

ESTIMASI LAJU AKUMULASI SEDIMEN DAERAH TELUK JAKARTA DENGAN TEKNIK RADIONUKLIDA ALAM *UNSUPPORTED* ^{210}Pb

Ali Arman Lubis*, Sofyan Yatim*, Barokah Aliyanta* dan Yulizon Menry*
Puslitbang Teknologi Isotop dan Radiasi, BATAN.

ABSTRAK

ESTIMASI LAJU AKUMULASI SEDIMEN DAERAH TELUK JAKARTA DENGAN TEKNIK RADIONUKLIDA ALAM *UNSUPPORTED* ^{210}Pb . Telah dilakukan penelitian di daerah Teluk Jakarta dengan tujuan untuk estimasi laju akumulasi sedimen menggunakan radionuklida alam ^{210}Pb sebagai perunut melalui analisis profil *unsupported* ^{210}Pb . Sampel sedimen coring diambil menggunakan *gravity core* dari 2 lokasi (TJ22 dan TJ17A) di daerah Teluk Jakarta dan diperoleh kedalaman sedimen coring masing-masing adalah 40 dan 30 cm. Sampel dipotong tiap 2 cm, dipreparasi dan dianalisis menggunakan spektrometer alpha dengan detektor PIPS. Hasil analisis *unsupported* ^{210}Pb menunjukkan bahwa pada lokasi TJ22 terdapat 3 lapisan sedimen yaitu LS1 pada kedalaman (0-2) cm (*mixing layer*), LS2 (2-16) cm dan LS3 (16-26) cm dan pada TJ17A juga terdapat 3 lapisan yaitu LS1 kedalaman (0-6) cm (*mixing layer*), (6-18) cm dan (18-24) cm. Laju akumulasi sedimen lapisan LS2 dan LS3 pada TJ22 adalah 0,586 cm/tahun dan 0,074 cm/tahun dan pada TJ17A adalah 0,852 cm/tahun dan 0,115 cm/tahun. Laju akumulasi sedimen sejak 30 tahun terakhir cukup besar dibandingkan periode sebelumnya.

ABSTRACT

ESTIMATION OF SEDIMENT ACCUMULATION RATE IN JAKARTA BAY USING NATURAL RADIONUCLIDE *UNSUPPORTED* ^{210}Pb . The investigation has been carried out in Jakarta Bay with the aim to estimate the accumulation rate of sediment using natural radionuclide ^{210}Pb as a tracer through the profile of *unsupported* ^{210}Pb . Sample sediment cores were collected using gravity core from 2 locations (TJ22 and TJ17A) in Jakarta Bay and the depth of sediment are 40 cm and 30 cm, respectively. Sample was sliced every 2 cm, prepared and analyzed using PIPS detector Alpha Spectrometer. The result shows that in TJ22 consist of 3 layers; LS1 in the depth of (0-2) cm as a *mixing layer*, LS2 (2-16) and LS3 (16-26) cm and TJ17A has 3 layers; LS1 in the depth of (0-6) cm, LS2 (6-18) cm and LS3 (18-24) cm. Accumulation rate of sediment of LS2 and LS3 in TJ22 are 0,583 cm/y and 0,074 cm/y and in TJ17A are 0,852 cm/y and 0,115 cm/y, respectively. The accumulation rate of sediment since 30 years ago is higher than previous period.

PENDAHULUAN

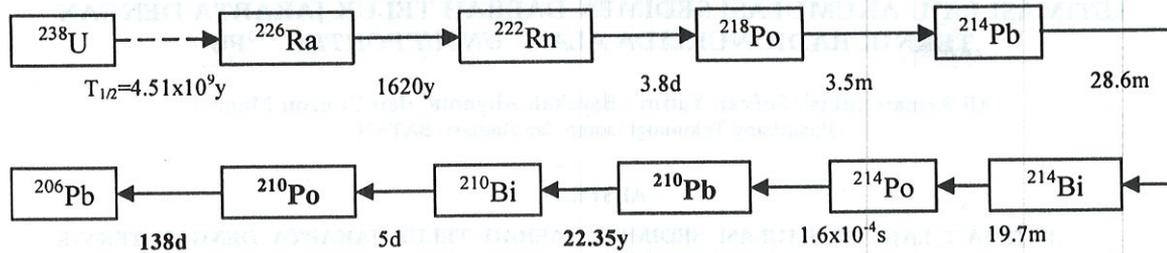
Teluk Jakarta terletak di bagian utara kota metropolitan Jakarta berada pada koordinat $5^{\circ}50'\text{LS}$ - $6^{\circ}7'\text{LS}$ dan $106^{\circ}42'\text{BT}$ - $107^{\circ}5'\text{BT}$. Teluk Jakarta memiliki kedalaman rata-rata 15 m, luas area sekitar 514 km^2 yang membentang dari Tanjung Kait di sebelah barat (berbatasan dengan provinsi Banten) dan Tanjung Gombang di sebelah timur (berbatasan dengan provinsi Jawa Barat)¹⁾. Terdapat 13 sungai yang berasal dari daerah Bogor dan sekitarnya dan melewati kota metropolitan Jakarta dan bermuara di teluk.

Sungai-sungai tersebut memberi kontribusi yang besar pada proses sedimentasi di Teluk Jakarta dan juga adanya abrasi pada daerah pantai. Laju sedimentasi yang cukup besar terjadi di daerah muara-muara sungai yang diakibatkan oleh aliran sungai yang membawa sedimen dari hulu dan selanjutnya terdeposit di teluk Jakarta. Radionuklida alam ^{210}Pb dengan waktu paruh 22,3 tahun, telah digunakan secara luas untuk menentukan umur sedimen sejak Goldberg mengembangkan metodologi tersebut pada awal tahun 60-an²⁾. Pengukuran aktivitas spesifik ^{210}Pb pada lapisan sedimen coring dapat menentukan umur dan laju akumulasi sedimen hingga 150

tahun ke masa lampau. Sehingga penentuan umur sedimen dengan ^{210}Pb sangat sesuai untuk digunakan sebagai *tool* untuk kajian perubahan dan kejadian dalam periode dimana aktivitas manusia mulai memberi dampak pada lingkungan dengan adanya perubahan yang signifikan pada lingkungan sekitar.

Radionuklida ^{210}Pb adalah salah satu anak luruh ^{238}U (Gambar 1.) keberadaannya dalam sedimen berasal dari proses, 1) ^{226}Ra meluruh dan terbentuk gas ^{222}Rn yang terpancar ke udara hingga terbentuk ^{210}Pb (*unsupported*), kemudian turun ke permukaan dan berikatan dengan partikel suspensi dan mengendap bersamaan membentuk lapisan sedimen, 2) yang terbentuk karena adanya peluruhan ^{226}Ra yang terdapat dalam sedimen tersebut melalui proses kesetimbangan dan meluruh menjadi ^{210}Pb (*supported*)³⁾.

Penelitian ini bertujuan untuk estimasi laju akumulasi sedimen menggunakan radionuklida alam ^{210}Pb sebagai perunut melalui analisis profil *unsupported* ^{210}Pb dalam sedimen coring daerah Teluk Jakarta.

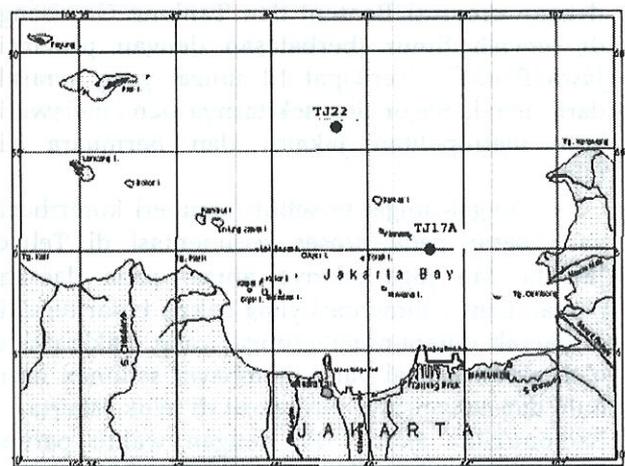


Gambar 1. Diagram peluruhan ^{238}U .

BAHAN DAN METODE

Sedimen diambil pada bulan Mei 2004 kerja sama dengan Pusat Penelitian Oseanografi (P2O) LIPI, menggunakan alat *gravity core* dengan diameter 4 cm dan panjang 50 cm dari lokasi TJ22 dengan koordinat $106^{\circ}48'\text{BT}$; $5^{\circ}54'\text{LS}$ pada kedalaman 40 m dan lokasi TJ17A dengan kordinat $106^{\circ}55'\text{BT}$; 6°LS pada kedalaman 20 m di daerah Teluk Jakarta (Gambar 2). Diperoleh tebalnya sedimen sampel coring pada TJ22 dan TJ17A adalah 40 cm dan 30 cm. Sampel didinginkan dengan es batu dan dibawa ke laboratorium untuk dianalisis lebih lanjut. Sampel dipotong tiap 2 cm menggunakan alat potong dari bahan plastik untuk menghindari kontaminasi logam berat pada sampel. Selanjutnya sampel ditimbang, dikeringkan dan digerus dengan mortar. Kandungan air dan porositas ditentukan dari perbedaan berat basah dan berat kering sampel. Sampel dibagi dua, sebagian dianalisis kandungan logam beratnya dengan teknik aktivasi neutron untuk studi kronologi pencemaran dan sebagian dianalisis kandungan radionuklida alam ^{210}Pb untuk menentukan umur dan laju akumulasi sedimen. Aktivitas ^{210}Pb ditentukan dari hasil pengukuran salah satu anak luruhnya yaitu ^{210}Po dengan asumsi terdapat kesetimbangan antara keduanya. Destruksi sampel mengikuti prosedur Sanchez-Cabeza⁴⁾ dengan sedikit modifikasi, secara singkat adalah pada 3 gram sampel sedimen kering diteteskan larutan standar ^{209}Po sebanyak 0,169 Bq sebagai tracer, ditambahkan 10 mL HCl(1:1), 10 mL HNO₃(1:1), 15 mL H₂O dan beberapa tetes H₂O₂ dan dipanaskan pada suhu 80°C sampai kering. Kemudian ditambahkan 10 mL HCl (1:1) dan 40 mL H₂O dan dipanaskan dan disaring. Filtrat dikeringkan sampai terbentuk endapan dan ditambahkan 4 mL HCl (1:1) dan diaduk. Selanjutnya ditepatkan volumenya menjadi 100 mL dengan menambahkan HCl 0,3N dan juga ditambahkan 400 mg asam askorbat. 50 mL diambil untuk deposisi spontan ^{210}Po dan ^{209}Po pada stainlesssteel disk. Kedua isotop dicacah dengan alpha spektrometer produksi Canberra dengan detektor PIPS (*Passivated Implanted Planar*

Silicon) area 450 mm², resolusi 20keV dan kondisi vakum. Pencacahan dilakukan selama sekitar 4 jam dan energi yang digunakan adalah 4,88 MeV untuk ^{209}Po (tracer) dan 5,305 MeV untuk ^{210}Po . Pengukuran background dilakukan pada periode yang sama dengan pengukuran sampel dan hasilnya dikurangkan pada hasil pengukuran sampel. *Supported* ^{210}Pb diperoleh dari hasil pengukuran ^{226}Ra menggunakan gamma spectrometer produksi Canberra dengan detektor HPGe (*High Pure Germaium*) efisiensi 10% relative terhadap NaI(Tl) 3"x3", resolusi 2,0 keV pada energi ^{60}Co 1332 keV dan detektor dilindungi dengan shielding Pb setebal 10 cm dan lembaran Cu. ^{226}Ra ditentukan melalui anak luruhnya yaitu ^{214}Pb pada energi 352 keV. Sampel sebelum diukur, terlebih dahulu ditutup rapat dan didiamkan selama 1 bulan agar tercapai kesetimbangan antara radium dan anak luruhnya. Pengukuran sampel dan background dilakukan selama 24 jam dengan pengukuran background dilakukan pada periode yang sama dengan pengukuran sampel dan hasilnya dikurangkan terhadap hasil sampel. *Unsupported* ^{210}Pb diperoleh dari pengurangan total ^{210}Pb dengan *supported* ^{210}Pb .



Gambar 2. Lokasi pengambilan sampel coring (TJ22 dan TJ17A) daerah Teluk Jakarta menggunakan *gravity core*.

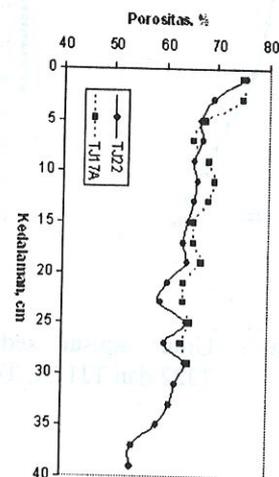
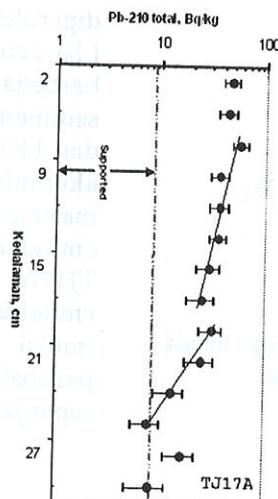
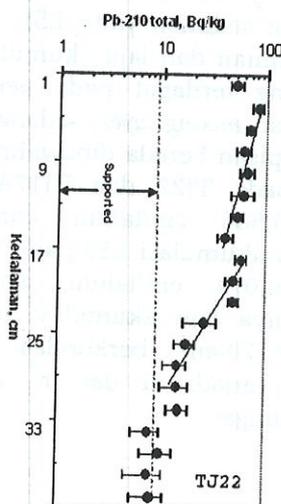
HASIL DAN PEMBAHASAN

Profil total ^{210}Pb dan *supported* ^{210}Pb pada coring TJ22 dan TJ17A ditampilkan pada Gambar 3 dan porositas sedimen terhadap kedalaman dapat dilihat pada Gambar 4. Porositas pada kedua coring cukup tinggi di permukaan hingga kedalaman 6 cm pada TJ17A dengan porositas 74,6 % dan 4 cm pada TJ22 dengan porositas 75 %, sedangkan pada masing-masing lapisan dibawahnya tidak jauh berbeda sepanjang coring dengan rata-rata 65,5 % dan 63,8 %, hal ini disebabkan oleh proses pengendapan dari partikel suspensi yang belum terpadatkan. *Supported* ^{210}Pb yang merupakan hasil pengukuran ^{226}Ra dengan asumsi kesetimbangan dengan ^{210}Pb dan ^{226}Ra diukur pada lapisan sedimen permukaan, tengah dan bawah. Besarnya *supported* ^{210}Pb pada lokasi TJ22 dan TJ17A adalah 8 Bq/kg dan 9 Bq/kg yang merupakan rata-rata dari pengukuran pada ke tiga lapisan tersebut.

Unsupported ^{210}Pb yang merupakan selisih antara total ^{210}Pb dan *supported* ^{210}Pb , cenderung makin kecil konsentrasinya dari lapisan atas ke bawah hingga kedalaman 28 cm dan 26 cm pada masing-masing TJ22 dan TJ17A, yaitu sebesar 65 Bq/kg dan 40 Bq/kg pada masing-masing permukaan. Kondisi ideal dimana proses pengendapan *unsupported* ^{210}Pb terjadi secara alami (tidak berubah secara fisik maupun kimia) maka profil *unsupported* ^{210}Pb membentuk kecenderungan penurunan secara eksponensial terhadap kedalaman, atau dalam log-linier menunjukkan suatu garis lurus, maka laju sedimentasi adalah konstan sepanjang waktu, plot *unsupported* ^{210}Pb terhadap kedalaman mendekati persamaan $y = Ae^{bx}$, dengan $b < 0$ ⁵⁾. Laju akumulasi (cm/tahun) diperoleh dari $-\lambda/b$, dimana λ adalah konstanta peluruhan dari ^{210}Pb

dan b adalah slope dari log-linier grafik *unsupported* ^{210}Pb dengan kedalaman. Penentuan laju akumulasi dan umur sedimen dapat ditentukan dengan beberapa model yaitu CF:CS (*Constant Flux: Constant Sedimentation rate*), CRS (*Constant Rate of Supply*) dan CIC (*Constant Initial Concentration*) atau kombinasinya bergantung dari profil ^{210}Pb terhadap kedalaman ^{6,7,8,9)}. Pada Gambar 3 ditunjukkan grafik log-linier pada kedua lokasi antara *unsupported* ^{210}Pb terhadap kedalaman tidak membentuk satu garis lurus, sehingga diperoleh 3 lapisan sedimen dengan slope yang berbeda, yang menunjukkan laju sedimentasi yang berbeda. Ketiga lapisan tersebut adalah LS1 (*mixing layer*) (0-2) cm, LS2 (2-16) cm dan LS3 (16-26) cm pada TJ22 dan LS1 (*mixing layer*) (0-6) cm, LS2 (6-18) cm dan (18-24) cm pada TJ17A. *Mixing layer* umumnya diakibatkan oleh proses sedimentasi (pengaruh arus dan gelombang), gangguan pada saat sampling dan juga karena pengaruh aktivitas binatang kecil (invertebrata) yang dapat menggali hingga kedalaman beberapa cm ⁵⁾. Adanya *mixing layer* ini didukung oleh hasil analisis porositas yang menunjukkan nilai porositas cukup besar pada permukaan dibandingkan dengan lapisan dibawahnya seperti diuraikan sebelumnya. Oleh karena itu laju akumulasi sedimen tidak dapat dihitung pada lapisan tersebut.

Berdasarkan profil ^{210}Pb pada lokasi TJ22 dan TJ17A, laju akumulasi ditentukan dengan pendekatan model CIC dan diperoleh hasil perhitungannya seperti dicantumkan pada Tabel 1. LS1 (*mixing layer*) pada TJ22 hanya pada lapisan pertama (2 cm) sementara pada TJ17A mencapai kedalaman 6 cm, perbedaan ini kemungkinan disebabkan oleh lokasi TJ17A yang lebih dekat ke pantai. Seperti diketahui bahwa dinamika laut karena pengaruh antara lain arus,

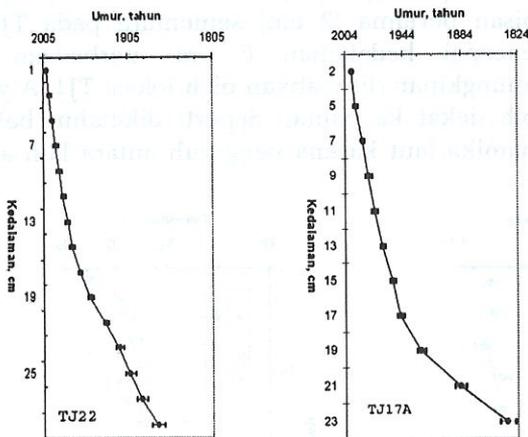


Gambar 3. Profil ^{210}Pb terhadap kedalaman sampel sedimen coring lokasi TJ22 dan TJ17A, Teluk Jakarta.

Gambar 4. Porositas sedimen coring TJ22 dan TJ17A.

gelombang dan pasang surut air laut lebih tinggi di daerah pantai dibandingkan dengan daerah yang lebih dalam, dimana proses setling sedimen suspensi pada laut dalam terjadi secara natural.

Laju akumulasi pada LS2 cukup tinggi dibandingkan dengan LS3 pada TJ22 yaitu sekitar 8 kali lebih tinggi, demikian juga pada TJ17A yaitu sekitar 7 kali lebih besar (Tabel 1). Laju akumulasi tersebut adalah hasil rata-rata dari setiap lapisan (tiap 2 cm) yang ada pada masing-masing LS2 dan LS3. Berdasarkan umur lapisan sedimen dengan metode CRS diperoleh bahwa pada LS2 berumur antara tahun 1970 dan 1999 dan LS3 berumur antara tahun 1900 dan 1970 (Gambar 5). Perbedaan laju akumulasi yang cukup besar antara tahun 1970 sampai 1999 (LS2) dan tahun 1900 sampai 1970 (LS3) dapat dikaitkan dengan perubahan yang terjadi di daerah hulu dan sepanjang aliran sungai-sungai bermula dari tahun sekitar 1970-an. Perubahan peruntukan lahan di daerah hulu sungai dan sepanjang aliran sungai terjadi mulai pada tahun tersebut yaitu dimulainya pembangunan perumahan dan gedung-gedung pada daerah-daerah serapan air. Proses penggundulan lahan di daerah hulu mengakibatkan tingginya sedimen suspensi yang terbawa oleh aliran sungai-sungai dan mengendap di Teluk Jakarta. Penyebab lainnya juga kemungkinan karena adanya abrasi di daerah pantai karena perubahan lahan menjadi daerah pemukiman dan perkantoran. Umur lapisan sedimen pada lokasi TJ17A pada lapisan LS2 berkisar antara tahun 1960 sampai 1996 dan LS3 antara tahun 1920 sampai 1960.



Gambar 5. Umur lapisan sedimen coring lokasi TJ22 dan TJ17A, Teluk Jakarta.

Tabel 1. Laju akumulasi sedimen pada tiap lapisan daerah lokasi TJ22 dan TJ17A.

Lokasi	Layer (cm)	Slope	Laju akumulasi sedimen (cm/tahun)
		Koef. Regresi	
TJ22	LS1 (0-2)	Mixing layer	-
	LS2 (2-16)	-0,053	0,586
		R = 0,92	
	LS3 (16-26)	-0,422	0,074
		R = 0,96	
	TJ17A	LS1 (0-6)	Mixing layer
LS2 (6-18)		-0,036	0,852
		R = 0,93	
LS3 (18-24)		-0,270	0,115
		R = 0,94	

Laju akumulasi pada LS2 antara TJ22 dan TJ17A (umur sedimen yang mendekati periode yang sama) cukup berbeda yaitu sekitar 1,5 kali lebih besar di daerah TJ17A, hal ini kemungkinan disebabkan lokasi TJ17A yang lebih dekat ke pantai dan muara sungai yang memberi kontribusi yang sangat besar terhadap tebalnya endapan sedimen di daerah tersebut. Hal yang sama juga terlihat pada LS3 antara TJ22 dan TJ17A, yang juga kemungkinan disebabkan juga oleh lokasi TJ17A yang lebih dekat ke pesisir pantai dibandingkan TJ22.

KESIMPULAN

Berdasarkan profil *unsupported* ²¹⁰Pb pada lokasi TJ22 dan TJ17A daerah Teluk Jakarta, diperoleh 3 lapisan sedimen yaitu LS1, LS2 dan LS3 dengan kedalaman dan laju akumulasi yang berbeda. LS1 yang terdapat pada permukaan sedimen merupakan *mixing layer*, sedangkan LS2 dan LS3 adalah lapisan berada dibawahnya. Laju akumulasi LS2 pada TJ22 dan TJ17A adalah masing-masing 0,586 cm/tahun dan 0,852 cm/tahun dan laju akumulasi LS3 pada TJ22 dan TJ17A adalah 0,074 cm/tahun dan 0,115 cm/tahun. Tingginya laju akumulasi pada LS2 (mulai tahun 1970-an) berkorelasi dengan perubahan yang terjadi di daerah hulu dan sepanjang aliran sungai.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Drs. Muswerry Muchtar MSc and Ir. Hefi Alis MSc beserta staf di P2O LIPI atas kerjasamanya dalam pengambilan sampel menggunakan peralatan sampling P2O LIPI. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Sdr Suripto di Lab Kimia Lingkungan SDAL P3TIR dan Yusriani dan Saufi Azmy keduanya mahasiswa tugas akhir dari jurusan Fisika FMIPA Universitas Sumatera Utara atas bantuannya dalam preparasi sampel.

DAFTAR PUSTAKA

1. UNESCO, Coastal environmental quality development in Jakarta Metropolitan area, Ministry of Sea Exploration and Fisheries, July 2000.
2. Crickmore, M.J., Tazioli, G.S., Appleby, P.G., and Oldfield, F., The use of nuclear techniques in sediment transport and sedimentation problems, International Hydrological Programme, UNESCO, (1990).
3. IAEA-TECDOC 298, Radioisotopes in sediment studies, (1983).
4. Sanchez-Cabeza, J.A., Masque, P., Schell, W.R., Palanques, A., Valiente, M., Palet, C., Obiol, R.P., and Cano, J.P., Record of anthropogenic environmental impact in the continental shelf north of Barcelona city, Proceeding of a symposium, IAEA, 1993.
5. Hancock, G.J. and Hunter, J.R, Use of excess ^{210}Pb and ^{228}Th to estimate rates of sediment accumulation and bioturbation in Port Philip Bay, Australia, Marine and Freshwater Research, (1999), 50, 533-545.
6. Sanchez-Cabeza, J.A., Masque, P., Ani-Ragolta, I., Merino, J., Frignani, M., Alvisi, F., Palanques, A. and Puig, P., Sediment accumulation rates in the southern Barcelona continental margin (NW Mediteranean Sea) derived from ^{210}Pb and ^{137}Cs chronology, Progress in Oceanography, 44 (1999), 313-332.
7. IAEA-TECDOC 1360, Collection and preparation bottom sediment samples for analysis of radionuclides and trace elements, July 2003.
8. Theng, T.L., Ahmad, Z. and Mohammed A.R., Estimation of sedimentation rates using ^{210}Pb and ^{210}Po at the coastal water of Sabah, Malaysia, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, vol 256, no.1, (2003), 115-120.
9. Kumar, U.S., Navada, S.V., Rao, S.M., Nachiappan, Rm.P., Kumar, B., Krishnamoorthy, T.M., Jha, S.K., and Shukla, V.K., Determination of recent sedimentation rates and pattern in Lake Naini, India by ^{210}Pb and ^{137}Cs dating techniques, Applied Radiation and Isotopes, 51 (1999), 97-105.

DISKUSI

SUGINO

Bagaimana dan dengan standar apa efisiensi HPGe dan PIPS ditentukan ?.

ALI ARMAN

Efisiensi HPGe ditentukan dengan standar multi energi Eu-192 (point sources) dan efisiensi PIPS ditentukan menggunakan standar multi unsure U-238, U-232 dan Am-241. Penentuannya, masing-masing standar dicacah dalam waktu tertentu dan dibuat kurva energi terhadap efisiensi untuk masing-masing detector.

JUNE MELAWATI

1. Pada slide ditayangkan sediment yang Pb-210 supported dan unsupported bagaimana dapat membedakan keduanya ?.
2. Apakah erosi dan gempa bumi misalnya akan mempengaruhi data yang didapat ?.

ALI ARMAN

1. Pb-210 supported dan unsupported ditentukan melalui pengukuran sample, untuk supported ditentukan dari Ra-226 sedangkan unsupported merupakan selisih Pb-210 total (pengukuran dengan alpha spectrometer) dan supported.
2. Erosi dapat mempengaruhi data yang didapat karena erosi di daerah hulu akan mengakibatkan sedimentasi di daerah muara atau pesisir. Sedangkan gempa bumi mempunyai pengaruh pada data yang didapat namun tergantung pada kekuatannya.

YENI YULIA NINGSIH

Sampai berapakah range yang dapat diukur dengan teknik radionuklida alam unsupported Pb-210.

ALI ARMAN

Range umur yang dapat diukur hingga 150 tahun kebelakang, yaitu sekitar 6 atau 7 kali waktu paro Pb-210, dimana $T_{1/2}$ dari Pb-210 adalah 22,3 tahun.