

PENENTUAN UMUR SEDIMEN DAS CINANGKA DAN DAS CIRENGIT DENGAN GEOKRONOLOGI PB-210

TOMMY HUTABARAT¹ dan E. RISTIN PUJIINDIYATI²
^{1,2}Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi – Badan Tenaga Nuklir Nasional

Email : tevarito@batan.go.id

Diterima Editor :

Diperbaiki :

ABSTRAK

PENENTUAN UMUR SEDIMEN DAS CINANGKA DAN DAS CIRENGIT DENGAN GEOKRONOLOGI PB-210. Pb-210 adalah radioisotop yang biasa digunakan untuk menentukan umur sedimen berdasarkan cacahan sinar alpa. Dengan demikian, geokronologi endapan sedimen yang terjadi di masa lalu dengan skala waktu 150 tahun dapat ditelusuri dengan menggunakan isotop Pb-210. Kehadiran isotop Pb-210 di atmosfer dihasilkan secara alami dari peluruhan radioaktif Rn-222 yang dilepaskan dari bumi. Aplikasi Pb-210 untuk penanggalan sedimen telah dilakukan di muara DAS Cinangka dan Cirengit di Dam Darma – Kabupaten Kuningan. Pengumpulan sampel sedimen dilakukan dengan menggunakan metode coring sedangkan cacahan sinar alpa diukur dengan spektrometer alpa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa umur lapisan sedimen dasar yang dikumpulkan pada kedalaman 22-24 cm dari permukaan di DAS Cinangka sekitar 103,34 tahun sedangkan lapisan sedimen dasar yang dikumpulkan pada kedalaman 22-24 cm di DAS Cirengit adalah 103,51 tahun. Oleh karena itu, diperkirakan bahwa endapan sedimen di DAS Cinangka dan Cirengit terjadi pada tahun 1919 dan 1905.

Kata kunci : *sedimen coring, Pb-210, umur sedimen*

ABSTRACT

DETERMINATION OF SEDIMENT DATING IN CINANGKA AND CIRENGIT WATERSHED USING GEOCHRONOLOGY OF ²¹⁰PB ISOTOPE. Pb-210 is a radioisotope commonly used to determine the ages of sediment based on counting alpha rays. Thus, geochronology of the sediment deposition that occurred in the past with scale time of 150 years can be traced by employing Pb-210 isotope. The presence of Pb-210 isotope in atmosphere is produced naturally from radioactive decay of ²²²Rn released from the earth. Application of Pb-210 for sediment dating had been conducted in the estuary of Cinangka and Cirengit watershed in Darma Dam - Kuningan Regency. Collecting sediment samples was conducted by using coring method whereas counting alpha ray was measured by alpha spectrometer. The results showed that the age of base sediment layer collected at 22-24 cm depth from surface in Cinangka watershed was around 103.34 years whereas that of base sediment layer collected at 22-24 cm depth in Cirengit watershed was 103.51 years. Therefore, it is estimated that the evidence of sediment deposition in Cinangka and Cirengit watershed occurred in the year of 1919 and 1905, respectively.

Key words : *coring sediments, ²¹⁰Pb, sediments age*

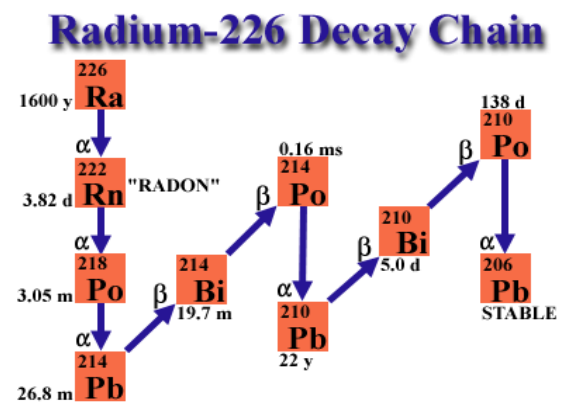
PENDAHULUAN

Geokronologi Pb – 210 merupakan suatu metode isotopik untuk menghitung umur berdasarkan peluruhan radioaktif hasil peluruhan Rn-222. Sejak pertama kali digunakan, penggunaan metode Pb-210 telah banyak berkembang, baik dari segi teknik dasar, pemodelan, dan asumsi. Kepercayaan para ahli menggunakan teknik ini dapat dilihat melalui semakin meningkatnya keberhasilan penelitian, dan publikasi dengan menggunakan teknik ini. Karena waktu paruh Pb-210 relatif singkat (sekitar 22 tahun), penelitian menggunakan metode ini umumnya dilakukan pada studi yang berkaitan dengan sedimentasi dalam jangka abad – abad terakhir. Metode geokronologi Pb-210 juga dapat diterapkan pada studi paleoseismik dengan melakukan *dating* pada *organic – rich sediment* yang dapat mengukur umur peristiwa alam yang terekam di sedimen dalam kurun waktu 150 tahun terakhir, yang mana umumnya diakui sebagai periode yang cukup sulit untuk dideteksi dengan metode radiokarbon.

Keberadaan Pb-210 di atmosfer erat kaitannya dengan gas radon, khususnya isotop Rn222, yang memiliki waktu paruh 3,8 hari. Radon – 222 dihasilkan dari bumi, lalu dilepaskan ke atmosfer, dimana Radon – 222 meluruh seiring dengan waktu. Radon – 222 meluruh, menghasilkan empat buah *daughter elements* dengan waktu paruh berkisar antara milisekon hingga 27 menit, hingga akhirnya menghasilkan isotop Pb-210. Perubahan fasa gas ke fasa padat pada peluruhan Rn-222 menjadi Pb-210 merupakan perubahan yang sangat cepat jika dipandang dari segi geologi. Pb – 210 lalu melayang di atmosfer, hingga akhirnya turun bersamaan dengan presipitasi, dan turut mengendap di lingkungan pengendapan danau, laut, juga tanah bersamaan dengan turunnya air hujan. Ketika terperangkap dalam sedimen, Pb-210 diasumsikan tidak bergerak, dan secara berkala meluruh menjadi Rn-222. Pb-210 yang dihasilkan oleh

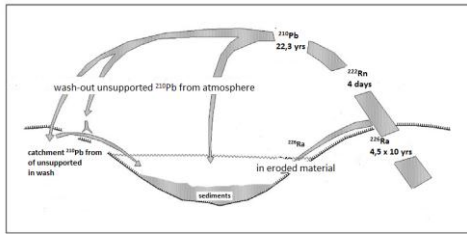
proses ini dikenal dengan istilah *supported* Pb-210 (Goldberg, 1963).

Wilayah pesisir merupakan lingkungan yang dinamis, unik dan rentan terhadap perubahan lingkungan. Faktor – faktor yang berpengaruh terhadap lingkungan pesisir antara lain aktivitas di daratan, pertumbuhan penduduk, perubahan iklim, peningkatan permintaan akan ruang dan sumber daya serta dinamika lingkungan pantai. Di samping itu, perairan pesisir dipengaruhi oleh interaksi dinamis antara masukan air dan lautan (*ocean waters*) dan air tawar (*freshwater*). Berbagai macam aktivitas manusia yang dilakukan baik di daratan maupun di lautan mendorong terjadinya perubahan lingkungan di wilayah pesisir.



Gambar 1. Rantai peluruhan Ra-226 melalui rentetan peluruhan alpha dan beta, hingga pembentukan isotop stabil Pb-206

Mekanisme perjalanan unsur Ra-226 dan pengendapan radionuklida alam Pb-210 di alam dapat dilihat pada gambar 2 (Oldfield dan Appleby, 1984)



Gambar.2. Mekanisme perjalanan unsur Ra-226 dan pengendapan radionuklida alam Pb-210 di alam

TEORI

Dalam aplikasinya, keberadaan isotop alam tersebut sangat membantu dalam suatu penelitian ilmiah untuk memecahkan problem yang berkaitan dengan masalah degradasi sumber daya tanah, diantaranya adalah : (1) studi erosi pada suatu lokasi perkebunan, lokasi sepanjang daerah aliran sungai atau pada daerah tataguna lahan/tanah olahan; (2) studi penanggalan (*dating*) di daerah muara atau danau serta (3) geokronologi sedimen. Menurut (Imboden dan Stiller, 1982) terdapat pengaruh perubahan Rn-222 pada distribusi Pb-210 dalam sedimen dan didapat suatu model matematik untuk menggambarkan distribusi Rn-222 dalam sampel sedimen. Akumulasi Pb-210 dalam sedimen akan terkubur dan mengalami peluruhan. Untuk penentuan umur sedimen dapat digunakan persamaan model CRS (*Constant Rate of Supply*) sebagai berikut :

$$A = A(o) e^{-Gt} \dots\dots\dots(1)$$

dengan :

A = jumlah Pb-210_{unsupported} dibawah kedalaman x (Bq/m²)

A(o)= Jumlah Pb-210_{unsupported} pada seluruh coring (Bq/m²)

G = konstanta peluruhan = 0,01314

T = umur sedimen (tahun)

Melalui operasi logaritma natural maka di peroleh persamaan :

$$t = \frac{1}{\lambda} \ln \left[\frac{A_o}{A_x} \right] \dots\dots\dots(2)$$

dengan :

t = Umur sedimen (tahun)

λ = Konstanta peluruhan

Ao = Fluks Pb-210 kumulatif total

Ax = Fluks Pb-210 kumulatif pada kedalaman x

Alasan digunakannya model CRS karena metode ini mampu menganalisis lapisan sedimen per layer sehingga dapat menentukan profil Pb-210 serta umur sedimen sampai 150 tahun yang lalu. Model CRS mengasumsikan bahwa perubahan Pb-210 pada sedimen konstan dan laju akumulasi sedimen berubah (*Willard and Holmes, 1997*)

CONTOH APLIKASI

Pengambilan sampel sedimen

Dua sampel sedimen coring diambil menggunakan alat pipa paralon dengan panjang 70 cm dan diameter 3,8 cm dari muara DAS Cinangka dan DAS Cirengit waduk Darma Kuningan. Sampel sedimen dipotong dengan alat potong dari bahan plastik untuk menghindari kontaminasi logam berat setiap 2 cm setelah itu sampel ditempatkan pada aluminium foil dan diberi label sesuai dengan lokasi stasiun pengambilan sampel dan kedalamannya. Analisis kandungan Pb-210 dilakukan di laboratorium sedimentology dan Kelautan Bidang Industri dan Lingkungan – PAIR.

Bahan yang digunakan

Bahan yang akan digunakan pada penelitian ini adalah sampel sedimen kering , tracer Po-209, larutan HCl 6N, HNO₃ 4N, HCl 0.5M dan asam askorbat.

Alat yang digunakan

Alat yang akan digunakan pada penelitian ini adalah pemanas/oven, pembakar kapasitas 450⁰C, timbangan , pipet

dan propipet, silver disc diameter 1 cm, spektrometer alfa EG & G ORTEC model 495, silver polish, gelas beker, glyptal dan lemari asam.

Tata Kerja

a. Preparasi sampel

Tahapan preparasi sampel dilakukan sebagai berikut :

1. sampel sedimen kering ditimbang sebanyak 4 gram dan dimasukkan kedalam gelas beker 100 cc
2. ditambahkan larutan tracer Po-209 sebanyak 0,423 bq/cc, kemudian dikeringkan dengan penambahan 25 cc HNO₃ 4N
3. ditambahkan 25 cc aqua regia dan dikeringkan
4. ditambahkan 25 cc HCl 6M dan dikeringkan
5. ditambahkan 20 cc HCL 0,5M
6. larutan dipindahkan ke dalam gelas beker 50 cc kemudian diinapkan semalam
7. setelah diinapkan larutan dipanaskan pada temperatur 85 – 90°C
8. ditambahkan 200 mg asam askorbik
9. dicelupkan piringan perak ke dalam larutan yang sebelumnya dibersihkan dengan silver polish dan salah satu sisi ditutup dengan glyptal
10. selanjutnya piringan perak dalam larutan diaduk menggunakan magnetik stirer selama 30 menit
11. Po-209 yang terdeposisi pada permukaan perak dicacah menggunakan spektrometer alfa

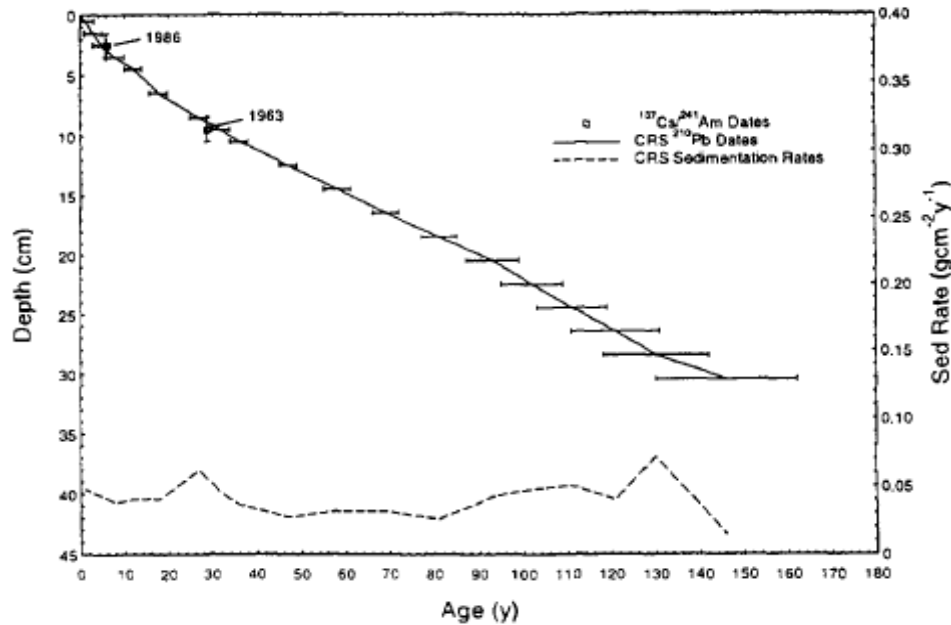
b. Penentuan nilai Pb-210 total

Penentuan Pb-210 total dihitung menggunakan rumus yang digunakan oleh Chavez-Chabeza [6]:

$$A(\text{Pb-210}) = \left\{ \frac{N_{210}\text{S}^{-1}}{N_{209}\text{S}^{-1}} \right\} \times \left\{ \frac{A(\text{Po}^{209})}{\text{gram sedimen}} \right\} \dots\dots\dots(3)$$

dengan :

- A(Pb-210) = jumlah Pb-210 *unsupported* dibawah kedalaman x cm (bq/m²)
- N₂₁₀S⁻¹ = cacahan Po-210
- N₂₀₉S⁻¹ = cacahan Po-209
- A(Po²⁰⁹) = Aktivitas tracer Po-209 = 0,0846 Bq



Gambar 3. Pemodelan umur kolom sedimen menggunakan model CRS (Appleby, Oldfield, 1978)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Aktivitas *supported* Pb-210 diasumsikan sama pada setiap kedalaman, yang mana Ra-226 meluruh membentuk gas Rn-222 yang kemudian meluruh dengan waktu paruh pendek membentuk isotop Pb-210. Nilai aktivitas *supported* Pb-210 dihitung dari rata-rata aktivitas terendah yaitu dari lapisan dengan kedalaman 28-30 cm sampai 34-36 cm untuk lokasi DAS Cinangka dan 26-28 cm sampai 32-34 cm untuk lokasi DAS Cirengit. Nilai aktivitas *supported* Pb-

210 pada *core* DAS Cinangka dan Cirengit masing masing adalah adalah 11 Bq/kg dan 14 Bq/kg. Selanjutnya penentuan *unsupported* Pb-210 ditentukan berdasarkan pengurangan antara aktivitas total Pb-210 dengan *supported* Pb-210 (Hakanson dan Jansson 2002; Panayatou 2002). Kosentrasi *Unsupported* Pb-210 akan menurun, sebagai fungsi dari kedalaman akibat dari peluruhan radioaktif. Aktivitas *unsupported* Pb-210 setiap *core* DAS Cinangka dan Cirengit berturut-turut disajikan pada tabel 1 dan tabel 2.

Tabel 1. Data analisis menggunakan model CRS untuk menghitung umur lapisan sedimen lokasi DAS Cinangka

Kedalaman (cm)	Pb-210 Total (Bq/kg)	Pb-210 <i>Supported</i> (Bq/kg)	Pb-210 <i>Unsupp</i> (Bq/kg)	Fluks massa (kg/m ²)	Pb-210 <i>Inv</i> (Bq/m ²)	Pb-210 <i>Inv total</i> (Bq/m ²)	Umur (tahun)	Tahun
0-2	40,377	11	29,377	6,67	414,617	414,617	3,99	2013
2-4	45,702		34,702	5,34	443,938	858,554	5,43	2012
4-6	40,608		29,608	7,56	450,480	1309,034	9,11	2008

Tabel 1. Lanjutan

Keda laman (cm)	Pb-210 Total (Bq/kg)	Pb-210 <i>Supported</i> (Bq/kg)	Pb-210 <i>Unsupp</i> (Bq/kg)	Fluks massa (kg/m ²)	Pb-210 <i>Inv</i> (Bq/m ²)	Pb-210 <i>Inv total</i> (Bq/m ²)	Umur (tahun)	Tahun
6-8	55,368		44,368	6,32	593,148	1902,182	14,40	2003
8-10	41,075		30,075	5,89	416,581	2318,762	18,25	1999
10-12	45,286		34,286	7,69	391,890	2710,652	25,00	1994
12-14	51,935		40,935	5,62	701,669	3412,321	32,33	1987
14-16	38,942		27,942	6,78	566,506	3978,827	39,92	1980
16-18	37,782		26,782	6,43	666,258	4645,085	48,84	1971
18-20	27,025		16,025	5,33	597,281	5242,366	54,38	1965
20-22	44,591		33,591	6,77	1052,957	6295,323	76,67	1946
22-24	30,638		19,638	6,54	784,370	7079,693	103,34	1919
24-26	29,461		18,461	5,41	663,183	7742,876		

Tabel 2. Data analisis menggunakan model CRS untuk menghitung umur lapisan sedimen lokasi DAS Cirengit

Keda laman (cm)	Pb-210 Total (Bq/kg)	Pb-210 <i>Supported</i> (Bq/kg)	Pb-210 <i>Unsupp</i> (Bq/kg)	Fluks massa (kg/m ²)	Pb-210 <i>Inv</i> (Bq/m ²)	Pb-210 <i>Inv total</i> (Bq/m ²)	Umur (tahun)	Tahun
0-2	68,053	14	54,053	7,54	329,894	329,894	2,18	2014
2-4	60,458		46,458	5,89	212,969	542,863	4,69	2012
4-6	71,096		57,096	7,98	373,433	916,296	8,25	2008
6-8	79,575		65,575	8,75	483,653	1399,949	13,38	2003
8-10	77,015		63,015	6,32	333,159	1733,107	17,49	1998
10-12	80,154		66,154	8,94	499,338	2232,445	24,77	1990
12-14	63,166		49,166	8,79	341,632	2574,077	31,36	1982
14-16	60,883		46,883	9,87	361,070	2935,147	40,33	1972
16-18	55,313		41,313	9,54	295,867	3231,014	50,62	1960
18-20	49,294		35,294	8,7	217,447	3448,461	61,79	1947
20-22	46,202		32,202	9,99	248,774	3697,235	80,13	1922
22-24	41,159		27,159	7,98	78,675	3775,911	103,51	1905
24-26	39,897		25,897	7,86	122,591	3898,501		

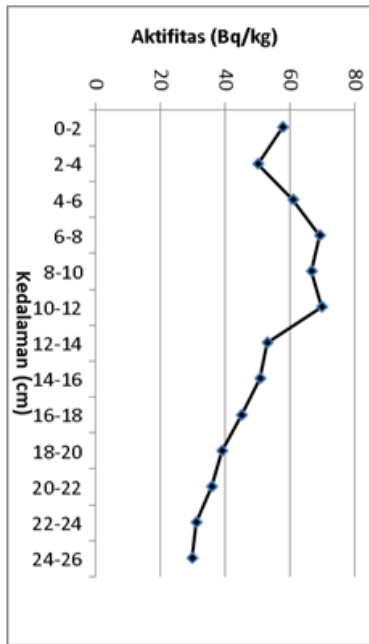
Profil aktivitas total Pb-210 pada setiap *core* dapat dilihat pada Gambar 4a dan gambar 4b. Profil total Pb-210 pada kedua lokasi umumnya berfluktuasi dan menurun dari permukaan hingga lapisan paling bawah. Hal ini dapat disebabkan oleh pencampuran partikel sedimen akibat proses pengadukan di dasar perairan. Nilai aktivitas total Pb-210 yang didapatkan pada lokasi DAS Cinangka berkisar antara 27,02 Bq/kg (18-20 cm)

hingga 55,36 Bq/kg (6-8 cm) dan DAS Cirengit berkisar antara 39,89 Bq/kg (24-26 cm) hingga 80,15 Bq/kg (10-12 cm).

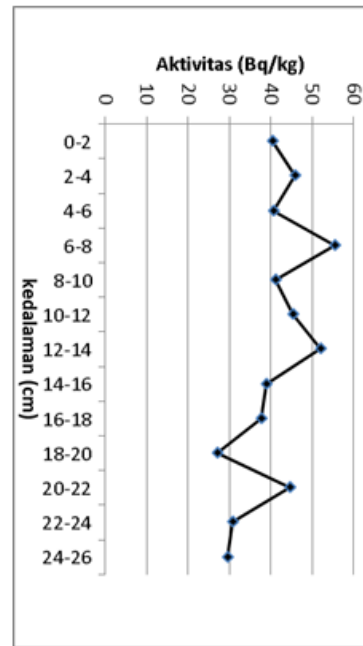
Gambar 4a menunjukkan profil total Pb-210 bervariasi pada lapisan sedimen permukaan (0-26 cm) dan cenderung mengalami penurunan pada lapisan sedimen bagian bawah hingga lapisan 26 cm. Hal yang sama tidak ditemukan pada sedimen *core* DAS Cirengit (Gambar 4b), profil total

Pb-210 bervariasi mulai dari sedimen permukaan hingga kedalaman (12-14) dan terus menurun hingga kedalaman 26 cm. Di kedua lokasi makin dalam sedimen aktivitas total Pb-210 cenderung makin rendah karena umurnya makin tua, meskipun kenyataannya berfluktuasi disebabkan karena kondisi lapisan yang berbeda-beda. Tinggi rendahnya kandungan Pb-210 dalam sedimen pada kedua lokasi selain dipengaruhi oleh kandungan bahan organik dan ukuran butir sedimen, juga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan.

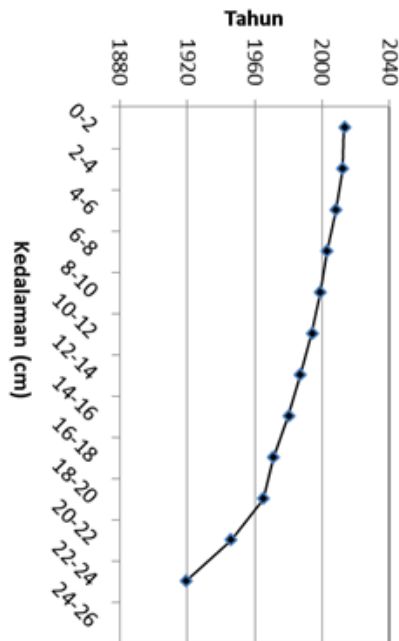
Umumnya aktivitas total Pb-210 tersebut menunjukkan penurunan seiring dengan bertambahnya kedalaman. Penurunan tersebut disebabkan oleh peluruhan radioaktif dari Pb-210 terhadap waktu (Jeter 2000).



Gambar 4a. Profil kedalaman Pb-210_{Excess} dalam sampel sedimen DAS Cirengit



Gambar 4b. Profil kedalaman Pb-210_{Excess} dalam sampel sedimen DAS Cinangka



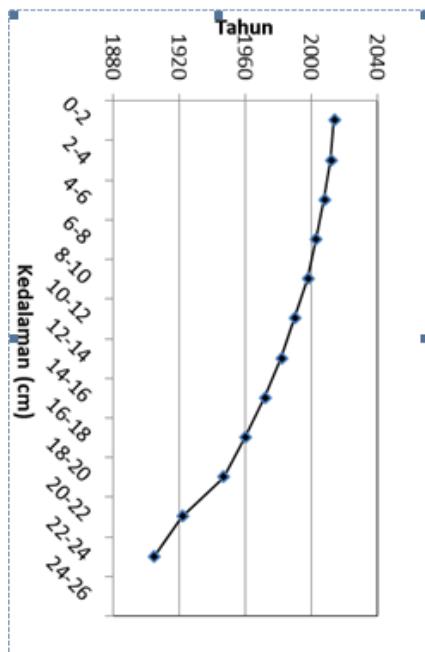
Gambar 5a. Profil geokronologi sedimen DAS Cinangka

KESIMPULAN

Terbukti bahwa kandungan Pb-210 dalam sedimen dapat diukur menggunakan spektrometer alpa yang selanjutnya dapat dianalisis untuk menentukan umur sedimen, juga dalam aplikasinya dapat digunakan untuk mengetahui kronologi sedimentasi suatu reservoir. Umur lapisan sedimen dasar lokasi DAS Cinangka (22-24 cm) dan DAS Cirengit (22-24 cm) yang dapat ditentukan dengan metode radionuklida alam Pb-210 masing-masing sebesar 103,34 tahun (tahun 1919) dan 103,51 tahun (tahun 1905).

DAFTAR PUSTAKA

1. JONES, B.G and B.E, CHENHALL, 2001, "Lagoonal and estuarine sedimentation During the past 200 years", In H. Heijinis and K. Harle (Eds), Proceedings of the Archives of Human impact of the last 200 years, Environment Workshop, AINSE, pp. 42-46
2. OLDFIELD, F. and APPLEBY, 1984, Empirical testing of Pb dating models for lake sediment, In E.Y. Hayworth and J>W>G. Lund (Eds). Sediments and Environmental History, University of Minnesota Press, Minneapolis.
3. WIELAND E et al., Scavenging of Chernobyl ¹³⁷Cs and ²¹⁰Pb in lake sempach Switzerland. Geochimica et Cosmochemica Acta. Vol. 57. Pergamon Press Ltd. 1993.
4. IAEA.. Use of Nuclear Techniques in Studying Soil Erosion and Siltation. IAEA-TECDOC - 828. Vienna, 1993.
5. WILARD, D.A. and C.W. Holmes (1997). Pollen and Geochronological Data from South Florida : Taylor Creek Site 2.
6. SANCHEZ - CABECA, J A., Masque,P., Schell,W.R., Palanques, A., Valiente, M., Palet,C., Obiol, R.P., and Cano, JP. (1993). Record of Anthropogenic Environmental Impact in The



Gambar 5b. Profil geokronologi sedimen DAS Cirengit

Konsentrasi aktivitas Pb-210 *Unsupported* diperoleh melalui pengurangan antara Pb-210 total dengan Pb-210 *supported* yang selanjutnya digunakan dalam penentuan umur sedimen. Berdasarkan profil Pb-210 *unsupported* (gambar 4a,4b), yaitu perilaku Pb-210 menunjukkan pengurangan yang tidak monoton, maka penentuan umur sedimen dilakukan menggunakan model CRS (*Constant Rate of Supply*). Profil geokronologi umur sedimen pada kedua lokasi menunjukkan pola penurunan konsentrasi yaitu pada lapisan dalam umur sedimen makin muda (Gambar 5a dan 5b). Umur lapisan sedimen dasar lokasi DAS Cinangka (22-24 cm) dan DAS Cirengit (22-24 cm) yang dapat ditentukan dengan metode radionuklida alam Pb-210 masing-masing sebesar 103,34 tahun (tahun 1919) dan 103,51 tahun (tahun 1905).

- Continental Shelf North of Barcelona City, Proceeding of a symposium, IAEA.
7. Hancock, G. J. and Hunter, J. R., 1999, Use of excess ^{210}Pb and ^{228}Th to Estimate rates of sediment accumulation and bioturbation in Port Philip Bay, Australia, *Mar Fresh. Wat. Res.*, 50: 533-545.