

P3TIR/P.77/2001

ESTIMASI FLUKS Pb STABIL DI SITU -
PAMULANG BERDASARKAN PENANG
GALAN ^{210}Pb

Barokah Aliyanta dan Ali Arman

1270

ESTIMASI FLUKS Pb STABIL DI SITU-PAMULANG BERDASARKAN PENANGGALAN ^{210}Pb

Barokah Aliyanta dan Ali Arman

Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Isotop dan Radiasi

Abstrak

ESTIMASI FLUKS Pb STABIL DI SITU-PAMULANG BERDASARKAN PENANGGALAN ^{210}Pb . Telah dilakukan perhitungan fluks Pb stabil dengan menggunakan metode penanggalan ^{210}Pb . Metode penanggalan CRS digunakan untuk estimasi umur per lapisan sedimen maupun estimasi laju sedimentasi relatif tiap lapisan sedimen. Dengan diketahuinya aktivitas Pb stabil dan diketahuinya laju sedimentasi relatifnya, memungkinkan untuk memperhitungkan fluks stabil Pb tiap per lapisan sedimen. Telah teramati 2 kenaikan signifikan fluks Pb stabil yaitu berkisar dari tahun 1953 dan tahun 1974. Dari tahun 1981 sampai 1995 dapat dipertimbangkan mempunyai nilai yang relatif konstan.

Abstract

ESTIMATION OF THE FLUX OF STABLE LEAD AT SITU-PAMULANG BASED ON THE ^{210}Pb DATING. The calculation of flux of Pb stable has been done using a dating method. The CRS dating method is used to estimate the age of sediment profile and the relative sedimentation rate. Since the activity of Pb stable and the relative sedimentation rate have been known, it is possible to calculate the flux of Pb stable each layer. Based on the analysis, there are 2 records of flux of Pb stable which is increase significantly, that are around 1953 and 1974. More over, from 1981 to 1995 can be assumed that the flux of Pb stable was relatively constant.

PENDAHULUAN

^{210}Pb merupakan radionuklida lingkungan yang berasal dari anak luruh deret panjang Uranium-238 yang ada dalam kerak bumi. Isotop ini ada dalam kerak bumi dengan kelimpahan 99,274%, sedangkan isotop lainnya yaitu ^{235}U dan ^{234}U berturut-turut dengan kelimpahan 0,72% dan 0,06%. 1 gram uranium di alam memancarkan 33400 kuantum gamma tiap detiknya [1]. ^{210}Pb mempunyai waktu paruh 22,35 tahun. ^{210}Pb berasal dari ^{222}Rn turunan ^{226}Ra . ^{226}Ra terjadi secara alamiah dalam tanah atau batuan, sebagian kecil gas ^{222}Rn akan terdifusi ke atmosfer dari tanah dan akan menghasilkan ^{210}Pb dalam atmosfer. Jatuhan ^{210}Pb dari atmosfer ini umumnya dinyatakan sebagai *unsupported excess* ^{210}Pb bila berada dalam tanah/sedimen. Hal ini berguna untuk membedakan ^{210}Pb yang dihasilkan langsung dari tanah/sedimen dan disebut *supported* ^{210}Pb .

^{210}Pb merupakan unsur yang mempunyai sifat kimia serupa dengan Pb stabil, mudah teradsorpsi dengan hampir semua padatan alamiah seperti mineral lempung, oksida

sulfida, maupun zat-zat organik dan berakibat mempunyai sedikit kemungkinan termobilisasi^[2]. Sifat-sifat inilah yang mendasari penggunaan secara luas metode penanggalan ^{210}Pb untuk sedimen. Oleh karena itu, sejak tahun 1970an telah banyak dilakukan penelitian pemanfaatan ^{210}Pb dalam sedimen danau^[3,4,5].

Seiring dengan kemajuan teknologi dewasa ini yang erat berhubungan dengan dampak lingkungan, dikarenakan kegiatan manusia dalam kurun waktu sampai 100 tahun lebih yang lalu, pengukuran aktivitas ^{210}Pb pada tiap-tiap lapisan sedimen sangat bermanfaat untuk menentukan kronologi, penentuan laju sedimen yang sangat diperlukan untuk kajian dampak pencemaran lingkungan karena aktivitas manusia.

Tujuan utama penulisan ini adalah untuk memperoleh informasi penunjang dalam rangka kajian dampak pencemaran lingkungan, khususnya yang disebabkan oleh penggunaan bahan bakar mobil dengan penambahan TEL melalui interpretasi data-data profile aktivitas ^{210}Pb pada sedimen Situ Pamulang dengan metode laju CRS (constant rate of supply).

BAHAN DAN METODE

Sebagai bahan penelitian sedimen adalah sedimen Situ Pamulang yang terletak kurang lebih 10 km dari P3TIR-BATAN Pasar Jumat, terletak di pinggir jalan raya Serpong-Pamulang. Sampel sedimen diambil pada jarak kurang lebih 25 meter dari pinggiran jalan. Sampel ini diambil menggunakan alat coring sedimen berdiameter 1,25 inci dengan metode gravitasi yang dilengkapi dengan tension klep bagian atasnya. Tension klep ini berfungsi untuk menahan sedimen agar tidak jatuh ketika diangkat ke permukaan. Sampel sedimen diambil pada kedalaman kurang lebih 5 meter dari permukaan air di saat musim kemarau. Alat coring sedimen diturunkan perlahan sampai batas permukaan sedimen, terus ditekan perlahan sampai kedalaman kurang lebih 30 Cm, setelah itu diangkat perlahan dan diusahakan sebelum sedimen terangkat ke permukaan air, pada sisi bawahnya ditutup dengan plastik.

Metode

Untuk mendapatkan data profile aktivitas ^{210}Pb dalam sedimen Situ Pamulang, sedimen yang telah diambil didinginkan dengan es campur garam dapur selama kurang lebih 3 jam sampai membeku dan dipotong-potong setiap 2 cm. Sedimen tersebut kemudian dikeringkan dalam oven dengan temperatur 105°C selama 24 jam. Untuk

analisis ^{210}Pb total diperlukan 3 gram sampel kering masing-masing untuk tiap lapisan sedimen dan ditambahkan dengan tracer ^{209}Po beraktivitas 2,116 Bq. Secara ringkas sampel-sampel sedimen sebanyak 3 gram dimasukkan ke dalam gelas reaksi dan ditambahkan sejumlah tracer di atas, ditambah dengan asam kuat untuk melarutkan logam-logam yang ada yaitu dengan HNO_3 , Aquaregia, HCL dan selanjutnya dideposisikan pada piringan perak murni berdiameter 1cm yang ditutup salah satu sisinya dengan aica-aibone. Proses rinci perlakuan kimia ini merujuk pada metode yang diperkenalkan oleh Ballestra [6]. Selanjutnya sampel tersebut dianalisis aktivitas total ^{210}Pb yang merupakan jumlah dari *unsupported* dan *supported* dalam sedimen. Aktivitas total ditentukan berdasarkan pengukuran ^{210}Po pada energi 5,3 MeV (α), sedangkan aktivitas *supported* ditentukan berdasarkan nilai rata-rata dari 3 sampel terbawah yang relatif mempunyai nilai sama.

MODEL PENDEKATAN UNTUK INTERPRETASI^[7]

Model pendekatan disini mempunyai hipotesa bahwa laju perubahan fluks ^{210}Pb yang masuk ke sedimen konstan, meskipun konsentrasi awal ^{210}Pb yang masuk ke sedimen berubah. Secara umum dinyatakan bahwa $F = r C$ dan nilai $r C$ pada permukaan sedimen adalah konstan. Dengan berasumsikan tidak adanya pergerakan sedimen dan aktivitas ^{210}Pb berkurang hanya disebabkan oleh karena peluruhan, sehingga perubahan fluks *unsupported* ^{210}Pb terhadap kedalaman sampel pada kolom sedimen dapat dinyatakan sebagai :

$$\frac{\partial (r C)}{\partial Z} = -\lambda C \quad (1)$$

$r(z, t)$ = laju akumulasi sedimen (cm/tahun)

$C(z, t)$ = konsentrasi *unsupported* ^{210}Pb (pCi/cm³)

z = kedalaman sedimen dari batas air - sedimen (cm),

dengan mendefinisikan,

$$\int_z^\infty C dz = Af(z) \quad (2)$$

pers. (1) menjadi,

$$r C = \lambda Af(z) \quad (3)$$

Model pengendapan relatif

Karena unsupported ^{210}Pb dalam sedimen terikat kuat dan stabil, laju pengendapan (deposisi) sedimen danau dapat diestimasi melalui berkurangnya konsentrasi ^{210}Pb *unsupported* terhadap kedalaman hanya disebabkan oleh adanya faktor peluruhan radioaktif sehingga dapat ditulis dalam bentuk peluruhan sebagai :

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

Analog dengan pernyataan diatas, maka $r C_0 = -\lambda Af(0)$, sehingga dengan menggabungkan pers.(3) dan (4) didapatkan :

$$Af(z) = Af(0) \exp(-\lambda t) \quad (5)$$

Dengan mendiferensialkan pers.(5) dan diubah dalam bentuk t, diperoleh :

$$t = 1/\lambda \{ \ln (Af(0)/Af(z)) \} \quad (6)$$

t = umur sedimen pada kedalaman z (th)

Af(z) = jumlah akumulasi ^{210}Pb *unsupported* di bawah kedalaman z (pCi/cm²)

Af(0) = total akumulasi ^{210}Pb dari batas air-sedimen ke bawah (pCi/cm²).

Dengan pers.(6) ini dapat dihitung secara langsung umur tiap lapisan sedimen. Beberapa penulis [3,7,8], menamakan model perhitungan di atas sebagai model *constant rate of supply* (CRS), dimana umur tiap lapisan sedimen bergantung dari nilai Af(z) dan Af(0).

HASIL dan PEMBAHASAN

Aktivitas ^{210}Pb

Total aktivitas ^{210}Pb didapatkan dengan mengasumsikan adanya keseimbangan sekuler antara ^{210}Pb dan ^{210}Po , sehingga dapat diperoleh dengan membandingkan langsung cacahan ^{210}Po terhadap ^{209}Po dikalikan dengan aktivitas perunit ^{209}Po yang ditambahkan dan dibagi dengan berat sampelnya. Perhitungan aktivitas ^{210}Pb dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\text{Aktivitas } ^{210}\text{Pb (pCi/g)} = \frac{\text{Cacahan } ^{210}\text{Po}}{\text{Cacahan } ^{209}\text{Po}} \times \frac{2,116 \text{ Bq}}{3 \text{ g}} \times \frac{27,027 \text{ pCi}}{1 \text{ Bq}} \quad (7)$$

Hasil dari pengukuran aktivitas total ^{210}Pb tiap lapisan sedimen dapat dilihat pada Tabel 1. Tabel ini menggambarkan cacahan berdasarkan pengukuran perunut ^{209}Po dan ^{210}Po masing-masing pada energi 4,88 MeV dan 5,31 MeV, dimana besarnya cacahan ^{210}Po diasumsikan sama dengan cacahan ^{210}Pb . Dari Tabel 1 terlihat bahwa mulai kedalaman 16 cm ke bawah diperoleh nilai aktivitas total ^{210}Pb yang relatif tidak jauh berbeda, sehingga dapat diasumsikan aktivitas total ^{210}Pb konstan. Oleh karena itu, nilai rata-rata total ^{210}Pb dapat dipertimbangkan sebagai *supported* ^{210}Pb yang berasal dari sedimen dan sama dengan $0,860 \pm 0,181$ pCi/g, sehingga aktivitas *unsupported* ^{210}Pb didapat dengan mengurangkan aktivitas total ^{210}Pb dengan $0,860 \pm 0,181$ pCi/g.

Estimasi umur lapisan sedimen

Agar sesuai dengan pernyataan dari pers. 1, aktivitas *unsupported* ^{210}Pb harus dinyatakan dalam satuan pCi/cm³, melalui total sedimen kering yang didapat dari masing-masing lapisan maupun volume totalnya. Perhitungan umur tiap lapisan dilakukan berdasarkan pers.6, dengan nilai Z diambil kedalaman rata-rata pada tiap lapisan dan λ sama dengan $0,045 \text{ th}^{-1}$. Sedangkan nilai $A_f(0)$ adalah total aktivitas dalam keseluruhan kolom sedimen sebesar $8,844 \pm 1,307$ pCi/cm². Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 1. Dengan metoda CRS ini dapat diestimasi umur lapisan sampai pada kedalaman mana *unsupported* ^{210}Pb teramati. Disini terlihat bahwa bertambahnya umur lapisan sedimen tidak merupakan fungsi linear. Perbedaan umur yang diperoleh tiap segmen kedalaman semakin besar.

Secara umum metoda pengendapan relatif (MPR) atau sering disebut sebagai metode CRS (constant rate of supply), berasumsikan pada fluks *unsupported* ^{210}Pb yang masuk ke permukaan sedimen tetap, memungkinkan diperoleh laju pengendapan maupun estimasi umur tiap lapisan sedimen tidak bergantung dengan konsentrasi awal. Sebagai akibatnya, baik estimasi laju pengendapan maupun umur tiap lapisan sedimen terhadap kedalaman tidak bertambah secara monotonik, karena seperti terlihat pada persamaan (3) dan (6) tergantung dari nilai perbandingan antara logaritma natural (ln) total aktifitas seluruh kolom sedimen dengan jumlah aktifitas pada kedalaman z ke bawah.

Tabel 1. Hasil pengukuran ^{209}Po dan ^{210}Po dan aktivitas ^{210}Pb

Kedalaman (cm)	^{209}Po (cacahan)	^{210}Po (cacahan)	Waktu cacah (detik)	Total ^{210}Pb (pCi/gr)	<i>Unsupported</i> ^{210}Pb (pCi/g)
0-2	128 ± 11	25 ± 5	61200	3,724 ± 0,811	2,864 ± 0,831
2-4	186 ± 14	20 ± 4	61200	2,049 ± 0,438	1,189 ± 0,474
4-6	138 ± 12	21 ± 5	61200	2,900 ± 0,735	2,040 ± 0,757
6-8	434 ± 21	36 ± 6	61200	1,581 ± 0,274	0,721 ± 0,328
8-10	174 ± 8	23 ± 7	61200	2,519 ± 0,776	1,659 ± 0,797
10-12	204 ± 14	17 ± 4	61200	1,589 ± 0,389	0,729 ± 0,429
12-14	244 ± 16	24 ± 6	61200	1,876 ± 0,485	1,016 ± 0,518
14-16	376 ± 24	35 ± 6	150000	1,773 ± 0,325	0,913 ± 0,372
16-18	348 ± 15	16 ± 4	61200	0,876 ± 0,222	-
18-20	358 ± 19	15 ± 9	61200	0,799 ± 0,481	-
20-22	527 ± 25	25 ± 3	61200	0,904 ± 0,117	-

Laju sedimentasi

Berdasarkan dari model CRS ini laju sedimentasi tiap-tiap segmen lapisan dapat dihitung menggunakan :

$$R\Delta Z_{i-i-1} = m_i / (S \Delta t_{i-i-1}) \quad (8)$$

dimana R = laju sedimentasi antara kedalaman rata-rata i dikurang i-1

s = luas permukaan core (7,67 cm²)

Δt = periode sedimentasi dari lapisan ke i-1 dan ke-i

m = massa sedimen kering pada lapisan ke-i (gr)

Hasil estimasi laju sedimentasi dari pers.(8) diatas dapat dilihat pada Table 3.

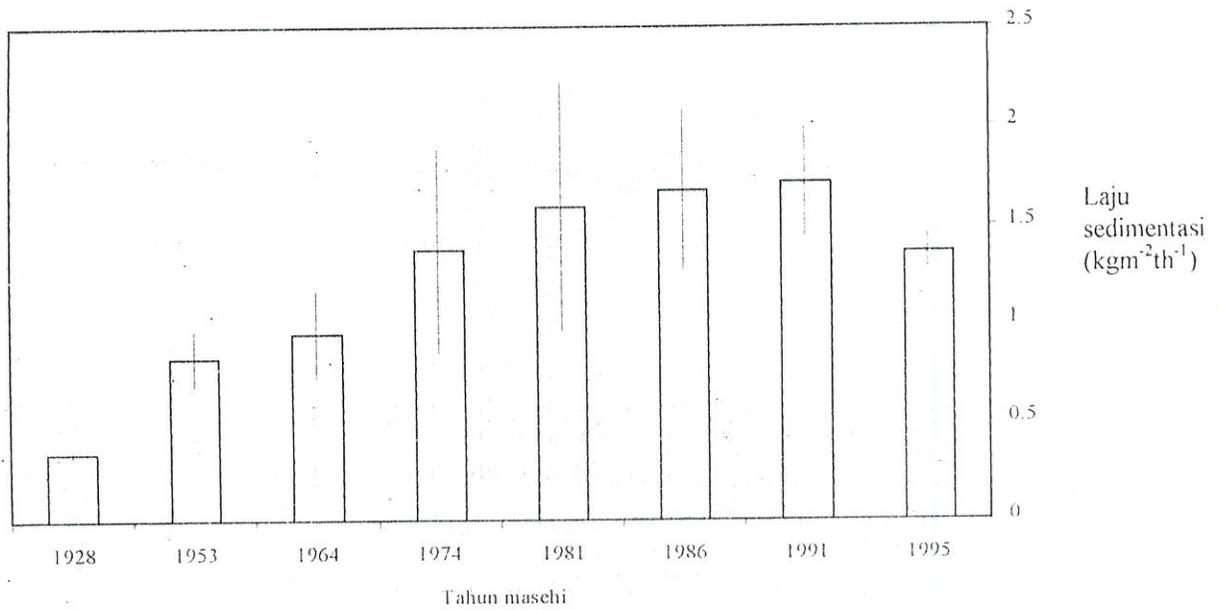
Tabel 2. Estimasi umur berdasarkan metoda CRS dan konsentrasi Pb stabil

Kedalaman (cm)	Berat kering (g)	Aktivitas ^{210}Pb (pCi/cm ³)	Af(z) (pCi/cm ²)	t CRS (th)	Pb stabil (μgr/gr)
0-2	5,0	0,904 ± 0,262	8,844 ± 1,307	2,396 ± 0,148	101,3 ± 11,5
2-4	5,8	0,436 ± 0,174	7,036 ± 1,197	6,504 ± 0,631	79,1 ± 10,2
4-6	6,7	0,863 ± 0,320	6,164 ± 1,145	11,374 ± 0,943	83,9 ± 12,4
6-8	6,9	0,314 ± 0,143	4,438 ± 0,949	16,954 ± 1,711	78,0 ± 12,7
8-10	7,3	0,765 ± 0,365	3,810 ± 0,905	23,694 ± 1,463	83,8 ± 14,6
10-12	6,9	0,318 ± 0,187	2,280 ± 0,529	33,462 ± 1,500	68,3 ± 11,5
12-14	6,8	0,436 ± 0,172	1,644 ± 0,374	44,239 ± 0,918	67,2 ± 10,2
14-16	6,7	0,386 ± 0,074	0,772 ± 0,148	69,592 ± 1.005	60,5 ± 11,3

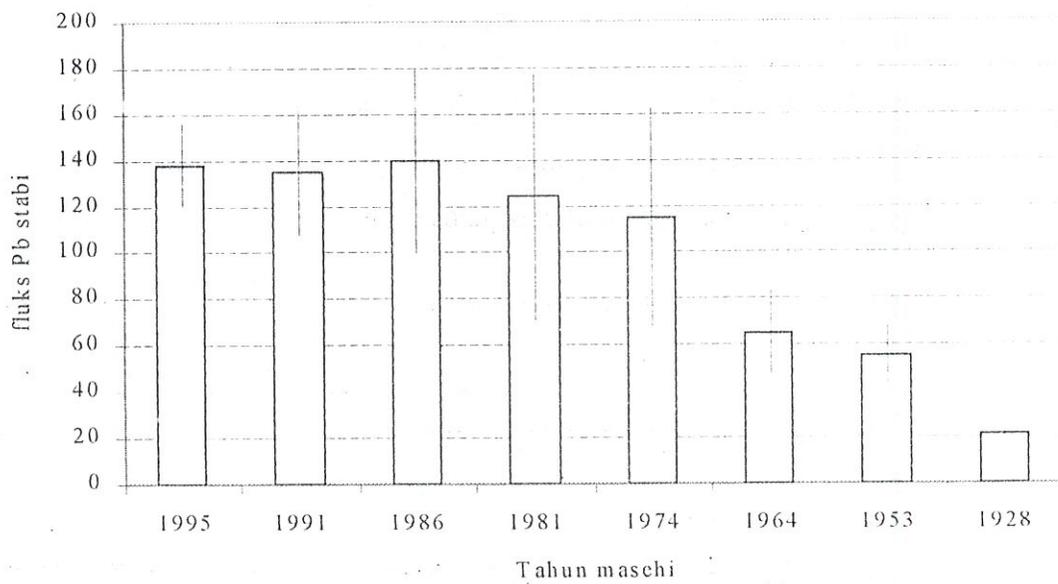
Tabel 3. Estimasi laju sedimentasi tiap lapisan dalam kolom sedimen dan fluks Pb

Kedalaman Rata-rata (cm)	Berat kering (g)	Δt(th)	R relatif (gr cm ⁻² th ⁻¹)	Fluks Pb stabil (mgr/m ⁻² th ⁻¹)
1	2,5	2,396 ± 0,148	0,136 ± 0,009	137,768 ± 18,103
3	5,4	4,108 ± 0,648	0,171 ± 0,028	135,261 ± 28,191
5	6,25	4,870 ± 1,135	0,167 ± 0,041	140,113 ± 40,151
7	6,8	5,580 ± 1,954	0,159 ± 0,063	124,020 ± 53,127
9	7,1	6,740 ± 2,251	0,137 ± 0,052	114,806 ± 47,947
11	7,1	9,768 ± 2,095	0,095 ± 0,022	64,885 ± 18,578
13	6,85	10,777 ± 1,759	0,083 ± 0,014	55,776 ± 12,656
15	6,75	25,354 ± 1,361	0,035 ± 0,002	21,175 ± 4,136

Dari table 3 dapat dihitung laju sedimentasi rata-rata $R_{rata} = [\sum r_i \Delta x_i] / \Delta x_i$, dan didapatkan sebesar $(1.22 \pm 0.132) \text{ kg m}^{-2} \text{ th}^{-1}$.



Gambar 1. Estimasi umur sedimen dan laju sedimentasi relatif.



Gambar 2. Estimasi fluks Pb terhadap penanggalan sedimen.

Logam Pb

Berdasarkan nilai laju sedimentasi relatif yang diperoleh pada table 3 dapat juga diestimasi fluks logam Pb dalam kolom sedimen di Situ Pamulang. Fluks Pb maksimum terjadi berkisar pada tahun 1991, sedangkan fluks terendah terjadi pada kisaran tahun

1928. Apabila fluks ini sebagai akibat dari pengaruh pengembangan wilayah di sekitar yang telah banyak lalu lalang kendaraan yang berbahan bakar TEL dan fluks Pb yang berasal dari tanah sekitar diasumsikan konstan, maka fluks Pb pada tahun 1928 dapat dipertimbangkan sebagai nilai Pb alam yang belum terjadi polusi karena aktivitas manusia tersebut. Hasil estimasi ini dapat dilihat pada Gambar 2. Berdasarkan nilai-nilai tersebut dapatlah dikatakan bahwa fluks Pb pada sedimen danau Pamulang terdapat 2 catatan penting kenaikan fluks Pb yaitu berkisar tahun 1953 dan 1974. Dalam kurun waktu antara tahun 1981 s/d 1995, dapat dipertimbangkan fluks Pb ke permukaan sedimen relatif sama. Oleh karena itu, fluks Pb stabil ke permukaan sedimen di Situ Pamulang dapat dikatakan naik drastis mulai tahun 1953 dan utamanya pada tahun 1974. Pada tahun 1974 ini, dapat dijadikan indikasi pengembangan wilayah di sekitar daerah tersebut sebagai daerah pemukiman dengan puncaknya terjadi pada tahun 1986-an yang diikuti dengan kenaikan transportasi umum maupun kendaraan pribadi yang melewati daerah tersebut.

KESIMPULAN

Metode CRS telah digunakan untuk penanggalan umur lapisan sedimen. Dengan metode ini dapat diberikan estimasi penanggalan mulai tahun 1928 dan pada tahun tersebut dapat dipertimbangkan sebagai tahun yang belum terpolusi dengan Pb dari pemakaian bahan bakar mobil. Sedangkan pengaruh Pb karena bahan bakar mobil tersebut sejak tahun 1981 sampai tahun 1995 dipertimbangkan sebagai nilai yang relatif stabil.

Teramati 2 perubahan mencolok dari fluks Pb yang masuk ke dalam sedimen Situ Pamulang yaitu berkisar pada tahun 1953 dan 1974. Hal ini sangat relevan dengan perkembangan wilayah untuk pemukiman maupun pertumbuhan transportasinya.

DAFTAR PUSTAKA

1. LAV, STANIS and MARES., Introduction to Applied Geophysics, Charles Univ., D. Radel Publishing Company, Prague, 1993
2. LERMAN, A., IMBODEN, D. AND GAT, J; Physics and Chemistry of Lakes, Springer, Second Edition, pp. 244-249, 1995
3. EAKINS, J.D., The ^{210}Pb Technique for dating sediments and some applications, IAEA-TECDOC-298, pp. 31-47, Vienna, 1983
4. SCHELL, W.R., and NEVISSI, A.; Sediment in Lake and Reservoirs, IAEA, 1983
5. WIELAND E et al., Scavenging of Chernobyl ^{137}Cs and ^{210}Pb in Lake Sempach, Switzerland, Geochimica et Cosmochemica Acta, Vol. 57, Pergamon Press Ltd., 1993
6. BALLESTRA S, AND HAMILTON T., Basic Procedures Manual Radiochemistry, IAEA-Marine Environmental Laboratory, Monaco, 1993
7. ODA, D., SATTA, N., AND NISHIMAKI, K.; A Study on Behaviour of Lead-210 and Stable Lead, Estimated from Their Distribution in Surface Soil, Environmental and Sanitary Engineering Research Vol.7, No.3, Kyoto Univ., 1993
8. SANCHEZ-CABEZA J.A. et al., Record of Anthropogenic Environmental Impact in the Continental Shelf North of Barcelona City, Proceeding of Isotope Techniques in the Study of past and current Environmental Changes in the Hydrosphere and in the Atmosphere, IAEA, Vienna, 1993