

## TEKNOLOGI PENANGGALAN Pb-210 DALAM PENELITIAN PERGERAKAN SEDIMEN DAN APLIKASINYA.

Tommy Hutabarat

Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi,-BATAN

### ABSTRAK

**TEKNOLOGI PENANGGALAN PB-210 DALAM PENELITIAN PERGERAKAN SEDIMEN DAN APLIKASINYA.** Teknologi penanggalan Pb-210 telah banyak dilakukan berkaitan dengan masalah degradasi lingkungan, khususnya geokronologi sedimen yang terjadi dalam kurun waktu tertentu. Perubahan muka lahan suatu daerah tangkapan sungai diperkirakan telah menyebabkan peningkatan materi sedimen yang terbawa ke sungai dalam jumlah besar. Melalui analisis setiap lapisan sedimen *coring* terhadap kandungan radionuklida alam Pb-210 akan dapat ditentukan umur sedimen dan kronologi terbentuknya deposit sedimen suatu reservoir. Dari beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa teknologi isotop dapat memberikan kontribusi nyata tentang dinamika pergerakan sedimen pada suatu lokasi penelitian yang diteliti.

**Kata Kunci :** Penanggalan,  $^{210}\text{Pb}$ , sedimen

### ABSTRACT

**DATING PB-210 IN SEDIMENT MOVEMENT STUDI AND ITS APPLICATION.** Techniques for Pb-210 dating had been improves in many cases relating to environmental degradations, especially to study of sediment geochronology that carried out at certain range of times. The changes of utilization in a catchment might have caused in increasing amount of materials from sediments which were transported through river flows. From analysis of its natural radionuclide content of Pb-210 in each layer of sediment cores, both sediment ages and chronology in forming those sediment deposits in reservoir can be determined. Thus, the results of many studies proved that isotope techniques of Pb-210 can give the real contributions in understanding about sediment movement dynamics at observed sites.

**Key Words :** Dating, Lead-210, sediment

## PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK), kegiatan penelitian dan pengembangan (Litbang) tenaga nuklir di Indonesia telah dilakukan Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) sejak awal tahun 1960-an. Sebagian besar hasil litbang BATAN telah diaplikasikan kepada masyarakat dalam bentuk penggunaan produk dan teknologi. Penggunaan radioisotop sebagai perunut

untuk suatu penyelidikan adalah untuk mendapatkan suatu informasi. Dalam penelitian pergerakan angkutan sedimen seperti : sedimen sungai, muara dan pelabuhan teknologi perunut radioisotop telah banyak dipakai negara-negara maju untuk penelitian tersebut.

Degradasi sumber daya tanah dan lingkungan merupakan problem yang dihadapi oleh banyak negara termasuk Indonesia. Batuan sedimen pada permukaan bumi akan mengalami pelapukan yang kemudian akan terkikis oleh air hujan sebagai akibat dari proses fisika dan kimia. Sedimen lepas yang terangkut bersama air hujan akan bergerak menuju sungai sebagai tempat pembuangan akhir sebelum menuju ke laut. Menurut Wigman, 1970 [1] sedimen didefinisikan sebagai setiap serpihan material yang terangkut, tersuspensi atau terdeposisi oleh media seperti air, udara atau es.

Fenomena alam lainnya seperti aliran sumber mata air yang terdapat pada bagian hulu sungai secara alamiah akan bergerak membawa partikel butiran tanah yang terkikis akibat erosi pada badan sungai atau pada lahan-lahan pertanian disekitarnya sehingga aliran air sungai akan berubah warna dan menjadi keruh. Fenomena ini dapat dikatakan sebagai indikator bahwa daerah sekitar daerah aliran sungai (DAS) telah terjadi erosi. Dampak dari fenomena ini menyebabkan daerah buangan akhir bagian hilir seperti muara dan pelabuhan atau reservoir lainnya akan mengalami penurunan kedalaman air atau yang lazim disebut pendangkalan.

Sedimentasi adalah suatu proses alamiah yang tidak mungkin dapat dicegah. Untuk itu diperlukan usaha-usaha untuk mengendalikan atau mengurangi proses sedimentasi. Daerah-daerah sekitar sungai yang rawan terhadap erosi akan memberikan kontribusi angkutan partikel sedimen hingga ke pantai atau muara. Teknologi isotop telah banyak digunakan dalam penelitian pergerakan sedimen dan merupakan teknologi komplementer terhadap teknik-teknik yang sudah ada. Penggunaan radioisotop alam dalam masalah sedimentasi mempunyai arti yang sangat penting sebab dapat memberikan informasi yang lebih teliti dalam batas-batas kemampuannya. Walaupun telah banyak informasi tentang sedimentasi melalui analisis sedimen akan tetapi pada umumnya hanya dalam sedimen permukaan dan sedikit menyampaikan dari hasil analisis sedimen *coring*. Melalui analisis setiap lapisan sedimen *coring* terhadap kandungan radionuklida alam Pb-210 dapat ditentukan umur sedimen yang terjadi dalam kurun waktu tertentu.

## TEORI

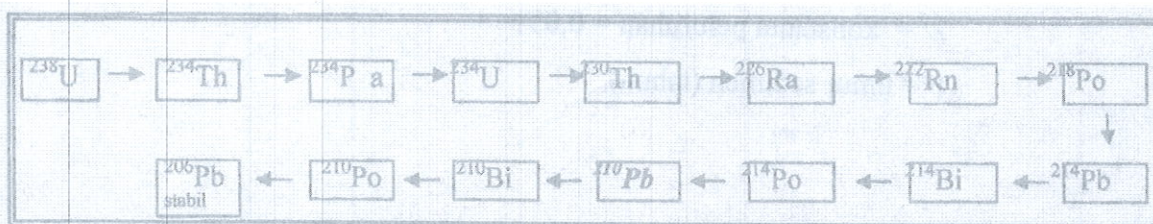
### 1 Radionuklida dalam sedimen

Radionuklida alam dapat berasal dari beberapa sumber seperti : sinar kosmik dan atmosfer bumi contohnya, C-14 dan Be-7, dan yang berasal dari rangkaian peluruhan radionuklida primordial yaitu U-238; U-235 dan Th-232. Adapun kegunaannya untuk menentukan umur dan laju akumulasi sedimen tergantung dari waktu paruhnya, dan ketepatan model yang dipakai. Beberapa radionuklida penting yang dapat digunakan dalam penelitian sedimen untuk penanggalan atau geokronologi sedimen yaitu C-14; Cs-137 dan Pb-210. Radionuklida C-14 mempunyai waktu paruh 5730 tahun dapat memberikan informasi umur hingga jangka waktu ribuan tahun, namun kegunaannya sebagai dating sedimen muda kurang akurat (2). Radionuklida

Cs-137 dan Pb-210 sering digunakan dalam penelitian sedimen sehubungan dengan geokronologi deposit sedimen melalui penentuan umur sedimen. Radionuklida Cs-137 merupakan jenis radionuklida buatan yang terbentuk dari hasil uji coba senjata nuklir atau kecelakaan reaktor nuklir. Cs-137 dapat ditemukan di lapisan permukaan tanah pada konsentrasi yang sangat rendah, biasanya kurang dari 1 pCi/gram (*Site Environmental Report, 2004*). Radionuklida Cs-137 mempunyai waktu paro 30 tahun telah banyak digunakan dalam studi sirkulasi air laut dan laju sedimentasi untuk skala waktu 40 sampai 50 tahun.

### 2 Radionuklida Pb-210

Radionuklida yang sangat sesuai digunakan dalam studi dinamika kelautan dan laju sedimentasi adalah Pb-210. Dengan waktu paro 22,3 tahun radionuklida tersebut sangat sesuai untuk melacak sedimen yang berada di dasar reservoir selama lebih dari 100 – 150 tahun yang lalu (*Crickmore et al., 1990*). Pb-210 merupakan anak luruh dari radionuklida induk U-238 (gambar 1).



Gambar 1. Skema Peluruhan Radionuklida Induk U-238

Keberadaan Pb-210 dalam sedimen terjadi melalui 2 proses yang berbeda. Pada proses pertama sebagai hasil peluruhan dari Ra-226 dan meluruh kembali membentuk gas Rn-222 yang terpancar ke udara dan kemudian meluruh menjadi Pb-210. Kemudian Pb-210 jatuh bersama air hujan ke permukaan laut dan berikatan dengan partikel sedimen suspensi dan mengendap membentuk lapisan sedimen. Pb-210 jatuhnya ini disebut sebagai Pb-210<sub>unsupported</sub>. Secara bersamaan melalui proses yang sama Pb-210 lainnya juga terbentuk dalam sedimen sebagai hasil luruh dari Rn-222 yang tidak terpancar ke udara atau masih terjebak pada lapisan sedimen akan meluruh menjadi Pb-210 yang disebut sebagai Pb-210<sub>supported</sub> (IAEA-TECDOC 1983).

### 3 Penanggalan Pb-210

Penentuan umur Pb-210 dilakukan dengan mengukur aktivitas total Pb-210 menggunakan spektrometer alfa dan juga mengukur aktivitas Pb-210<sub>supported</sub> menggunakan spektrometer gamma (3,4). Secara tidak langsung, aktivitas Pb-210 total ditentukan melalui pengukuran anak luruhnya yaitu Po-210 yang diasumsikan berada dalam kesetimbangan sekuler dengan Pb-210 (5). Demikian juga pada pengukuran Pb-210 melalui Ra-226 akan membentuk Pb-210<sub>supported</sub> dimana kedua unsur tersebut diasumsikan setimbang (Gale et al., 1995). Selanjutnya, melalui pengurangan aktivitas total dan Pb-210<sub>supported</sub> menghasilkan Pb-210<sub>unsupported</sub>. (Hakanson et al., 1983). Untuk penentuan umur dan laju akumulasi sedimen digunakan model persamaan yang dinyatakan oleh Crickmore et al., (1990) yaitu model CRS (Constant Rate of Supply) atau kecepatan konstan terhadap pemenuhan sedimen (Crickmore et al) sebagai berikut:

$$A_d = A(o) e^{-\lambda t} \dots\dots\dots(1)$$

dimana :

$A_d$  = jumlah Pb-210<sub>unsupported</sub> pada kedalaman d (Bq/m<sup>2</sup>)

$A(o)$  = jumlah Pb-210<sub>unsupported</sub> pada seluruh coring (Bq/m<sup>2</sup>)

$\lambda$  = konstanta peluruhan = 0,031

$t$  = umur sedimen (tahun)

dengan operasi logaritma natural maka diperoleh persamaan :

$$t = \frac{1}{\lambda} \ln (A_0/A_d) \dots\dots\dots(2)$$

dimana:  $t$  = umur sedimen (tahun)

$\lambda$  = konstanta peluruhan

$A_0$  = konsentrasi Pb-210<sub>unsupported</sub> pada seluruh coring (Bq/m<sup>2</sup>)

$A_d$  = konsentrasi Pb-210<sub>unsupported</sub> pada kedalaman d (Bq/m<sup>2</sup>)

Model CRS mengasumsikan bahwa perubahan Pb-210 pada sedimen konstan dan jika laju akumulasi sedimen berubah (6).

Laju akumulasi sedimen pada tiap satuan waktu dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$R = (\lambda A)/C \dots\dots\dots(3)$$

dimana :

$R$  = laju akumulasi sedimen (kg/m<sup>2</sup>.tahun)

$\lambda$  = konstanta peluruhan

$A$  = jumlah Pb-210<sub>unsupported</sub> pada kedalaman X (Bq/m<sup>2</sup>)

$C$  = konsentrasi Pb-210<sub>unsupported</sub> pada kedalaman X (Bq/kg)

## APLIKASI

Keberadaan Pb-210 di alam berasal dari peluruhan radionuklida Rn-222 yang juga anak luruh dari radionuklida induk U-238 yang terdapat di alam sejak ribuan tahun yang lalu. Dalam aplikasinya, keberadaan radionuklida alam tersebut sangat membantu dalam suatu penelitian ilmiah untuk memecahkan masalah yang berkaitan dengan degradasi lingkungan. Dalam hal kekritisian bendungan atau reservoir lainnya dimana telah terbentuk tingkat sedimentasi yang sangat tinggi, maka melalui metode penanggalan (*dating*) Pb-210 laju sedimentasi dan geokronologi deposit sedimen suatu lokasi dapat dipelajari. Metode Pb-210 *fallout* sangat dimungkinkan untuk studi penanggalan tidak lebih dari 150 tahun.

## 1. CONTOH APLIKASI

Pb-210 merupakan radionuklida alam atau lingkungan yang berasal dari sederetan radionuklida induk U-238. Selain Pb-210, radionuklida Ra-226 juga terdapat dalam sedimen sebagai bagian dari pelapukan batuan sedimen. Sebagai contoh aplikasi telah dilakukan studi penentuan umur dan geokonologi endapan sedimen dengan teknik radionuklida alam Pb-210 di teluk Jakarta (lampiran 1). Pada studi ini dilakukan pengambilan sampel coring menggunakan alat *gravity core* dengan panjang 50 cm dan diameter 3,8 cm (lampiran 2). Sampel coring kemudian dimasukkan kedalam ember plastik dan dibekukan menggunakan campuran es batu dan garam. Kemudian sampel dikeluarkan dan diiris dengan ketebalan setiap 2 cm. Setelah itu sampel ditempatkan pada aluminium foil dan diberi label dan dibawa ke laboratorium untuk dianalisis lebih lanjut. Selanjutnya sampel dikeringkan pada suhu 80°C, kemudian ditimbang untuk mengetahui berat kering, selanjutnya dihaluskan menggunakan mortar berbahan porselin. Langkah selanjutnya sampel dipreparasi secara kimia menggunakan bahan-bahan seperti : sampel sedimen berat 3 gram; tracer standar  $^{209}\text{Po}$ ; Hcl (1:1);  $\text{HNO}_3$  (1:1);  $\text{H}_2\text{O}_2$ ; aquades; kertas saring merek *Whatman*; asam askorbat. Setelah preparasi selesai dilakukan, dimasukkan *silver disk* kedalam bahan larutan untuk deposisi spontan  $^{210}\text{Po}$  dan  $^{209}\text{Po}$ . Kedua isotop dicacah menggunakan spektrometer alfa untuk mendapatkan  $^{210}\text{Pb}$  total. Secara bersamaan juga diukur sampel sedimen berat 400 gram menggunakan spektrometer gamma untuk mendapatkan  $^{210}\text{Pb}_{\text{supported}}$ . Data pengukuran Pb-210 disajikan pada lampiran 3 dan 4.

## 2. Pb-210 total

Pengukuran aktivitas Pb-210 total dilakukan menggunakan spektrometer alfa. Pencacahan dilakukan selama 4 jam dan energi yang digunakan adalah 4,88 MeV untuk Po-209 (*tracer*) dan 5,305 MeV untuk Po-210. Data pengukuran Pb-210 total pada setiap kedalaman ditunjukkan pada lampiran 3. Konsentrasi Pb-210 total semakin menurun dengan bertambahnya kedalaman sedimen. Penurunan ini disebabkan oleh peluruhan radioaktif Pb-210 terhadap waktu. Pada lapisan atas (0-2) cm diperoleh aktivitas Pb-210 total sebesar 50,34 bq/kg dan dianggap sebagai lapisan permukaan yang cukup konstan sepanjang waktu yang selanjutnya akan digunakan sebagai

pembandingan dalam penentuan aktivitas pada lapisan yang lebih dalam menggunakan persamaan 1. Nilai aktivitas Pb-210 terkecil ditunjukkan pada lapisan paling dalam sesuai dengan hukum peluruhan yaitu sebesar 7,52 bq/kg.

### 3. *Pb-210*<sub>Supported</sub>

Secara bersamaan juga dilakukan pengukuran Pb-210 supported menggunakan spektrometer gamma. Pencacahan dilakukan menggunakan detektor HPGe selama 18 jam. Analisis konsentrasi Pb-210 supported ditentukan melalui radionuklida Pb-214 pada energi 352 keV yang dianggap setimbang dengan Ra-226. Menurut *Hancock et al, 1999*, nilai Pb-210 supported relatif konstan pada lapisan atas, tengah dan bawah pada *coring* sedimen yaitu sebesar 7 bq/kg. Melalui pengurangan Pb-210 total terhadap Pb-210 supported diperoleh nilai Pb-210 unsupported. Dengan menggunakan persamaan 2 dapat ditentukan umur sedimen setiap lapisan. Berdasarkan perhitungan menggunakan persamaan tersebut maka umur lapisan sedimen untuk kedalaman  $A_d = (0-2)$  cm dengan konstanta peluruhan sebesar 0,031,  $A_0$  sebesar 5277,45 dan  $A_d$  sebesar 4969,49 bq/m<sup>2</sup> berumur sekitar 1,92 tahun yang terbentuk pada tahun 2002. Dengan cara yang sama akan dapat ditentukan umur lapisan sedimen yang lebih dalam (Lamp. 4). Umur lapisan sedimen paling tua pada lokasi yang diteliti diperoleh pada lapisan paling dalam yaitu berumur 134 tahun yang terdeposit sejak tahun 1870.

## KESIMPULAN

Secara umum dapat disimpulkan bahwa kehadiran Pb-210 di alam dapat dimanfaatkan dan cukup efektif digunakan untuk perunut lingkungan berkaitan dengan masalah sedimentasi. Dari contoh aplikasi, keberadaan Pb-210 di atmosfer sebagai hasil difusitas gas Rn-222 di atmosfer menunjukkan bahwa teknologi isotop sangat berperan dalam membantu memecahkan masalah lingkungan dan memberikan kontribusi nyata tentang dinamika pergerakan sedimen pada suatu lokasi penelitian yang diteliti.

Tommy Hutabarat

---

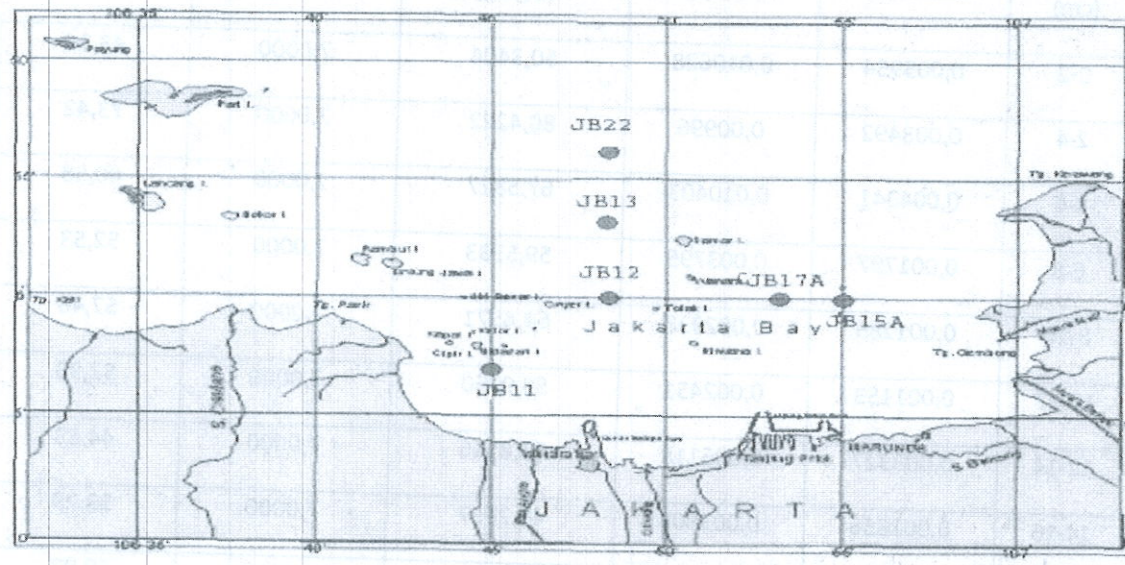
## DAFTAR PUSTAKA

1. WIGMAN, J. M. 1970. Sediment Transportation, Chapter 11 In Gray, D.M. (ed). Handbook on The Principles of Hydrology, Canadian National Committee for The International Hydrological Decade.
2. Crickmore, M.J., Tazioli, G.S., Appleby, P.G., and Oldfield, F., (1990). The Use of Nuclear Techniques in Sediment Transport and Sedimentation Problems, International Hydrological Programme, UNESCO
3. Packwood, A. (1999). Environmental Investigation, Lake Conjola. Honours Thesis, University of Wollongong, pp 117.
4. Panayatou, K. (2002). Use of lead-210 Dating to Identify Recent Sedimentation in Estuaries : Case Study of Minnamura River Estuary. 342-345.
5. Zuo. (1991). Dynamic Behaviour of Pb-210 and Cs-137 in Coastal and Shelf Environments. Geboren Te Nanjing, China.
6. Williard, D.A. and C.W. Holmes. (1997). Pollen and Geochronological Data From South Florida.

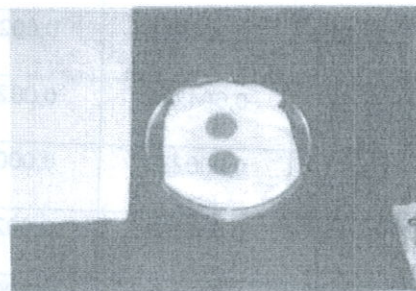


## LAMPIRAN

Lamp. 1.



Lamp. 2



TEKNOLOGI PENANGGALAN Pb-210 DALAM PENELITIAN  
PERGERAKAN SEDIMEN DAN APLIKASINYA.

Tommy Hutabarat

**Lamp. 3.** Data kedalaman, cacahan, Pb-210 total, Pb-210<sub>supported</sub> dan Pb-210<sub>unsupported</sub> sampel sedimen *Coring JB22* Perairan Teluk Jakarta

Depth (cm)	Cps Po-209	Cps Po-210	<sup>210</sup> Pb total (bq/kg)	<sup>210</sup> Pb <sub>supported</sub> (bq/kg)	<sup>210</sup> Pb <sub>unsupported</sub> (bq/kg)
0-2	0,005954	0,010628	50,3404	7,0000	43,34
2-4	0,003492	0,00996	80,4222	7,0000	73,42
4-6	0,004341	0,010403	67,5827	7,0000	60,58
6-8	0,001797	0,003795	59,5333	7,0000	52,53
8-10	0,001285	0,002938	64,4571	7,0000	57,46
10-12	0,001153	0,002451	59,9250	7,0000	52,93
12-14	0,003327	0,006118	51,8516	7,0000	44,85
14-16	0,002666	0,003809	40,2857	7,0000	33,29
16-18	0,006490	0,013113	56,9755	7,0000	49,98
18-20	0,001583	0,002749	48,9789	7,0000	41,98
20-22	0,003441	0,005935	48,6450	7,0000	41,65
22-24	0,000613	0,000545	25,0667	7,0000	18,07
24-26	0,003542	0,002188	17,4176	7,0000	10,42
26-28	0,004286	0,002143	14,1000	7,0000	7,10
28-30	0,000233	0,000117	14,1000	7,0000	7,10
30-32	0,004183	0,002201	14,8421	7,0000	7,84
32-34	0,004286	0,000571	7,5200	7,0000	0,52

**Lamp. 4.** Data kedalaman,  $Pb-210_{\text{unsupported}}$ , fluks massa, *inventory*, Ax dan Ao sampel sedimen *coring* JB22 perairan Teluk Jakarta

Depth (cm)	$^{210}Pb_{\text{unSUPP}}$ (Bq/kg)	Ad (Bq/m <sup>2</sup> )	lamda	Ao (Bq/m <sup>2</sup> )	Umur (thn)	Tahun
0-2	43,3404	4969,49	0,031	5277,44	1,93	2002
2-4	73,4222	4487,28	0,031	5277,44	5,21	1999
4-6	60,5827	3990,78	0,031	5277,44	8,99	1995
6-8	52,5333	3584,05	0,031	5277,44	12,48	1992
8-10	57,4571	3095,28	0,031	5277,44	17,16	1987
10-12	52,9250	2670,53	0,031	5277,44	21,91	1982
12-14	44,8516	2248,36	0,031	5277,44	27,45	1977
14-16	33,2857	1955,31	0,031	5277,44	31,94	1972
16-18	49,9755	1431,15	0,031	5277,44	41,98	1962
18-20	41,9788	990,27	0,031	5277,44	53,83	1950
20-22	41,6450	560,56	0,031	5277,44	72,13	1932
22-24	18,0666	342,43	0,031	5277,44	87,99	1916
24-26	10,4176	229,92	0,031	5277,44	100,80	1903
26-28	7,1000	150,93	0,031	5277,44	114,35	1890
28-30	7,1000	81,69	0,031	5277,44	134,09	1870
30-32	7,8421	0	0,031	5277,44	-	-

## DISKUSI

### SRIWIDARTI

1. Bagaimana cara menentukan pergerakan sedimen dengan menggunakan Isotop?
2. Apabila didalam danau pergerakan sedimen ke arah mana?

### TOMY HUTABARAT

Untuk menentukan pergerakan sedimen dapat digunakan isotop-isotop seperti Ir-192; La-140; Cr-51. Isotop tersebut diinjeksikan ke dasar reservoir (misalnya muara atau kolam pelabuhan), kemudian dilacak dan dibuat isocount yang menggunakan arah dan pergerakan sedimen