena hilangnya hutan di daerah hulu menyebabkan sungai ini mengalami pendangkalan dan sering mengalami banjir. Daerah Aliran Sungai (DAS) Ciujung ini terdiri dari sub-DAS Ciujung dan sub-DAS Ciberang. Sub-DAS Ciberang dialiri oleh dua sungai besar yaitu sungai Ciberang dan sungai Cisemeut. Radioisotop alam ^{137}Cs dan $^{210}\text{Pb}_{\text{excess}}$ yang terdapat di tanah dapat digunakan sebagai perunut untuk mencari asal usul sedimen sungai dan laju erosi. Penggunaan $^{210}\text{Pb}_{\text{excess}}$ pada lahan di dalam DAS telah dilakukan untuk menentukan laju sedimentasi. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan laju sedimentasi pertahun di sungai Cisemeut yang merupakan salah satu hulu dari sungai Ciujung. Pengambilan sampel dilakukan di daerah daratan banjir sepanjang sungai Cisemeut, alat yang digunakan adalah *coring* dengan interval kedalaman 10 cm sampai dengan kedalaman 120 cm sebanyak 2 titik percobaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju sedimentasi di sungai Cisemeut adalah 1,87 cm/tahun dan 1,89 cm/tahun masing-masing untuk COR I dan COR II.

Kata kunci: erosi, deposisi, daratan banjir, laju sedimentasi, radioisotop alam ^{210}Pb

ABSTRACT

Ciujung river has a wide catchment area, and the deforestation at the upstream has caused sedimentation and flood. Ciujung catchment was divided into two subcatchment namely Ciujung subcatchment and Ciberang subcatchment. Ciberang subcatchment is flowed by two rivers namely Ciberang river and Cisemeut river. Environmental radioisotopes of ^{137}Cs dan $^{210}\text{Pb}_{\text{excess}}$ content in the soil can be used as a tracer to estimate the sediment budget and erosion/deposition rate. The use of $^{210}\text{Pb}_{\text{excess}}$ at flood area to estimate sedimentation rate had been done. The study is aimed to estimate sedimentation rate at Cisemeut river – Lebak – Banten. Soil sampling were done by using coring with 10 cm of soil layer interval until the depth of 120 cm at 2 locations in the flood area of Cisemeut river. The experimental result showed that sedimentation rate at Cisemeut river were 1,87 cm/y and 1,89 cm/y for COR I and COR II respectively.

Keywords: erosion, deposition, flood area, sedimentation rate, environmental radioisotope of ^{210}Pb

PENDAHULUAN

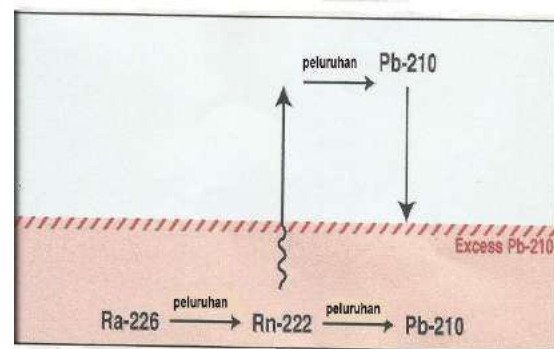
Sungai Ciujung merupakan salah satu sungai besar di Indonesia yang terletak di Serang, Tangerang. Sungai Ciujung memiliki Daerah tangkapan yang luas dan terdiri dari beberapa sungai besar di daerah hulunya diantaranya S. Ciberang, S. Cisemeut dan S. Ciujung hulu. Rusaknya lahan dan hutan lindung di daerah hulu menyebabkan sungai ini sering menyebabkan banjir dan mengalami pendangkalan [1]. Erosi merupakan problem besar di Indonesia karena dapat menyebabkan berkurangnya kesuburan tanah, pendangkalan sungai dan terjadinya banjir. Erosi ini terjadi akibat adanya pembukaan hutan yang tidak terkendali sehingga daerah yang tadinya merupakan tangkapan air yang dapat

mengendalikan keseimbangan alam sudah hilang fungsinya. Besarnya erosi dapat ditentukan secara konvensional yaitu dengan cara melihat seluruh kondisi lapangan dan membawa sampel tanah untuk dianalisis beberapa unsur hara dan organiknya (N, P, C organik), tetapi metode ini membutuhkan waktu yang lama [2]. Perkembangan penggunaan isotop alam/ lingkungan seperti $^{210}\text{Pb}_{\text{excess}}$ banyak dimanfaatkan di berbagai bidang seperti, dalam penelitian sedimentasi danau, geokronologi polutan maupun erosi lahan. Isotop alam $^{210}\text{Pb}_{\text{excess}}$ ini banyak dikembangkan khususnya untuk menelusuri sejarah kejadian akibat adanya kegiatan yang berhubungan dengan aktivitas manusia terhadap lingkungan, baik di lingkungan darat maupun

pesisir. Mulai tahun 1980-an teknik ^{210}Pb excess mulai dikembangkan dalam penelitian erosi lahan. Dalam 2 dekade terakhir dilaporkan oleh peneliti di berbagai Negara maju seperti Amerika, Inggris dan Australia banyak memanfaatkan teknik ^{210}Pb excess dalam penelitian pola redistribusi tanah karena proses erosi [3].

^{210}Pb merupakan radionuklida lingkungan yang berasal dari peluruhan induk ^{238}U yang ada di alam. Isotop ini terdapat dalam kerak bumi dengan kelimpahan 99,274 %, sedangkan isotop lain yaitu Uranium-235 dan Uranium-234 berturut-turut dengan kelimpahan 0,72 % dan 0,06 %. ^{210}Pb mempunyai waktu paruh 22,26 tahun dan meluruh menjadi ^{214}Bi dengan memancarkan partikel beta. ^{226}Ra yang berasal dari Uranium-238 dalam kerak bumi meluruh menjadi gas ^{222}Rn yang berdifusi ke udara dengan rata-rata 42 atom/menit.cm² luasan permukaan tanah [4]. ^{222}Rn mempunyai waktu paruh 3,8 hari dan meluruh melalui deretan anak luruhnya menjadi ^{210}Pb . Ada dua sumber pokok ^{210}Pb yaitu berasal dari udara sebagai partikel aerosol yang beterbangan dan jatuh ke tanah, dan berasal dari tanah itu sendiri.

^{210}Pb bersama air hujan atau menempel pada debu mineral yang beterbangan di udara turun ke permukaan tanah secara langsung dan masuk ke danau baik secara langsung maupun melalui sungai ataupun aliran permukaan. ^{210}Pb dalam tanah akan di adsorpsi partikel halus tanah secara kuat, sehingga dapat dijadikan sebagai perunut pergerakan tanah karena aliran permukaan. Jatuhan ^{210}Pb dari udara ke permukaan tanah dan teradsorpsi oleh partikel halus tanah dikenal sebagai ^{210}Pb *unsupported* atau juga disebut ^{210}Pb *excess*. Sedangkan ^{210}Pb yang berasal dari tanahnya sendiri dikenal sebagai ^{210}Pb *supported*. Pengukuran aktivitas ^{210}Pb total dalam tanah dapat dilakukan melalui cucu-luruhnya, yaitu Polonium-210 (^{210}Po) yang diasumsikan dalam keadaan keseimbangan dengan ^{210}Pb . Aktivitas ^{210}Pb *unsupported* dapat diperoleh melalui pengukuran total ^{210}Pb dikurangi dengan aktivitas ^{210}Pb *supported* yang berasal dari tanah dan diasumsikan dalam keseimbangan dengan aktivitas ^{226}Ra [5,6]. Proses terjadinya ^{210}Pb *unsupported* atau *excess* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Proses terjadinya ^{210}Pb excess di tanah

Dalam mengembangkan teknologi isotop alam ^{210}Pb ini pada studi yang lebih detil pada dinamika transpor pada daerah tangkapan air, perlu dilakukan juga pengukuran distribusi sedimen yang terendapkan pada daerah daratan banjir. Di beberapa lahan yang mengalami erosi, tanah akan terdistribusi melalui aliran permukaan dan menuju aliran sungai sebagai material sedimen suspensi. Ketika hujan lebat erosi yang terjadi juga mengalami kenaikan yang terindikasi dari warna/kekeruhan air sungai. Karena luapan aliran sungai yang terjadi, di beberapa lokasi daratan banjir mengalami penumpukan material tererosi. Bila tidak ada gangguan yang berarti dari aktivitas manusia di tempat-tempat terindikasi pengendapan daerah banjir, dengan teknik ^{210}Pb excess dapat juga dihitung laju sedimentasinya [7]. Tujuan penelitian ini ialah penelitian awal sedimentasi daratan banjir di Sungai Cisemeut sub-DAS Ciberang – Lebak – Banten, menggunakan isotop alam ^{210}Pb .

METODE PERCOBAAN

Metode yang digunakan adalah analisis kandungan radioisotop alam yang terdapat dalam lumpur sedimen. Pengambilan cuplikan dilakukan di daerah banjir (*flood area*) menggunakan alat *coring* dengan interval kedalaman 10 cm hingga kedalaman 120 cm, kemudian dilakukan perlakuan awal terhadap cuplikan tanah sebelum dianalisis menggunakan alat spektrometer gamma.

Bahan dan alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah cuplikan tanah di sepanjang bantaran S. Cisemeut.

Alat yang digunakan adalah alat *coring* dengan diameter 7 cm, baki plastik untuk

menampung tanah, dan kantong plastik berklip untuk menyimpan tanah.

Lokasi Penelitian

Lokasi pengambilan cuplikan dilakukan di daerah banjir (*flood area*) yaitu 2 titik dengan jarak sekitar 1 km (Gambar 2) di sepanjang bantaran S. Cisemeut.

Pengambilan Cuplikan

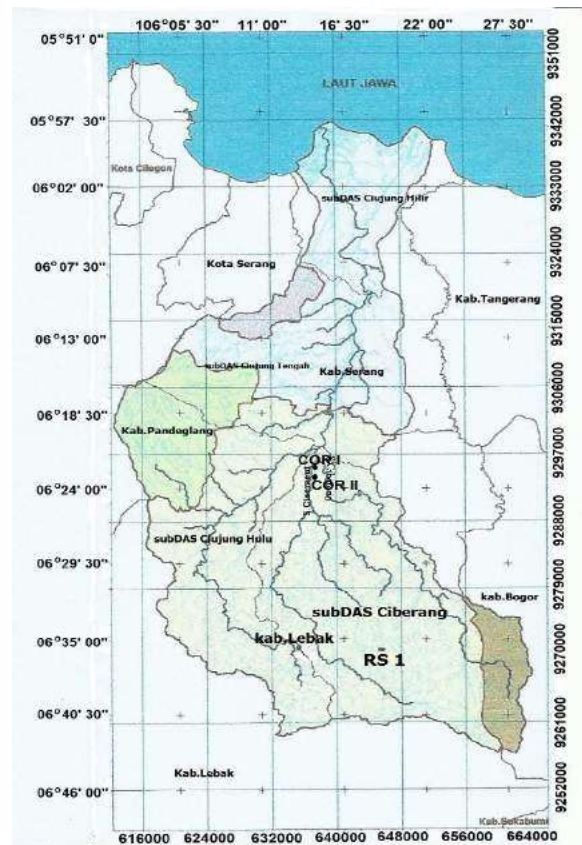
Pengambilan cuplikan dilakukan menggunakan alat coring dengan diameter 7 cm, dengan interval kedalaman 10 cm hingga kedalaman 120 cm untuk COR I dan COR II.

Perlakuan Pendahuluan cuplikan

Cuplikan-cuplikan tanah dibawa ke laboratorium sedimentologi, PAIR–BATAN, kemudian dilakukan perlakuan pendahuluan sebelum kandungan ²¹⁰Pb nya dianalisis. Perlakuan pendahuluan cuplikan terdiri dari pengeringan cuplikan tanah, penimbangan berat kering total cuplikan, pengayakan hingga lolos ayakan 1 mm dan penggerusan untuk sampel yang tidak lolos ayakan 1 mm.

Analisis kandungan ²¹⁰Pb

Sebanyak 400 g dari cuplikan tanah kering dan halus dimasukkan ke dalam merinelli, ditutup rapat, kemudian disegel menggunakan selotip kertas selama 21 hari. Hal ini dilakukan untuk menjamin bahwa kesetimbangan antara ²²⁶Ra dan anak luruhnya ²²²Rn sudah terjadi. Kandungan ²¹⁰Pb dalam cuplikan tanah selanjutnya dianalisis menggunakan *High Purity Germanium* (HPGe, Canberra, Australia) detektor dengan efisiensi 30 % yang dihubungkan ke GENIE 2000 *spectrum master* dan *multi channel analyzer* (MCA). Pengukuran dilakukan selama minimum 80.000 detik, dan standar yang digunakan adalah standar sekunder yang telah diketahui radioaktivitas ²¹⁰Pb total dan ²¹⁴Pb atau ²¹⁰Pb *supported*. Setelah pencacahan, cuplikan tanah dikembalikan ke kantong plastik dan disimpan atau tetap di dalam merinelli yang tersegel sehingga dapat dianalisis kembali jika diperlukan. Radioaktivitas ²¹⁰Pb total ditentukan pada energi 46,5 keV, dan radioaktivitas ²¹⁴Pb atau ²¹⁰Pb *supported* ditentukan pada energi 351,9 keV. Radioaktivitas dari ²¹⁰Pb *unsupported* atau *excess* didapat dengan cara melakukan pengurangan radioaktivitas ²¹⁰Pb *supported* terhadap ²¹⁰Pb total [8].



Gambar 2. Lokasi Penelitian pada DAS Ciujung, Lebak

Konversi cacahan radioaktivitas

Untuk penentuan faktor koreksi detektor digunakan standar tanah dengan radioaktivitas ²¹⁰Pb total dan ²¹⁴Pb yang telah diketahui (standar sekunder). Koreksi radioaktivitas ²¹⁰Pb total dan ²¹⁴Pb sesungguhnya untuk standar sekunder terhadap radioaktivitas pada saat ini menggunakan persamaan 1 [9].

$$A = A_0 \cdot e^{-kt} \tag{1}$$

dimana: A₀ = Radioaktivitas standar pada Desember 2006 (Bq/kg)

A = Radioaktivitas standar saat ini (Bq/kg)

k = konstanta

t = lamanya peluruhan (tahun)

Hasil pengukuran radioaktivitas standar menggunakan MCA kemudian dibandingkan terhadap radioaktivitas sesungguhnya pada waktu yang sama. Persamaan yang digunakan adalah berikut ini :

$$c.f. = A_{so}/A_{ao} \quad (2)$$

dimana: c.f. = faktor koreksi
 A_{ao} = Radioaktivitas yang diperoleh dari alat (Bq/kg)
 A_{so} = Radioaktivitas yang sebenarnya (Bq/kg)

Faktor koreksi kemudian akan digunakan untuk mengkoreksi ^{210}Pb total dan ^{214}Pb yang diperoleh melalui pengukuran. Persamaan yang digunakan adalah:

$$A_s = c.f \times (A_a/W) \quad (3)$$

dimana: A_s = Radioaktivitas ^{210}Pb total atau ^{214}Pb sampel yang teroreksi (Bq/kg)
 A_a = Radioaktivitas ^{210}Pb total atau ^{214}Pb sampel yang didapat dari alat (Bq)
 W = Berat sampel yang dianalisis (kg)

HASIL DAN PEMBAHASAN

SubDAS Ciberang adalah salah satu bagian hulu dari DAS Ciujung yang terletak di Kabupaten Lebak – BANTEN, dimana di lokasi ini setiap tahun selalu terjadi banjir besar. Rusaknya hutan lindung di lokasi ini karena adanya kegiatan penambangan pasir gunung secara besar-besaran sehingga menyebabkan pendangkalan sungai Cisemeut. Pengambilan sampel untuk estimasi laju sedimentasi dilakukan di daerah banjir (*flood area*) yang terletak di bantaran sungai Cisemeut pada dua titik yang berjarak kurang lebih 1 km yaitu titik COR I dan COR II. Pengambilan sampel menggunakan alat coring 9di = 7 cm) dengan interval setiap lapisan 10 cm hingga kedalaman 120 cm. Laju sedimentasi akan dihitung menggunakan rumus peluruhan radioaktif, yaitu [10] :

$$C = C_0 \exp(-\lambda Z/r) \quad (4)$$

dimana: λ = konstanta peluruhan ^{210}Pb
 Z = kedalaman sampel
 r = laju sedimentasi

Dengan asumsi laju sedimentasi konstan, selanjutnya laju sedimentasi diestimasi menggunakan persamaan $Y = aX + B$, dengan Y

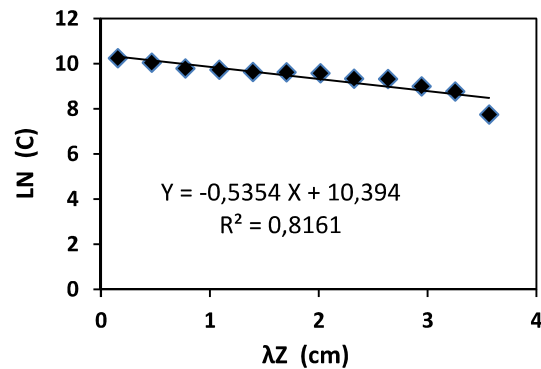
adalah $\ln(C)$ dan X adalah λZ , sehingga diperoleh bahwa $a = 1/r$.

Melalui persamaan (1) sampai dengan (3), diperoleh aktivitas dari sampel-sampel COR I seperti yang terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Aktivitas sampel-sampel dari COR I (S = 06° 21' 41,3" dan T = 106° 12' 19,3")

No.	Kedalaman (cm)	Aktivitas $^{210}\text{Pb}_{ex}$	
		(Bq/kg)	(Bq/m ²)
1.	(0 – 10)	54,80	4797
2.	(10 – 20)	54,08	5366
3.	(20 – 30)	9,56	1051
4.	(30 – 40)	22,97	1587
5.	(40 – 50)	3,93	196
6.	(50 – 60)	9,36	545
7.	(60 – 70)	36,09	3027
8.	(70 – 80)	4,17	233
9.	(80 – 90)	46,02	3060
10.	(90 – 100)	34,46	1710
11.	(100 – 110)	37,26	4075
12.	(110 – 120)	16,43	2309

Berdasarkan pada data-data Tabel 1, kemudian dihitung laju sedimentasi menggunakan persamaan $Y = aX + B$. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Profil aktivitas $^{210}\text{Pb}_{ex}$ terhadap kedalaman sedimen S. Cisemeut, Lebak, Banten (COR I)

Melalui Gambar 3, maka laju sedimentasi (r) di COR I dapat dihitung, dimana : $a = 1/r$ ($0,5354 = 1/r$), sehingga r adalah 1,87 cm/tahun ($R^2 = 0,8161$).

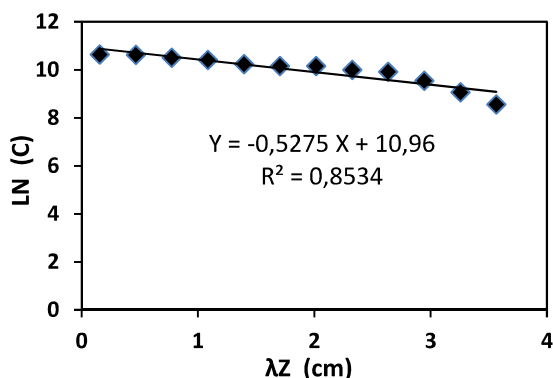
Untuk COR II, dengan cara yang sama maka diperoleh aktivitas ^{210}Pb excess sampel-sampel seperti pada Tabel 2.

Dengan menggunakan data-data yang terdapat pada Tabel 2, maka laju sedimentasi dapat dihitung dengan cara seperti di COR I, dan

diperoleh persamaan garis seperti yang terlihat pada Gambar 4.

Tabel 2. Aktivitas sampel-sampel dari COR II (S = 06° 21' 29,3", T = 106° 13' 29,2")

No.	Kedalaman (cm)	Aktivitas $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$	
		(Bq/kg)	(Bq/m ²)
1.	(0 – 10)	9,48	707
2.	(10 – 20)	55,36	4342
3.	(20 – 30)	36,37	3514
4.	(30 – 40)	45,64	5228
5.	(40 – 50)	19,34	1999
6.	(50 – 60)	0,49	45
7.	(60 – 70)	32,54	3795
8.	(70 – 80)	18,21	1627
9.	(80 – 90)	44,35	6335
10.	(90 – 100)	36,90	5329
11.	(100 – 110)	17,59	3354
12.	(110 – 120)	34,87	5208



Gambar 4. Profil aktivitas ^{210}Pb Excess terhadap kedalaman sedimen S.Cisemeut – Lebak – Banten (COR II)

Melalui Gambar 4, maka laju sedimentasi di COR II dapat dihitung dimana : $a = 1/r$ ($0,5275 = 1/r$), sehingga r adalah $1,89$ cm/tahun ($R^2 = 0,8534$).

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa pada daerah daratan banjir di sepanjang sungai Cisemeut laju sedimentasinya berkisar $1,87$ cm/tahun ($R^2=0,8161$) untuk COR I, sedangkan untuk COR II adalah $1,89$ cm/tahun ($R^2 = 0,8534$). Nilai-nilai tersebut adalah hasil perhitungan dengan beberapa asumsi, pada kenyataannya pendangkalan terjadi dalam waktu singkat karena adanya penambangan pasir secara besar-besaran di daerah hulu pada subDAS Ciberang dan limbah dari pencucian pasir tersebut

menyebabkan pendangkalan dan penyempitan sungai Ciujung di daerah hulu ini.

KESIMPULAN

Sub-DAS Ciberang mengalami pendangkalan yang tinggi karena adanya perubahan fungsi hutan menjadi lahan olahan dan penambangan pasir. Radiosotop alam ^{210}Pb -excess dapat digunakan untuk menentukan laju sedimentasi daratan banjir suatu bantaran sungai. Dari hasil profil ^{210}Pb -excess tersebut didapatkan laju sedimentasi di daratan banjir subDAS Ciberang adalah $1,87$ cm/tahun ($R^2=0,8161$) untuk COR I dan laju sedimentasi $1,89$ cm/tahun ($R^2 =0,8534$) untuk COR II.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini terlaksana atas dana dari Lembaga Non Departemen BATAN. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, Kepala Bidang Industri dan Lingkungan serta rekan-rekan di subKelompok Erosi/Sedimentasi sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. "Rencana Tindak DAS Ciujung", laporan Utama 1 BP DAS Ciliwung - Citarum, 2010.
- [2]. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat; Teknologi Pengelolaan Lahan Kering Menuju Pertanian Produktif dan Ramah Lingkungan, BPPP, Departemen Pertanian, 2002.
- [3]. Fang, H. Y., Sheng, M. L., Tang, X. H., Cai, Q. G. "Assessment of soil Redistribution and spatial pattern for a Small mall catchment in the black soil region, Northeastern China: Using fallout $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ ", Soil and Tillage Research 133 (2012), p. 85 – 92.
- [4]. Shuller, P., Walling, D. E., et al., "Using ^{137}Cs and $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ and other sediment source Fingerprints to document suspended sediment sources in small forested catchments in south - Central Chile", Journal of Environmental radioactivity, 124 (2013), p. 147 – 159.
- [5]. Rafiq, M., Ahmad, M., Iqbal, N., Tariq, J. A., Akram, W., and Shafiq, M., "Assessment of soil losses from managed and unmanaged sites in a Subcatchment of Rawal Dam, Pakistan using fallout

- radionuclides”, In: Impact of Soil conservation measures on erosion control and soil quality. IAEA-TECDOC-1665. (2011), pp. 73-85.
- [6]. Porto, P., and Walling, D. E., “Validating the use of ^{137}Cs and $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ Measurements to estimate rates of soil Loss from cultivated land in southern Italy”, *Journal of Environmental Radioactivity* 106 (2012), pp. 47 – 57.
- [7]. Smith, H. G., Sheridan, G. J., et al., “Quantifying sources of fine sediment Supplied to post- fire debris flows using fallout radionuclide tracers”, *Geomorphology* 139 – 140 (2012), Elsevier, pp. 403 – 415.
- [8]. Walling, D. E., Collin, A. L., and Sickingabula, H. M., “Using unsupported lead-210 measurements to investigate soil erosion and sediment delivery in a small Zambia catchment”, *Geomorphology* 52 (2003), Elsevier, pp. 193 -213.
- [9]. Nita Suhartini dan Barokah Aliyanta, “Distribusi vertikal radioisotop alam ^{210}Pb di tanah pada beberapa lokasi stabil DAS Cisadane”, *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pengelolaan Limbah XV*, ISSN 1410 – 6086,(2017), pp. 73 – 81.
- [10]. Barokah a., Et al. , IAEA document of the IAEA/RCA Project final review meeting, “Restoration of soil fertility and sustenance of agricultural productivity”; measuring soil erosion/sedimentation and associated pesticide contamination, RAS/5/039 part 2, 2005.
- [11]. Rabesiranana, N., Rasolonirina, et al., “Assessment of soil redistribution rates by ^{137}Cs and $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ in a typical Malagasy agricultural field”, *Journal of Environmental Radioactivity*, 152 (2016), pp. 112 – 118.

PERTANYAAN SAAT PRESENTASI

- **Tidak ada pertanyaan**