PROFIL ^{210}Pb UNTUK PENENTUAN FLUKSTUASI MASSA SEDIMEN PANTAI SURABAYA

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai
gelar Sarjana Sains (S.Si) Program Studi Ilmu Kimia
pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia
Jogjakarta

disusun oleh :

DEWI RATNA KOMALA

NO. MHS : 01612006

JURUSAN ILMU KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

JOGJAKARTA

2005

HALAMAN PERSEMBAHAN

Saya persembahkan untuk Mamah dan Apaku tercinta yang selalu mendukung seluruh kegiatan Ananda, Bapak Ayi dan Alm. Ma'Ono, A'Tutun & Teh Atin, A'Iyud & Teh Falah serta keponakan-keponakanku tersayang (Oca, Nuzul & calon Jundi)

"Untuk semua yang telah memberikan warna dan makna dalam hidupku, terimakasih, dan semoga semua pembelajaran ini dapat berguna untuk kehidupanku keesokkan hari. Pendewasaan diri. Amin..."

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah segala syukur dan ampunan kepada Sumber dari suara-suara hati yang bersifat mulia, Sumber ilmu pengetahuan, Sumber segala kebenaran, Sumber Maha Cahaya, Pilar nalar kebenaran dan kebaikan yang terindah, Sang kekasih tercinta yang tak terbatas pencahayaan cinta-Nya bagi umat-Nya, Allah Subhanahu Wa Ta'ala, sehingga skripsi dengan judul **"Profil ^{210}Pb untuk Penentuan Fluktuasi Massa Sedimen Pantai Surabaya** dapat terselesaikan. Shalawat dan salam kepada Nabi Muhammad SAW yang telah meluruskan dan menuntun seluruh umat manusia ke jalan Allah.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat mencapai gelar kesarjanaan di Lingkungan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Ilmu Kimia.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari telah banyak mendapat bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada yang terhormat:

1. Keluarga tercinta atas doa restu, kasih sayang dan segala dukungannya baik dalam bentuk moral maupun materiil.
2. Bapak Jaka Nugraha, M.Si selaku Dekan Fakultas MIPA UII Jogjakarta.
3. Bapak Rudy Syahputra, M.Si selaku Ketua Jurusan Ilmu Kimia Fakultas MIPA UII Jogjakarta.

4. Ibu Dra. Sumining selaku Pembimbing I atas masukkan, saran dan bimbingannya selama ini.
5. Bapak Drs. Allwar, M.Sc selaku Pembimbing II atas masukkan, saran dan bimbingannya.
6. Bapak Drs. Sudjatmoko, SU, APU selaku Ketua P3TM BATAN Jogjakarta.
7. Bapak Dr. Ir. Kris Tri Basuki, M.Sc, APU selaku Kepala Bidang Tekofisikokimia P3TM BATAN Jogjakarta.
8. Bapak Dr. Agus Taftazani selaku Kepala Laboratorium Teknofisikokimia P3TM BATAN Jogjakarta.
9. Pegawai Laboratorium DIB-Teknofisikokimia P3TM BATAN Jogjakarta
10. Bapak dan Ibu dosen yang telah memberikan perkuliahan selama ini.
11. Sis Anna AF, anak-anak MJ Female (Dinar, Enno, Vevi dan Ajeng) serta Yuni, Iyah dan M'Eni.
12. Teman-teman Kimia '01
13. Serta pihak-pihak yang telah membantu pembuatan skripsi ini

Penulis menyadari bahwa dalam pembuatan skripsi ini masih terlalu banyak kekurangan, maka daripada itu penulis mohon maaf dan mengharapkan adanya masukan dan saran dari pembaca sebagai bahan pertimbangan untuk membuat karya yang lebih baik. Dan penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Amin. *Subhanakallahumma wa bi hamdika. Asyhadu an laa ilaha illa anta. Astagfiruka. Wa atubu ilaka.*

Jogjakarta,10 Oktober 2005

Penulis,

Dewi Ratna Komala

01612006

PROFIL ^{210}Pb UNTUK PENENTUAN FLUKSTUASI MASSA SEDIMEN PANTAI SURABAYA

Oleh:
Dewi Ratna Komala
01612006

INTISARI

Telah dilakukan penelitian tentang profil ^{210}Pb untuk penentuan flukstuasi massa sedimen Pantai Surabaya. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan flukstuasi massa sedimen dari cuplikan sedimen Pantai Surabaya berdasarkan profil ^{210}Pb.

Sedimen diambil dengan menggunakan pipa PVC (Polyvinil Clorida) yang berdiameter 10 cm. Sedimen diiris setiap ketebalan 2 cm dan dipisahkan dari bagian tepinya. Kemudian semua sedimen baik bagian tengah yang akan digunakan untuk analisis aktivitas ^{210}Pb maupun bagian tepinya dikeringkan dengan menggunakan lampu pemanas dan ditimbang. Sedimen bagian tengah dihaluskan hingga 100 mesh dan ditimbang dalam wadah polietilen seberat 70 gram dan dicacah dengan menggunakan spektometri γ Ge (Li) selama 7200 detik. Kemudian nilai rata-rata *supported* ^{210}Pb diamati untuk mendapatkan nilai *excess* ^{210}Pb, sehingga flukstuasi massa sedimen dapat ditentukan.

Hasil penelitian berdasarkan analisis kuantitatif menunjukkan bahwa aktivitas total ^{210}Pb tidak selalu tergantung pada kedalaman sedimen, akan tetapi bervariasi sesuai kondisi serta sejarah pembentukkan sedimen per 2 cm. Nilai aktivitas total ^{210}Pb di lokasi A berkisar antara 10,69568 Bq/ Kg sampai 28,21181 Bq/ Kg dan di lokasi B nilai aktivitas total ^{210}Pb berkisar antara 15,70871 Bq/ Kg sampai dengan 35,34226 Bq/ Kg. Fluks massa sedimen dari lapisan teratas sampai terbawah ternyata berflukstuasi dan tidak tergantung pada tahun pengendapan sedimennya. Flukstuasi massa sedimen di lokasi A berkisar antara 1,198 ($Kg.m^{-2}.th^{-1}$) sampai dengan 11,227 ($Kg.m^{-2}.th^{-1}$) dan pada lokasi B flukstuasi massa sedimen berkisar antara 1,701 ($Kg.m^{-2}.th^{-1}$) sampai 24,603 ($Kg.m^{-2}.th^{-1}$).

Kata kunci: Sedimen, Radionuklida ^{210}Pb, Spektrometri γ dan Detektor Ge (Li)

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan 1	ii
Halaman persembahan	iii
Kata Pengantar	iv
Intisari	vii
Abstract	viii
Daftar Isi	ix
Daftar Tabel	xii
Daftar Gambar	xiii
Daftar Lampiran	xv
BAB I Pendahuluan	1
1. 1 Latar Belakang	1
1. 2 Perumusan Masalah	4
1. 3 Tujuan Penelitian	4
1. 4 Manfaat Penelitian	4
BAB II Tinjauan Pustaka	5
BAB III Dasar Teori	7
3. 1 Sedimen	7
2. 1. 1 Definisi sedimen	7

3. 1. 2 Klasifikasi Sedimen..... 7

3. 1. 3 Proses Pembentukan sedimen (Sedimentasi)..... 10

3. 1. 4 Lingkungan pengendapan sedimen 10

3. 2 Surabaya 12

3. 3 Radioaktivitas 13

3. 4 Radionuklida ^{210}Pb..... 17

3. 5 Spektrometri γ..... 19

3. 5. 1 Detektor 20

3. 5. 2 Interaksi sinar γ dengan Materi (Detektor)..... 23

3. 6 Analisis Data 26

3. 6. 1 Analisis Kualitatif..... 26

3. 6. 2 Analisis Kuantitatif..... 28

BAB IV Metodologi Penelitian 31

4. 1 Alat dan Bahan 31

4.1.1 Alat yang digunakan 31

4.1.2 Bahan yang digunakan 32

4.2 Cuplikan 32

4.3 Prosedur Penelitian 32

4.3.1 Pengambilan Cuplikan 32

4.3.2 Preparasi Cuplikan 33

4.3.3 Pencacahan cuplikan 33

BAB V Hasil dan Pembahasan 34

5.1 Analisa Kualitatif 34

5.2 Analisa Kuantitatif 35

5.3 profil Aktivitas ^{210}Pb 38

5.4 Flukstuasi Massa Sedimen 42

BAB VI Penutup 45

6.1 Kesimpulan 45

6.2 Saran 45

Daftar Pustaka 46

Lampiran 48

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Pemberian ukuran butir berdasrkan "Skala *WentWorth*" (Murwanto, 1992)	9
Tabel 2. Kalibrasi alat pencacah-γ	34
Tabel 3. Data kalibrasi tenaga ^{152}Eu	34
Tabel 4. Hasil pengukuran massa sedimen kering, analisis aktivitas total ^{210}Pb, aktivitas *excess* ^{210}Pb, estimasi umur sedimen, estimasi tahun masehi dan flukstuasi massa sedimen di lokasi A	36
Tabel 5. Hasil pengukuran massa sedimen kering, analisis aktivitas total ^{210}Pb, aktivitas *excess* ^{210}Pb, estimasi umur sedimen, estimasi tahun masehi dan flukstuasi massa sedimen di lokasi B	37

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Lingkungan pengendapan sedimen (Coch, 1982)	11
Gambar 2. Siklus ^{210}Pb di lingkungan perairan laut (Sanchez, 2000)	18
Gambar 3 Skematika peluruhan radionuklida deret uranium (Sanchez, 2000)	18
Gambar 4. Perangkat Spektrometri γ	19
Gambar 5. Efek Fotolistrik	21
Gambar 6. Hamburan Compton	22
Gambar 7. Pembentukan Pasangan	22
Gambar 8. Skema Detektor	24
Gambar 9. Skema *Cryostat* Detektor Ge (Li)	25
Gambar 10. Kurva Kalibrasi Tenaga	27
Gambar 11. Hubungan antara Nomor Salur dengan Tenaga Kalibrasi (keV)	35
Gambar 12. Hubungan antara Aktivitas Total ^{210}Pb dengan kedalaman di lokasi A (Morokrembangan)	38
Gambar 13. Hubungan antara Aktivitas total ^{210}Pb dengan kedalaman di lokasi B (Kalisari)	39

Gambar 14. Hubungan antara tahun masehi dengan flukstuasi massa pada lokasi A (Morokrembangan) 42

Gambar 15. Hubungan antara tahun masehi dengan flukstuasi massa pada lokasi B (Kalisari) 43

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Effisiensi Pencacahan Material SRM IAEA-315 48

Lampiran 2. Hasil Pencacahan dan Perhitungan 50

A. Lokasi A (Morokrembangan) 50

B. Lokasi B (Kalisari) 53

Lampiran 3. Data Hasil Pencacahan di Lokasi A (Morokrembangan) 56

Lampiran 4. Data Hasil Pencacahan di Lokasi B (Kalisari) 58

Lampiran 5. Data Evaluasi Keseksamaan 95% Rata-Rata Net Area, Cps, Dps, dan Aktivitas Total ^{210}Pb di Lokasi A (Morokrembangan) 60

Lampiran 6. Data Evaluasi Keseksamaan 95% Rata-Rata Net Area, Cps, Dps, dan Aktivitas Total ^{210}Pb di Lokasi B (Kalisari) 61

Lampiran 7. Deret Uranium 62

Lampiran 8. Deret Thorium 63

Lampiran 9. Deret Aktanium 64

Lampiran 10. t Fisher 65

Lampiran 11. Tabel Isotop Radionuklida 66

Lampiran 12. Lembar Material Referensi IAEA-315 67

Lampiran 13. Peta Lokasi A (Morokrembangan) 70

Lampiran 14. peta Lokasi B (Kalisari) 71

PROFIL ^{210}Pb UNTUK PENENTUAN FLUKSTUASI MASSA SEDIMEN PANTAI SURABAYA

Oleh :

DEWI RATNA KOMALA
No. Mhs : 01612006

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Penguji Skripsi
Jurusan Ilmu Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia

Tanggal : 10 Oktober 2005

Dewan Penguji	Tanda tangan
1. Rudy Syahputra, M. Si	.....
2. Tatang Shabur Julianto, S. Si	.....
3. Dra. Sumining	.....
4. Allwar, M. Sc	.....

Mengetahui,
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia

(Jaka Nugraha, M. Si)

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Secara ekologi, kawasan pesisir merupakan daerah penyangga. Daerah ini merupakan media pengembangbiakan berbagai jenis ikan, udang dan biota laut lainnya. Secara hidrologis, kawasan pesisir memegang peranan penting dalam kelestarian sumber air di daratan. Di kawasan pesisir terdapat berbagai macam kegiatan seperti industri, pemukiman, pertambakan, nelayan, perdagangan, transportasi, pelabuhan, pertanian dan kehutanan (Nybakken, 1988)

Lingkungan perairan pantai Surabaya merupakan suatu ekosistem yang khas, karena menjadi tempat akumulasi berbagai kontaminan yang berasal dari lepasan langsung, jatuhan dari atmosfer dan disposisi dari daratan (Prasetyo, 2000). Pesisir Surabaya merupakan wilayah yang sarat dengan berbagai fungsi. Wilayah darat pesisir menjadi tempat aktivitas kedermagaan, kawasan industri dan kawasan pemukiman. Wilayah laut pesisir merupakan tempat bermuaranya sungai Kenjeran dan sungai Morokrembangan serta menjadi tempat buangan limbah domestik (Subakir, 1999).

Posisi geografi, kondisi geologi dan geomorfologi kota Surabaya dan sungai-sungai yang melewatinya berpengaruh terhadap kualitas perairannya. Oleh karena itu, kondisi kualitas perairan perlu dikaji, terutama dari aspek radioekologi. Untuk membahas kualitas perairan dari aspek radioekologi, perlu dilakukan kajian radioaktivitas yang berkaitan dengan paparan radiasi gross, identifikasi, akumulasi, faktor distribusi dan faktor bioakumulasi serta mekanisme perpindahan

radionuklida dalam komponen-komponen penyusun ekosistem perairan tersebut. Penelitian ini dianggap penting karena sampai sekarang data radioaktivitas lingkungan yang dilaporkan masih kurang (Taftazani dkk, 1998).

Dalam penelitian ini akan dilakukan penentuan flukstuasi massa sedimen pantai Surabaya dengan menggunakan profil ^{210}Pb dengan metode spektrometri γ. Dimana menurut Sumining (2002), selain menggunakan metode geofisika, metode spektrometri γ dapat juga digunakan untuk mengestimasi laju sedimentasi dan umur sedimen berdasarkan aktivitas radionuklida yang terdapat dalam sedimen. Beberapa radionuklida yang dapat digunakan untuk mengestimasi umur sedimen adalah ^{14}C untuk pengukuran fosil yang umurnya sampai sekitar 25.000 tahun dan ^{137}Cs untuk penentuan kecepatan sedimentasi yang umur sedimennya sampai sekitar 150 tahun, serta ^{210}Pb untuk penentuan kecepatan sedimentasi yang umur sedimennya sampai sekitar 100 tahun.

Radionuklida ^{210}Pb adalah radionuklida alam deret Uranium, ^{238}U, yang memiliki waktu paro 22,3 tahun. Radionuklida ini dapat digunakan untuk menentukan laju sedimentasi dalam lingkungan perairan dan daratan yang relatif tidak terganggu (undisturbed) dimana butiran halus terakumulasi. Radionuklida ^{210}Pb dapat digunakan untuk menentukan laju dan umur proses sedimentasi dengan cara menganalisis aktivitas ^{210}Pb yang terdapat dalam sedimen. Dimana aktivitas ^{210}Pb di dalam sedimen dapat menunjukkan kronologi beberapa macam proses pengendapan seperti pengendapan rutin, non pengendapan, erosi, pencampuran yang terjadi karena penggalian, perubahan kecepatan pengendapan dan perubahan sumber sedimen (Berger, 1987)

Profil radionuklida ^{210}Pb merupakan gambaran; lukisan; grafik tentang radionuklida ^{210}Pb. Dan dalam penelitian ini profil radionuklida ^{210}Pb adalah berupa grafik hubungan antara aktivitas total ^{210}Pb (Bq/Kg) versus kedalaman (cm). Dimana dari grafik ini dapat diketahui aktivitas konstan dari sedimen yang dianalisa sebagai aktivitas ^{210}Pb *supported*, yaitu aktivitas ^{210}Pb yang berasal dari tanah (peluruhan ^{226}Ra). Sedangkan data aktivitas ^{210}Pb yang tidak konstan dianggap sebagai aktivitas ^{210}Pb *excess*, yaitu aktivitas ^{210}Pb yang berasal dari udara. Dan untuk kemudian aktivitas ^{210}Pb ini digunakan untuk analisa lanjut guna mengetahui flukstuasi massa sedimen di pantai Surabaya.

Dipilihnya pantai Surabaya sebagai lokasi pengambilan cuplikan sedimen dalam penelitian ini adalah dikarenakan ketetapan dari program P3TM BATAN yakni pemantauan perairan pesisir yang terkait dengan flukstuasi massa sedimen dan ini merupakan kegiatan rutin, disamping itu kota Surabaya sendiri merupakan kota dengan tingkat polusi udara tertinggi se-Indonesia. Selain sebagai fungsi dari sebuah sistem peringatan dini, monitoring rutin, perawatan juga merupakan eksplorasi berkesinambungan untuk mencari jawaban tentang misteri ekosistem pesisir. Program pemantauan sedimen ini di Indonesia termasuk salah satu yang dikoordinasi oleh *International Atomic Energy Agency* (IAEA) untuk kawasan Asia Pasifik dan sekitarnya.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, permasalahan yang timbul adalah apakah penentuan flukstuasi massa sedimen pantai Surabaya dengan menggunakan profil ^{210}Pb dapat dilakukan dengan menggunakan spektrometri γ.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan flukstuasi massa sedimen dari cuplikan sedimen pantai Surabaya berdasarkan profil ^{210}Pb dengan menggunakan spektrometri γ.

1.4 Manfaat Penelitian

Data flukstuasi massa sedimen yang diperoleh dapat digunakan untuk mendukung pemantauan lingkungan seperti untuk perawatan pelabuhan atau pantai agar kegiatan ekonomi di perairan ini dapat berjalan lancar.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Menurut Berger (1987), penggunaan ^{210}Pb untuk geokronologi pertama kali diusulkan oleh Goldberg (1963). Dimana waktu paro ^{210}Pb t ½ : 22,3 tahun digunakan sebagai alat yang kuat dalam penelitian proses sedimentasi sekarang ini. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan umur lapisan sedimen dan kecepatan terbentuknya sedimen per tahun. (Brush, 1982; Clark & Peterson, 1984 *cit* Berger,1987)

Menurut Berger (1987), persamaan antara penentuan laju sedimentasi dengan menggunakan ^{210}Pb dan pengukuran dengan metode suara (*soundings*) adalah mengindikasikan bahwa metode ^{210}Pb dapat dipercaya untuk digunakan pada area yang sama. Di daerah Vlieter, pada tahun 1932-1973 deposisi diamnya dapat juga digunakan untuk meneliti tentang akibat *anthropogenic* dan sejarah polusi pada periode tersebut. Kombinasi antara metode *soundings* dan estimasi umur sedimen dengan menggunakan ^{210}Pb dapat digunakan sebagai metode penelitian.

Menurut Heijnis (1987), dari beberapa titik perairan di Dollard dan pada daerah tidak terganggu (*undisturbed*) hasil analisa yang diperoleh dengan menggunakan profil aktivitas ^{210}Pb lebih bagus dibandingkan dengan daerah *disturbed (bioturbation*), hal ini dikarenakan data profil ^{210}Pb pada daerah *disturbed* lebih tidak linear sehingga bila akan digunakan memerlukan beberapa koreksi terlebih dulu.

Menurut Sumining dkk (2000), metode PF (*Periodic Flux*) cocok untuk menghitung kecepatan terakumulasinya sedimen yang dipengaruhi oleh faktor musim dan sifatnya periodik, laju akumulasi sedimen atau fluks massa sedimen dinyatakan dalam $kg.m^{-2}.th^{-1}$. Metode ini cocok untuk daerah yang tidak terganggu (*undisturbed*) agar dapat terestimasi dengan benar dipilih sedimen yang butirannya halus dan homogen.

Menurut faisal (2004), hasil penentuan fluks massa dan kecepatan sedimentasi pantai Ciamis dengan menggunakan aktivitas ^{210}Pb menunjukkan bahwa kecepatan sedimentasi dan fluks massa dari lapis teratas sampai terbawah ternyata berfluktuasi.

Menurut Ahmad (1999), Pengukuran aktivitas ^{210}Pb dapat memberikan informasi tentang akumulasi sedimen dan kecepatan pencampuran serta gangguan dalam sejarah sedimentasi. Profil aktivitas ^{210}Pb dalam sedimen perairan dangkal di wilayah Penang (Malaysia) yang merupakan daerah dinamis sering menunjukkan pengendapan sedimen yang tidak menentu seiring dengan kedalaman.

Menurut Andriana (2004), aktivitas ^{210}Pb dalam sedimen dari sedimen Pantai Semarang dapat digunakan untuk menentukan laju sedimentasi dan umur lapisan sedimen di Pantai Semarang. Dimana aktivitas total ^{210}Pb tidak tergantung pada kedalaman sedimen tetapi menunjukkan kondisi dan sejarah pengendapan sedimen. Dari hasil penelitian laju sedimentasi tercepat terjadi di lokasi A yang merupakan daerah muara dan diketahui bahwa sedimen mulai diendapkan pada tahun 1884, 1200 tahun yang lalu (^{210}Pb masih terukur)

BAB III

DASAR TEORI

3.1 Sedimen

3.1.1 Definisi Sedimen

Batuan sedimen adalah batuan yang terbentuk dari batuan asal yang disebabkan oleh pelapukan, gaya-gaya air, pengikisan angin sehingga batuan asal seperti batuan beku akan dihancurkan, diangkut kemudian diendapkan di tempat tempat yang rendah letaknya, seperti : laut, samudra dan danau. (Katili, 1963).

Menurut Gross (1990), endapan sedimen adalah akumulasi dari mineral-mineral dan pecahan batuan dari daratan dan bercampur dengan hancuran cangkang dan tulang organisme laut dan beberapa partikel lain yang terbentuk oleh proses kimia dan fisika yang terjadi di laut.

Menurut Munir (1996), batuan Sedimen adalah batuan yang terjadi karena pengendapan hasil erosi. Jadi asalnya dari batuan yang telah ada, baik batuan beku, metamorf ataupun batuan sedimen lainnya yang mengalami pelapukan, tererosi, terbawa pergi kemudian diendapkan di tempat lain.

3.1.2 Klasifikasi Sedimen

Menurut Katili (1963), berdasarkan cara terjadinya (genesis) sedimen diklasifikasikan sebagai berikut :

a. Sedimen mekanik (klastik), yaitu sedimen yang terdiri dari bagian-bagian fragmen batuan. Batuan sedimen ini terbentuk dari pecahan batuan asal (batuan

bekti, sedimen, atau metamorf) yang mengalami proses pengendapan kembali, contohnya ialah batu pasir, tanah liat, lempung, dan lain-lain.

b. Sedimen kimia, yaitu batuan sedimen yang diendapkan dari larutan yang mengandung berbagai unsur kimia, contohnya ialah garam dapur, gipsum, batuan gamping.

c. Sedimen organik, yaitu batuan sedimen yang diendapkan langsung dari larutan yang mengandung jasad tumbuh-tumbuhan atau hewan, contohnya terumbu karang.

Menurut Murwanto (1992), berdasarkan ukuran butiran sedimen dapat dibedakan menjadi beberapa golongan, yaitu:

a. Golongan sedimen halus

Golongan ini dikenal melalui ukuran butir penyusun batuannya yang relatif berukuran halus dengan diameter kurang dari 1/16 mm dan merupakan hasil sedimentasi mekanik (misal lempung, serpih, pasir sangat halus dan lanau) dan sedimentasi kimia (misal napal).

b Golongan sedimen kasar

Pada golongan ini ukuran butir penyusun batuannya relatif berukuran kasar dengan diameter butirnya lebih dari 1/16 mm dan umumnya dihasilkan oleh proses sedimentasi mekanik misal batu pasir, breksi, dan konglomerat.

Tabel 1 menunjukkan pemberian ukuran butir yang menggunakan pedoman ukuran dari "Skala *Wentworth*".

Tabel 1. Pemberian ukuran butir berdasarkan "Skala *Wentworth* (Murwanto, 1992)

Nama sedimen berdasarkan ukuran butir	Nama partikel	Besar butir (mm)
Bongkah	*Boulder*	245 >
Brangkal	*Couble*	256-64
Kerakal	*Pebble*	64-4
Kerikil	*Granule*	4 - 2
Pasir sangat kasar	*Very corse sand*	2 - 1
Pasir kasar	*Coarsesand*	1 - ½
Pasir sedang	*Medium sand*	½ - ¼
Pasir halus	*Fine sand*	¼ - 1/8
Pasir sangat halus	*Veryfine sand*	1/8-1/16
Lanau	*Silt*	1/16-1/256
Lempung	*Clay*	< 1/256

Menurut Munir (1996), sekitar 80% permukaan benua tertutup batuan sedimen, walaupun volumenya hanya sekitar 5 % dari volume kerak bumi. Berdasarkan tenaga yang mengangkut hasil pelapukan dan erosi batuan sedimen dapat digolongkan atas tiga bagian utama yaitu

a. Sedimen Aquatis, yaitu sedimen yang diendapkan oleh tenaga air. Contohnya adalah : Gosong pasir, Flood plain, Natural Levee, Alluvial fan, Delta dsb.
b. Sedimen Aeolis/Aerls, yaitu sedimen yang diendapkan oleh tenaga angin (aeolis). Contoh : Tanah loss, Sand dunes, dsb.
c. Sedimen Glasial, yaitu sedimen yang diendapkan oleh gletser. Contohnya: Morena, Drumlin, dsb.

Materi hasil erosi itu terdiri dari berbagai jenis partikel, ada yang kasar ada yang halus, ada yang berat ada yang ringan. Oleh karena itu pengendapannya juga bersifat selektif. Dengan demikian akan dijumpai bahwa endapan materi yang halus letaknya jauh dari sumbernya dibandingkan materi yang kasar.

3.1.3 Proses Pembentukan sedimen (Sedimentasi)

Menurut Mulyono (2001), sedimentasi adalah turunnya partikel-partikel tersuspensi dengan terbentuknya lapisan endapan di dalam cairan. Sedangkan menurut Soemarto (1993), proses pembentukan sedimen (sedimentasi) adalah pengangkutan, melayangnya atau mengendapnya material-material fragmental oleh air, angin dan es.

Menurut Katili (1963), prosesnya dimulai ketika fragmen-fragmen lepas dari batuan asal oleh proses pelapukan yang. dipengaruhi oleh

a) Aspek fisika, seperti: pemuaian suhu, aksi pembekuan oleh lelehan es, perombakan atau pembongkaran.
b) Aspek kimia, seperti : pelarutan, hidrasi, hidrolisis, oksidasi, reduksi, aktifitas koloid dan karbonasi.
c) Aspek biologi, seperti : aktifitas penerobosan oleh akar, pelapukan zat kimia yang berasal dari hewan dan tumbuhan.

3.1.4 Lingkungan pengendapan sedimen

Coch (1982) mendefinisikan lingkungan pengendapan sebagai suatu unit ruang dengan kondisi eksternal fisika, kimia dan biologi yang mempengaruhi proses sedimen yang berlangsung sehingga terbentuk endapan tertentu. Lingkungan pengendapan sedimen ditunjukkan pada Gambar 1. Masing-masing lingkungan pengendapan terdiri dari sedimen tertentu yang menggambarkan kondisi pada lingkungan tersebut. Aliran air sungai yang cepat akan membawa pasir dan kerakal ke sepanjang dasar sungai, saat air tersebut lebih dingin dibandingkan dengan sedimen suspensi. Ketika aliran sungai mencapai perairan

laut, kecepatannya akan berkurang sehingga pasir dan sedimen kasar akan didepositkan di dalam delta.

Lanau, lempung dan partikel organik akan diteruskan kedalam delta dan ditempatkan secara perlahan dalam bentuk lumpur hitam di dasar laut. Kadang-kadang aliran sungai memindahkan partikel pasir ke dalam laut dan meninggalkan lapisan pasir tipis antar lapisan-lapisan lumpur hitam yang dipindahkan secara normal di laut. Beberapa material kasar yang berasal dari Sungai akan bergerak ke sepanjang tepi pantai dan berubah menjadi pasir pantai. Hembusan angin yang melintasi pantai akan memindahkan pasir ke dalam bentuk- bukit pasir (dune). Pada tepi yang berlawanan, pertumbuhan tumbuhan akan menjebak sedimen halus ke dalam rawa (Coch, 1982).

Gambar 1. Lingkungan pengendapan sedimen (Coch, 1982)

3.2 Surabaya

Surabaya adalah ibu kota Propinsi Jawa Timur dan terletak di antara 07^0 12 – 07^0 21 garis lintang selatan dan 112^0 36 – 112^0 54 bujur timur. Luas kota meliputi 280.44 kilometer persegi dan berpenduduk lebih dari 3 juta orang. Struktur tanah Surabaya terdiri atas tanah aluvial, hasil endapan sungai dan pantai, dan di bagian barat Surabaya terdapat perbukitan yang mengandung kapur sirih. (Anonim, 2005).

Perkembangan kota ke arah selatan dari daerah pelabuhan (Pelabuhan kota tertua) dan dari sekitar Kalimas (Tanjung Perak). Surabaya merupakan salah satu pelabuhan terpenting di Indonesia dan pelabuhan kedua dari pelabuhan Tanjung Priok Jakarta. Surabaya juga menjadi pusat industri bagi daerah sekitarnya sampai Indonesia bagian timur. Industri-industri tersebut antara lain: industri konsumsi, industri perdagangan besar, industri kimia, industri garmen dan sebagainya. (Anonim, 2005).

Surabaya merupakan kota Maritim. Pantai; pesisir merupakan daerah pasang surut di pantai antara pasang tertinggi dengan surut terendah. Daerah Surabaya di sebelah utara dan timur berbatasan dengan Madura yang merupakan daerah pantai atau pesisir serta sebelah selatan dan barat berbatasan dengan Sidoarjo dan Gresik. Pesisir Surabaya merupakan wilayah yang sarat dengan berbagai fungsi. Dimana wilayah darat pesisir menjadi tempat aktivitas kedermagaan, kawasan industri dan kawasan pemukiman. Sedangkan wilayah laut pesisir merupakan tempat bermuaranya sungai-sungai, pertambakan, nelayan serta menjadi tempat pembuangan limbah domestik (Anonim, 2005; Subakir, 1999).

3.3 Radioaktivitas.

Radioaktivitas adalah gejala perubahan keadaan inti atom secara spontan yang disertai radiasi berupa zarah dan atau gelombang elektromagnetik (Susetyo; 1988).

Sedangkan radionuklida adalah nuklida-nuklida yang bersifat radioaktif, dimana nuklida sendiri adalah satu individu atom dengan satu nomor atom dan satu nomor massa tertentu (Susetyo; 1988).

Perubahan dalam inti atom tentu saja membawa perubahan dari satu nuklida menjadi nuklida lain atau dari satu unsur menjadi unsur lain disertai dengan pelepasan sinar radioaktif. Peristiwa perubahan inti menjadi inti atom lain seperti ini disebut *disintegrasi inti* atau *peluruhan radioaktif*.

Gejala radioktivitas semata-mata ditentukan oleh inti atom yang bersangkutan dan tidak dipengaruhi, dipercepat atau diperlambat dengan mengubah kondisi di luar inti atom seperti suhu, tekanan, bentuk senyawa dan sebagainya.

Agar gejala radioaktivitas dapat dinyatakan secara kuantitatif, ditinjau suatu peluruhan radioaktif sederhana sebagai berikut :

X (radioaktif) $\longrightarrow$ Y (stabil)

dimana :

X = induk

Y = anakluruhnya

Laju reaksi peluruhan atau perubahan cacah inti atom induk per satuan waktu sebanding dengan cacah inti atom induk yang ada pada saat itu. Apabila cacah atom induk pada saat t adalah N_t, maka dapat dituiis :

$$\frac{dN_t}{dt} = -\lambda N_t$$

λ = tetapan radioaktif dan biasanya dinyatakan dalam dimensi T^{-1} (persatuan waktu).

Apabila persamaan diatas diintegralkan maka akan didapatkan :

$$N_t = N_0 e^{-\lambda t}$$

N_0 adalah cacah inti induk pada saat t = 0

Laju peluruhan suatu radionuklida biasanya dinyatakan secara karakteristik dengan suatu tetapan yang disebut *waktu paro* ($t_{½}$ atau T). Waktu paro suatu radionuklida adalah waktu yang diperlukan agar cacah atom radionuklida tersebut menjadi setengah dari cacahnya semula.

$$N_T = \frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda T}$$

Dimana $e^{-\lambda T} = ½$ atau $\lambda T = \ln ½$

$$T = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0{,}693}{\lambda}$$

a. Aktivitas

Cacah atom suatu radionuklida bukanlah besaran yang dapat langsung diukur. Oleh karena itu didefinisikan suatu besaran yang dapat langsung diukur, yaitu aktivitas. Aktivitas suatu radionuklida pada saat t adalah cacah disintegrasi per satuan waktu yang terjadi pada saat t tersebut. Aktivitas pada saat t biasanya

dilambangkan dengan A_t dan tidak lain adalah laju peluruhan radioaktif dN_t/dt.

Persamaan dapat ditulis sebagai :

$$A_t = \lambda N_t$$

Dengan cara yang sama untuk menurunkan persamaan yang lain bisa didapatkan :

$$A_t = A_0 e^{-\lambda t}$$

Di mana A_0 adalah aktivitas pada saat t = 0

b. Satuan Aktivitas

Secara internasional telah disepakati suatu satuan aktivitas yang disebut *becquerel*, disingkat Bq. Satu becquerel didefinisikan sebagai satu disintegrasi inti per sekon (dps).

Kelipatan dari satuan ini adalah :

1 kilo becquerel = 1 kBq = 1000 Bq

1 mega becquerel = 1 MBq = 1.000.000 Bq

Di samping satuan becquerel, masih dipergunakan satuan lama yang disebut satuan curie disingkat Ci. Satu curie adalah $3,7 \times 10^{10}$ Bq

$$1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq}$$

Kelipatan satuan curie yang biasa dipakai adalah :

1 mili curie = 1 mCi = $3,7 \times 10^{7}$ Bq

1 mikro curie = 1 μCi = $3,7 \times 10^{4}$ Bq

1 mikro curie = 1 nCi = 37 Bq

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA PERPUSTAKAAN F.M.I.P.A.

3.3 Radionuklida ^{210}Pb

Radionuklida ^{210}Pb adalah radioisotop alam yang merupakan anak luruh ^{238}U, yang termasuk dalam deret Uranium, yang merupakan salah satu kelompok radionuklida primordial yang berasal dari kerak bumi. Dari 3 (tiga) kelompok radionuklida primordial, deret uranium tergolong tua karena waktu paro induknya diatas 100 juta tahun dengan kelimpahan 99,274 %. Kelompok radionuklida primordial yang lain adalah deret Aktinium dan deret Thorium.

Ada dua sumber pokok ^{210}Pb yaitu:

a. Berasal dari atmosfer (*excess*)

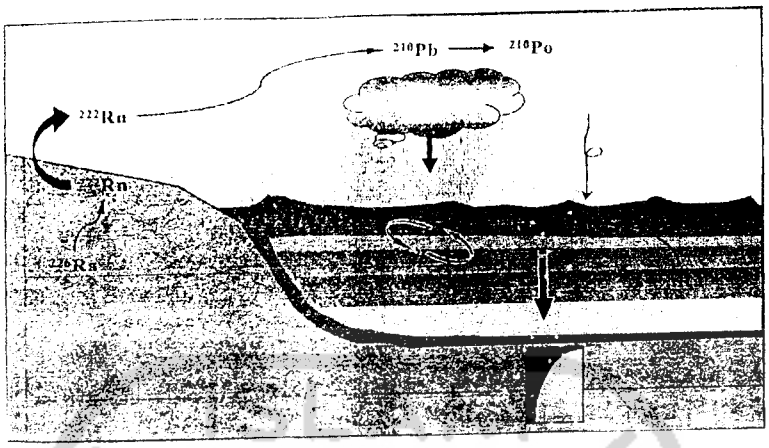
   Radionuklida ^{210}Pb yang berasal dari atmosfer bersama-sama dengan partikel aerosol yang beterbangan di udara akan terjatuh ke permukaan air dan mengendap sebagai sedimen.

b. Berasal dari tanah (*supported*)

   Radionuklida ^{210}Pb yang berasal dari tanah adalah dari peluruhan ^{226}Ra yang membentuk ^{210}Pb, dan ^{210}Pb ini akan membentuk keseimbangan dengan ^{210}Po.

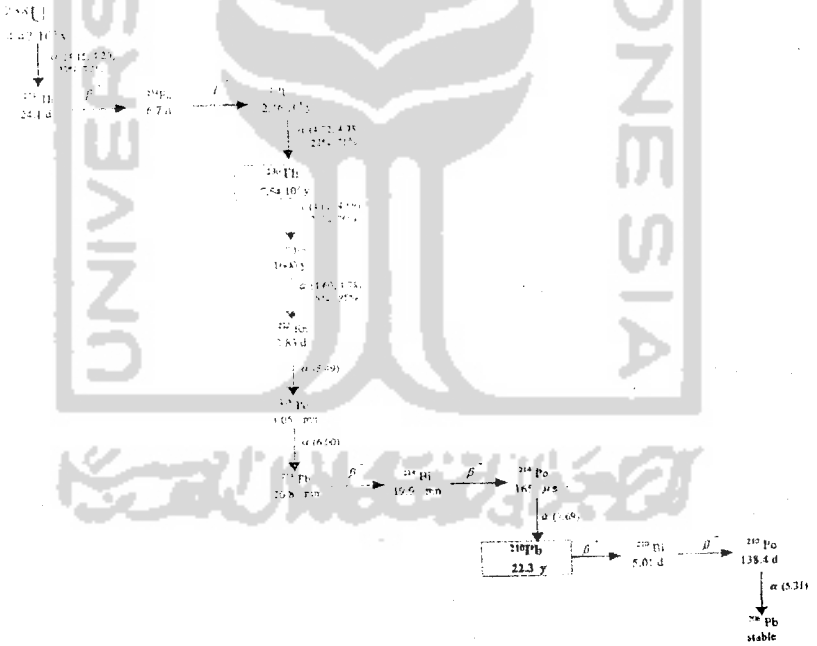
Adapun sumber utama (lebih dari 95 %) radionuklida ^{210}Pb yang berada dalam sedimen adalah berasal dari udara (atmosfir; *excess*) dari ^{226}Ra dari tanah dengan waktu paro 1600 tahun, kemudian meluruh menjadi ^{222}Rn dengan waktu paro 3,83 hari, ^{222}Rn ini naik ke atmosfer kemudian meluruh menjadi ^{210}Pb yang akan terbawa oleh air hujan atau menempel pada debu mineral yang beterbangan di udara yang kemudian akan turun dan masuk ke perairan laut secara langsung ataupun melalui aliran sungai dan sebagainya, yang akhirnya akan terakumulasi dalam sedimen pantai (Berger; 1987, Rosidi; 2003).

Berikut ini siklus ^{210}Pb di lingkungan perairan laut:



Gambar 2. Siklus ^{210}Pb di lingkungan perairan laut (Sanchez; 2000).

Sedangkan peluruhan radionuklida deret uranium secara menyeluruh dapat dilihat dalam gambar berikut ini:

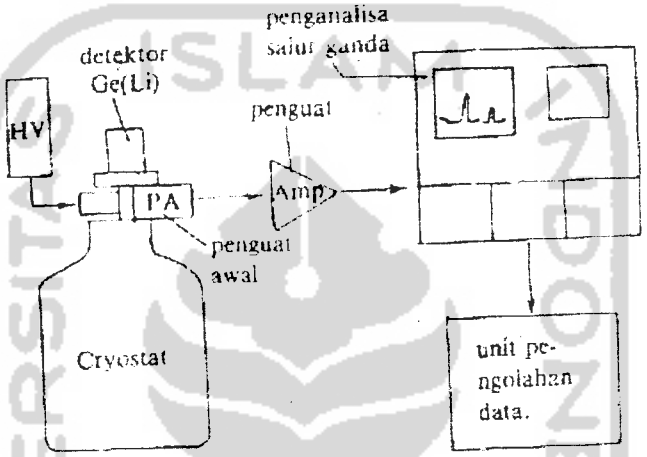


Gambar 3. Skematika peluruhan radionuklida deret uranium (Sanchez;2000)

3.5 Spektrometri γ

Spektrometri γ dapat didefinisikan sebagai suatu cara pengukuran dan identifikasi zat-zat radioaktif dengan jalan mengamati spektrum karakteristik yang ditimbulkan oleh interaksi foton γ yang dipancarkan oleh zat-zat radioaktif tersebut dengan materi detektor (Susetyo;1988).

Berikut ini gambar spektrometer γ:



Gambar 4. Perangkat spektrometri γ

Keterangan:
HV = Sumber tegangan tinggi
PA = Penguat (amplifier)

Gambar 4. menunjukkan sebuah perangkat spektrometri γ yang terdiri dari detektor semi-konduktor Ge(Li), sumber tegangan tinggi (HV), penguat awal (PA), penguat (amplifier), penganalisis salur ganda dan unit pengolahan data.

3.5.1 Detektor

Pada umumnya detektor radiasi dapat dibagi menjadi tiga golongan, yaitu:

a. detektor isi gas

b. Detektor sintilator

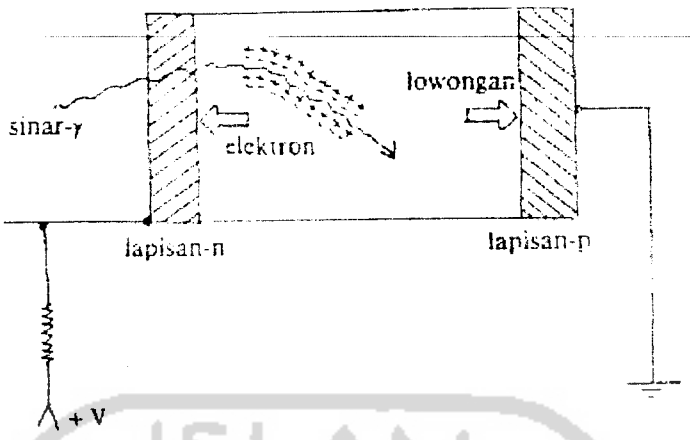
c. Detektor semi konduktor

Detektor Ge(Li)

Detektor Ge(Li) merupakan detektor jenis p-i-n, yang termasuk dalam golongan detektor semi konduktor. Dimana detektor p-i-n adalah hasil gabungan antara pembuatan sambungan p-n dan teknik kompensasi (susetyo; 1988).

Apabila suatu sinar γ mengenai detektor Ge(Li) maka dalam interaksi yang terjadi terbentuk pasangan elektron-lowongan, pada daerah intrinsik dalam detektor. Oleh karena pengaruh medan listrik (reverse based) yang dikenakan, elektron akan bergerak menuju lapisan-n dan lowongan akan bergerak menuju lapisan-p. Pada ujung-ujung elektroda, elektron dan lowongan akan mengakibatkan perubahan beda potensial yang menimbulkan signal pulsa.

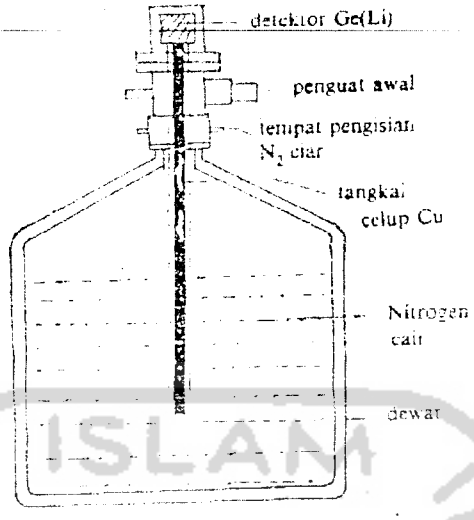
Proses ini sama dengan proses pembentukan pasangan ion dalam detektor kamar ionisasi. Tinggi pulsa sebanding dengan tenaga foton γ yang berinteraksi dengan detektor (Gambar 8). signal pulsa yang dihasilkan langsung diterima oleh penguat awal yang peka terhadap muatan.



Gambar 8. Skema detektor Ge(Li)

Karena kesenjangan tenaga dalam kristal germanium sangat kecil (ΔE = 0,7 eV) maka untuk mengatasi arus bocor balik, detektor Ge(Li) harus dioperasikan pada suhu yang sangat rendah. Apabila hal ini tidak dilakukan, maka arus bocor akan menghasilkan derau dan merusak daya pisah detektor.

Nitrogen cair yang mempunyai suhu 77 K adalah medium pendingin yang biasa dipakai untuk mendinginkan detektor Ge(Li). Oleh sebab itu detektor Ge(Li) biasanya dimasukkan dalam suatu wadah hampa yang dimasukkan dalam dewar detektor cair. Sistem seperti ini sering disebut juga sebagai *" cryostat"*



Gambar 9. Sistem *cryostat* detektor Ge(Li)

Selain untuk menjamin daya pisah yang tinggi, pendinginan dengan nitrogen cair juga diperlukan untuk menjaga agar ion Li^+ tidak merembas keluar dari kristal dan menyebabkan hilangnya daerah intrinsik. Itulah sebabnya detektor Ge(Li) harus selalu didinginkan dengan nitrogen cair.

3.5.2 Interaksi Sinar γ dengan Materi (Detektor)

Sinar γ adalah radiasi gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang di daerah 10^{-10} - 10^{-13} m. Sinar ini berenergi lebih tinggi dari foton dan energi sinar X; dan berdaya tembus tinggi (dapat menembus beberapa cm lempeng Pb); dan dihasilkan dari proses peluruhan radioaktif.

Interaksi sinar γ dengan materi (detektor) bisa terjadi melalui bermacam-macam proses. Diantaranya adalah:

a. Efek fotolistrik

b. Hamburan Compton

c. Pembentukan pasangan

Ketiga proses tersebut menghasilkan pembebasan elektron dari atom-atom materi yang berinteraksi dengan sinar γ. Efek fotolistrik penting pada daerah tenaga sinar γ dibawah 1 MeV; hamburan Compton penting untuk daerah jangkau tenaga yang sangat lebar; sedang pembentukan pasangan hanya penting untuk tenaga sinar γ > 1,022 MeV.

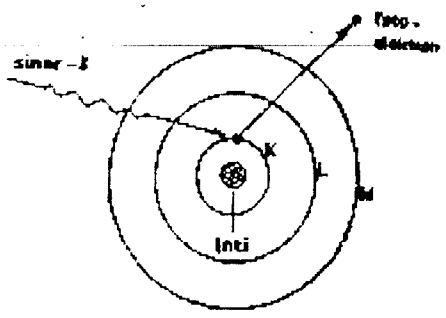
a. Efek fotolistrik

Efek fotolistrik adalah interaksi antara foton-γ dengan sebuah elektron yang terikat kuat dalam atom yaitu elektron pada kulit bagian dalam suatu atom, biasanya kulit K atau L. Foton-γ akan menumbuk elektron tersebut dan karena elektron itu terikat kuat-kuat maka elektron akan menyerap seluruh tenaga foton-γ. Sebagai akibatnya elektron akan dipancarkan keluar dari atom dengan tenaga gerak sebesar selisih tenaga foton-γ dan tenaga ikat elektron:

$$E_e = E_\gamma - W$$

Dimana:
E_e = tenaga kinetik elektron
E_γ = tenaga foton-γ
W = tenaga ikat elektron

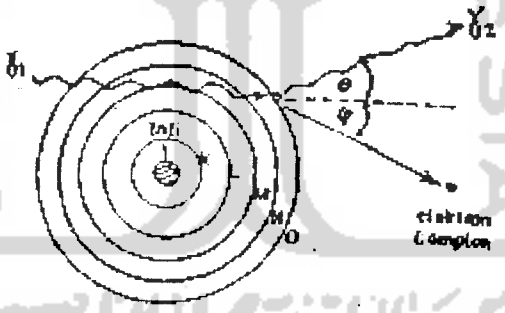
Arti penting efek fotolistrik dalam spektometri-γ adalah bahwa foton-γ monoenergetik yang berinteraksi dengan materi (detektor) akan menghasilkan fotoelektron yang monoenergetik pula.



Gambar 5. Efek fotolistrik

b. Hamburan Compton

Hamburan Compton terjadi antara foton-γ dan sebuah elektron bebas atau yang terikat lemah. Elektron-elektron yang dapat dikategorikan sebagai elektron yang terikat lemah adalah elektron yang berada pada kulit terluar suatu atom. Disini terjadi baik gerak serapan maupun hamburan.

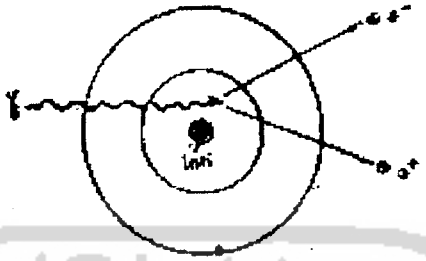


Gambar 6. Hamburan Compton

c. Pembentukan pasangan

Apabila suatu foton-γ yang bertenaga cukup tinggi melalui medan listrik yang sangat kuat di sekitar inti atom (medan coulomb inti) maka foton-γ tersebut

akan lenyap dan sebagai gantinya muncul pasangan elektron dan positron (e^- dan e^+). Peristiwa ini disebut efek pembentukan pasangan.



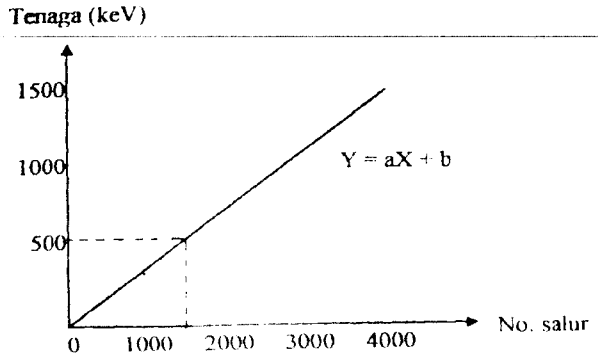
Gambar 7. Pembentukan pasangan

3.5.3 Analisis Data

3.5.3.1 Analisis Kualitatif

Kalibrasi tenaga diperlukan untuk tujuan analisis kualitatif spektrometri-γ. Setelah kalibrasi dilakukan secara berulang-ulang didapatkan hasil yang mantap dan mempunyai ketelitian tinggi maka dapat dilakukan pengaturan cuplikan. Pengukuran cuplikan harus dilakukan pada kondisi alat yang tepat sama dengan kondisi kalibrasi.

Kalibrasi tenaga diperlukan untuk mencari hubungan antara nomor salur dan tenaga, yaitu dengan mencacah beberapa sumber radioaktif standar yang sudah diketahui tenaganya dengan tepat (Eu--152). Kemudian dibuat plot antara tenaga sinar gamma standar versus nomor saluran puncak serapan total maka akan didapatkan suatu plot garis lurus atau kurva kalibrasi tenaga yang ditunjukkan pada gambar 10.



Gambar 10. Kurva kalibrasi tenaga

Hubungan linier semacam ini dinyatakan secara matematis dalam suatu persamaan garis yang mempunyai bentuk umum

$$Y = aX + b \qquad (1)$$

Dengan Y adalah tingkat tenaga, X adalah nomor salur, a dan b adalah suatu tetapan.

Untuk mengolah data kalibrasi menjadi persamaan garis linier digunakan metode regresi linier. Jika ordinat Y adalah tenaga dan absis X adalah nomor salur maka untuk setiap pengukuran puncak serapan total-γ dari sumber standar akan didapatkan sepasang harga (Xi, Yi)

Untuk pengukuran n puncak-γ, maka bisa ditentukan harga slope a dan titik potong *(intercept)* b secara regresi linier, sebagai berikut (Susetyo,1988):

$$a = \frac{\Sigma X_1 Y_1 - \frac{\Sigma X_1 \Sigma Y_1}{n}}{\Sigma X_1^{\,2} - \frac{(\Sigma Y_1)^2}{n}} \qquad (2)$$

$$a = \frac{\Sigma Y_1}{n} - a\frac{\Sigma X_1}{n} \qquad (3)$$

dengan i = 1 sampai dengan i = n

3.5.3.2 Analisis Kuantitatif

Hasil cacah cuplikan yang diperoleh dari spektrometri-γ dikonversikan kedalam bentuk Cps (cacah persekon), dengan menggunakan persamaan (Susetyo, 1988):

$$Cps = \frac{Net.area(cacahbersih)}{t} \quad (4)$$

Dengan t adalah waktu pencacahan, kemudian satuan Cps diubah ke dalam bentuk aktivitas (Dps atau Bq) menggunakan persamaan :

$$Dps = \frac{Cps}{\%\varepsilon} \quad (5)$$

$$\%\varepsilon = \frac{Cps_m}{Dps_m} x100\% \quad (6)$$

dengan ε adalah efisiensi material IAEA 315, Cps_m adalah cacah material IAEA 315 tiap detik dan Dps_m adalah aktivitas akhir material IAEA 315.

Aktivitas total dalam satuan Dps diubah menjadi aktivitas jenis dengan satuan Bequerel/Kg (Bq/Kg) dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$A = \frac{Dps}{W} \quad (7)$$

Dengan A adalah aktivitas jenis total (Bq/kg), dan W adalah massa cuplikan yang akan dicacah.

1 Dps = 1Bq

Untuk menentukan aktivitas jenis *supported* ^{210}Pb yaitu dengan cara menghitung harga rata-rata aktivitas ^{210}Pb yang konstan *(base line)*, dimana pada

kondisi ini ^{210}Pb dan 226 Ra dianggap dalam keadaan kesetimbangan radioaktif dan berasal dari tanah bukan dari atmosfer (*excess* ^{210}Pb).

Aktivitas excess ^{210}Pb (Bq/kg) tiap lapisan sedimen ditentukan dengan rumus:

$$Aexc = A - Asupp \quad (8)$$

Dengan *Aexc* adalah aktivitas excess ^{210}Pb, A adalah aktivitas total ^{210}Pb dan Asupp adalah aktivitas *supported* ^{210}Pb. *Excess* ^{210}Pb dapat dinyatakan pula dalam bentuk Bq/m^2 dengan menggunakan persamaan:

$$A_{exc} = \frac{A_{exc} m}{L} \quad (9)$$

Dengan $L = \pi r^2$

m adalah massa kering total irisan sedimen (kg), L adalah luas penampang pipa PVC (m) dan r adalah jari-jari pipa PVC.

Untuk menentukan laju sedimentasi dapat diperoleh menggunakan persamaan (Sumining, 2002):

$$Ax = Ao.e^{-\lambda t} \quad (10)$$

dengan $$Ax = Ao - Acum\ (Bq/m^2) \quad (11)$$

$$A_o = \sum_0^x A_{exc} \quad (12)$$

Ao adalah akumulasi total excess ^{210} Pb (Bq /m^2) dari lapisan sedimen atas sampai bawah, Ax adalah selisih antara Ao dan Acum pada lapis x, x adalah jumlah lapisan, λ adalah tetapan peluruhan, dan t adalah umur sedimen tiap lapisan. Dari persamaan (10) akan diperoleh umur tiap lapisan sedimen sebagai berikut :

$$t_x = \frac{1}{\lambda} ln\left(\frac{Ao}{Ax}\right) \qquad (13)$$

Lama waktu pembentukan sedimen setiap lapis dengan ketebalan tertentu (dan dalam penelitian ini adalah 2 cm) adalah :

Untuk lapisan pertama = t_x

Sedangkan untuk lapisan berikutnya $t_x - t_{x-1}$

Fluks massa sedimen dinyatakan dalam satuan $kg.m^{-2}.th^{-1}$, dan dapat dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$\text{Fluks} = \frac{m}{L \times tPembentukan} \qquad (14)$$

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Alat dan Bahan

4.1.1 Alat yang digunakan

a. Wadah polietilen

b. Plat pleksiglas untuk memotong

c. Penggaris (cm)

d. *Grinder agath* dan lempeng *stainless steel*

e. Ayakan 100 *mesh.*

f. Spektrometri Gamma Ge(Li) untuk mencacah material sampel dan standar. Alat ini mempunyai spesifikasi sebagai berikut:

   1. *Stabilizer Philips* 400 VA
   2. Detektor Ge(Li) *Ortec*
   3. *Power supply Ortec* model 4001-A
   4. Spectroscopy amplyfier Canberra model 2021
   5. *HV power supply canberra* model 3105
   6. *Multy channel analyser* : Maestro 92 X spectrum master *Ortec*
   7. Nitrogen cair yang disimpan dalam wadah (*cryostat*) sebagai pendingin detektor

i. Timbangan digital *Ohaus* corp.USA GT 410 tegangan 110 V untuk menimbang massa cuplikan

j. Lampu pemanas untuk mengeringkan cuplikan, lampu yang digunakan adalah lampu Philips 250 watt sebanyak satu buah

4.1.2 Bahan yang digunakan

a. Material referensi SRM IAEA-315 sebagai material pembanding untuk kalibrasi efisiensi pencacahan

b. Material referensi Eu-152 untuk kalibrasi tenaga

4.2 Cuplikan

Cuplikan yang digunakan merupakan cuplikan lingkungan yaitu sedimen pantai Surabaya hasil sampling pada tanggal 23 Juni 2004 yang diambil dari:

a) Lokasi A (Morokrembangan; Kali Anak) pada posisi 07^{0}13'40,8" Lintang Selatan dan 112^{0}42'26,1" Bujur Timur; dan

b) Lokasi B (Kalisari) pada posisi 07^{0}15'52,8" Lintang Selatan dan 112^{0}47'95,4" Bujur Timur.

4.3 Prosedur Penelitian

4.3.1 Pengambilan Cuplikan

Sebelumnya terlebih dahulu ditentukan lokasi pengambilan cuplikan, yaitu pada daerah tidak terganggu (*undisturbed)* dan dipilih sedimen yang butirannya halus dan merata. Kemudian pipa PVC berdiameter 10 cm dimasukkan ke dasar air dan ditekan ke dalam sedimen. Setelah itu pipa diangkat dan pipa bagian bawah ditutup. Pipa PVC diberi label yang sesuai dengan lokasi dan

tanggal pengambilan cuplikan. Kemudian pipa yang telah berisi dengan sedimen disimpan dalam kondisi tegak agar endapan halus pada lapisan bagian atas tidak bercampur dengan lapisan bagian bawah.

4.3.2 Preparasi Cuplikan

Preparasi dilakukan sesuai dengan prosedur yang telah ditentukan, yaitu; peralatan yang akan digunakan dibersihkan (dicuci) terlebih dahulu, hal ini dilakukan agar cuplikan tidak terkontaminasi bahan maupun peralatan yang digunakan, kemudian setiap wadah yang akan digunakan diberi label yang sesuai dengan kode lokasi dan kedalaman sedimen.

Kemudian sedimen dikeluarkan dari pipa PVC dengan cara didorong ke atas dan dipotong setiap ketebalan 2 cm dengan menggunakan plat pleksiglas. Bagian tepi sedimen diiris dan dipisahkan, kemudian sedimen bagian tengah dibersihkan dari pengotornya dan dimasukkan kedalam wadah polietilen. Kemudian baik sedimen bagian tengah maupun bagian tepi sesmuanya dikeringkan hingga berat konstan dengan menggunakan lampu pemanas. Setelah semua sedimen kering, masing-masing bagian ditimbang dan berat total setiap lapisan sedimen ditentukan. Sedimen bagian tengah dihaluskan /digerus sehingga dapat diayak dengan ayakan 100 mesh.

4.3.3 Pencacahan Cuplikan

Cuplikan sedimen yang telah berukuran 100 mesh dan material referensi SRM IAEA-315 masing-masing ditimbang dalam wadah polietilen yang telah

diberi label sebanyak 70 gram. Untuk kemudian baik cuplikan sedimen maupun material referensi masing-masing dicacah dengan menggunakan spektrometer γ yang dilengkapi dengan detektor Ge(Li) selama 7200 detik pada tenaga ^{210}Pb, dan untuk cuplikan sedimen dilakukan pengulangan sebanyak 2 kali, untuk menentukan aktivitas ^{210}Pb-nya.

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisis Kualitatif

Hasil kalibrasi alat untuk menentukan kestabilan alat detektor Ge(Li) Ortec untuk pencacahan γ disajikan dalam tabel 2 berikut ini:

Tabel 2. Kalibrasi alat pencacah-γ

No.	Besaran	Kuantitas	Satuan
1.	Tegangan Operasi (HV)	2000	Volt
2.	Isotop Standar ^{152}Eu		
	a) Waktu paro	13.5	Tahun
	b) Aktivitas awal (15 Juni 1979)	$1.975.10^5$	Dps
	c) Aktivitas kini (21 Februari 2005)	$0,529.10^5$	Dps
3.	Jarak Detektor	6	cm
4.	Lama Pencacahan	600	Detik

Sumber : Data Primer, Februari 2005

Tabel 3. Data Kalibrasi Tenaga ^{152}Eu

Tenaga (keV) Y	Nomor Salur X
121,78	392
244,69	816
344,28	1159
433,98	1503
778,90	2658
965,43	3297
1112,08	3807
1408,03	4828

Persaman garis Y = b X + a

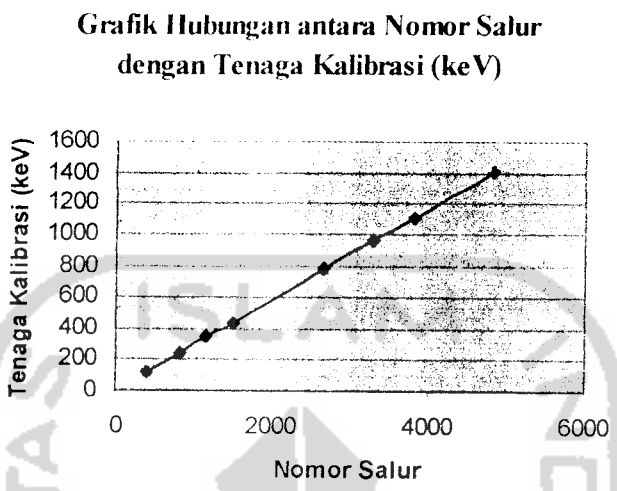
Y = 0,2899 X + 8,15076

dengan r = 0,99999

Sumber : Data Primer, Februari 2005

Berdasarkan tabel 3. diatas analisis kualitatif spektrometri γ menggunakan data kalibrasi tenaga yang menggunakan suatu sumber multi γ (^{152}Eu) yaitu suatu sumber yang telah diketahui tingkat tenaga karakteristiknya, diperoleh hasil dalam

bentuk grafik hubungan antara nomor salur dengan tenaga kalibrasi sebagai berikut :



Gambar 11. Hubungan antara nomor salur dengan tenaga kalibrasi (keV)

Dan apabila dari tabel 3. tersebut diatas dibuat plot antara nomor salur versus tenaga kalibrasi, maka akan diperoleh sebuah garis lurus dengan korelasi (r) sebesar 0,99999, hal ini menunjukkan bahwa alat yang digunakan berada dalam kondisi yang baik karena harga (r) mendekati (r)=1 dan nampak dalam gambar 11 tersebut diatas dengan didapatnya garis yang hampir linier total sehingga alat (spektrometri γ Ge(Li)) dapat digunakan untuk pencacahan γ.

5.2 Analisis Kuantitatif

Analisis kuantitatif sedimen di dua titik pantai Surabaya dilakukan dengan menggunakan persamaan (4) sampai (14), dan diperoleh hasil seperti yang tertera dalam tabel-tabel berikut ini:

Tabel 4. Hasil pengukuran massa kering, analisis aktivitas total ^{210}Pb, aktivitas *excess* ^{210}Pb, estimasi umur sedimen, estimasi tahun masehi dan fluktuasi massa sedimen di lokasi A

Kode	Kedalaman (cm)	Aktivitas Total ^{210}Pb (Bq/Kg)	Aktivitas Excess ^{210}Pb (Bq/Kg)	Aktivitas Excess ^{210}Pb (Bq/ m^{-2})	Umur sedimen (thn)	Tahun masehi	Flukstuasi massa sedimen (Kg.m^{-2}. th^{-1})
A 0 - 2	2	28.21181	16.58606	281.3527	7.987	1997	8.495
A 2 - 4	4	23.87153	12.24579	156.9001	13.4885	1991	9.316
A 4 - 6	6	21.08135	9.455609	140.0222	19.345	1985	10.114
A 6 - 8	8	19.68626	8.06052	96.58256	24.113	1980	10.052
A 8 - 10	10	17.82614	6.200401	87.07876	29.1165	1975	11.227
A 10 - 12	12	17.67113	6.045391	85.59532	34.934	1970	9.735
A 12 - 14	14	18.44618	6.820441	81.24783	41.64	1963	7.1055
A 14 - 16	16	15.50099	3.875252	51.85062	46.79	1958	10.392
A 16 - 18	18	16.12103	4.495292	63.14586	54.433	1950	7.352
A 18 - 20	20	15.81101	4.185272	51.7617	62.419	1942	6.195
A 20 - 22	22	14.57093	2.945193	35.15669	69.254	1935	6.986
A 22 - 24	24	16.58606	4.960322	69.41861	89.528	1915	2.761
A 24 - 26	26	13.33085	1.705113	23.53464	100.8985	1904	4.855
A 26 - 28	28	14.88095	3.255212	39.97396	141.891	1863	1.198
A 28 - 30	30	12.5558	0.930064	15.50414	**	**	**
A 30 - 32	32	11.93576	*	*	*	*	*
A 32 - 34	34	11.78075	*	*	*	*	*
A 34 - 36	36	12.09077	*	*	*	*	*
A 36 - 38	38	10.69568	*	*	*	*	*
A 38 - 40	40	11.62574	*	*	*	*	*

Keterangan : * tidak dapat dihitung (karena yang diukur hanya ^{210}Pb *excesss*
**tidak dapat dihitung

Rata-rata *supported* ^{210}Pb pada lokasi A dihitung sebagai rata-rata harga aktivitas total ^{210}Pb dari kedalaman 32 sampai kedalaman terbawah (yakni 40cm) dan diperoleh harga sebesar 11,62574 Bq/Kg. Dimana *supported* ^{210}Pb yang terukur merupakan ^{210}Pb yang berasal dari tanah bukan dari atmosfer dan dianggap dalam kesetimbangan radioaktif dengan peluruhan ^{226}Ra.

Dan nilai aktivitas *excess* ^{210}Pb didapat dari nilai aktivitas total ^{210}Pb dengan kedalaman 2 cm sampai 30 cm yang sudah dikurangi dengan nilai *supported* ^{210}Pb. Dimana aktivitas *excess* ^{210}Pb merupakan aktivitas ^{210}Pb yang

berasal dari atmosfer (udara) yang masuk ke perairan laut baik melalui jatuhan langsung bersama partikel aerosol ataupun turun bersama hujan

Tabel 5. Hasil pengukuran massa kering, analisis aktivitas total ^{210}Pb, aktivitas *excess* ^{210}Pb, estimasi umur sedimen, estimasi tahun masehi dan fluktuasi massa sedimen di lokasi B

Kode	Kedalaman (cm)	Aktivitas total ^{210}Pb Bq/kg	Aktivitas excess ^{210}Pb (Bq/kg)	Aktivitas excess ^{210}Pb (Bq/ m^{-2})	Umur sedimen (thn)	Tahun masehi	Flukstuasi massa sedimen (Kg.m^{-2}. th^{-1})
B 0 - 2	2	35.34226	19.63355	316.3617	4.0128	2000	16.062
B 2 - 4	4	27.37475	11.66604	193.3022	6.7364	1998	24.335
B 4 - 6	6	26.35169	10.64298	161.7654	9.2075	1995	24.603
B 6 - 8	8	30.89968	15.19097	246.1134	13.374	1991	15.554
B 8 - 10	10	29.7619	14.05319	225.3557	17.7294	1987	14.727
B 10 -12	12	31.2097	15.50099	232.4201	22.9401	1982	11.51
B 12 - 14	14	28.62413	12.91542	202.0061	28.27575	1976	11.725
B 14 - 16	16	29.03956	13.33085	197.965	34.535	1970	9.49
B 16 - 18	18	28.62413	12.91542	188.1287	41.8803	1963	7.932
B 18 - 20	20	28.00409	12.29538	185.2777	51.2485	1953	6.434
B 20 - 22	22	24.49157	8.782857	130.9288	60.0313	1944	6.789
B 22 - 24	24	20.77133	5.062619	74.30461	65.7289	1939	10.304
B 24 - 26	26	21.08135	5.372639	89.65207	75.2393	1929	7.018
B 26 - 28	28	20.15129	4.44258	77.89674	86.6637	1918	6.139
B 28 - 30	30	20.04898	4.340273	75.39166	103.7873	1901	4.058
B 30 - 32	32	20.04898	4.340273	78.75822	146.4478	1858	1.701
B 32 - 34	34	17.2588	1.550095	28.44544	65.7289	**	**
B 34 - 36	36	15.70871	*	*	*	*	*
B 36 - 38	38	15.70871	*	*	*	*	*

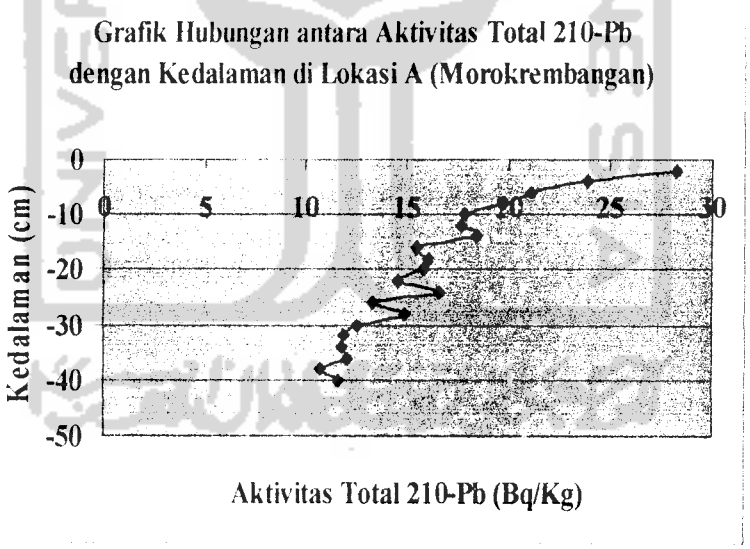
Keterangan : * tidak dapat dihitung (karena yang diukur hanya ^{210}Pb *excesss*
**tidak dapat dihitung

Rata-rata *supported* ^{210}Pb pada lokasi B dihitung sebagai rata-rata harga aktivitas total ^{210}Pb dari kedalaman 36 sampai kedalaman terbawah (yakni 38cm) dan diperoleh harga sebesar 15.70871 Bq/Kg. Dimana *supported* ^{210}Pb yang terukur merupakan ^{210}Pb yang berasal dari tanah bukan dari atmosfer dan dianggap dalam kesetimbangan radioaktif dengan peluruhan ^{220}Ra.

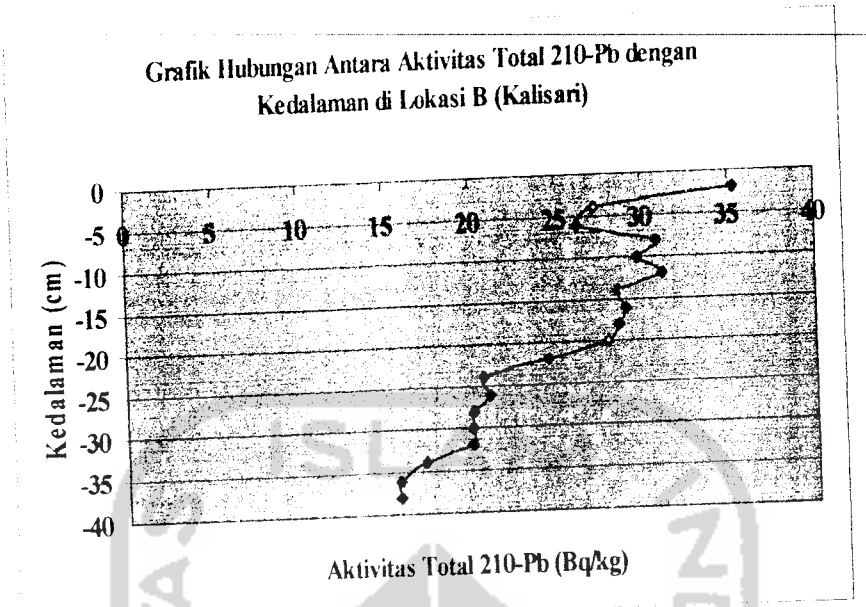
Dan nilai aktivitas *excess* ^{210}Pb diperoleh dari nilai aktivitas total ^{210}Pb dengan kedalaman 2 cm sampai 34 cm yang sudah dikurangi dengan nilai *supported* ^{210}Pb. Dimana aktivitas *excess* ^{210}Pb merupakan aktivitas ^{210}Pb yang berasal dari atmosfer (udara) yang masuk ke perairan laut baik melalui jatuhan langsung bersama partikel aerosol ataupun turun bersama hujan.

5.3 Profil Aktivitas ^{210}Pb

Berdasarkan tabel 4 dan tabel 5 tersebut diatas maka diperoleh hasil dalam bentuk grafik hubungan antara aktivitas total ^{210}Pb dengan kedalaman, yang menunjukkan adanya kecenderungan berkurangnya aktivitas total ^{210}Pb seiring dengan penurunan kedalaman.



Gambar 12. Hubungan antara aktivitas total ^{210}Pb dengan kedalaman di lokasi A (Morokrembangan)



Gambar 13. Hubungan antara aktivitas total ^{210}Pb dengan kedalaman di lokasi B (Kalisari)

Berdasarkan gambar 12 dan gambar 13 diperoleh hasil bahwa nilai aktivitas total ^{210}Pb tidak selalu tergantung pada kedalaman lapisan sedimen, akan tetapi bervariasi sesuai kondisi serta sejarah terbentuknya sedimen pada setiap lapisan(setiap ketebalan 2 cm), dimana masing-masing lapisan sedimen dapat tidak terkait satu dengan lainnya.

Nilai aktivitas total ^{210}Pb pada lokasi A cenderung menurun seiring dengan penurunan kedalaman, ini menunjukkan pengendapan sedimen yang terjadi merupakan pengendapan rutin, karena semakin bawah lapisan sedimen semakin tua umur pengendapannya dan semakin kecil nilai aktivitas total ^{210}Pb-nya dikarenakan radionuklida ^{210}Pb mengalami peluruhan setiap waktunya dan aktivitas ^{210}Pb yang terukur merupakan aktivitas ^{210}Pb sisa peluruhan. Dan ini dapat dilihat dari nilai aktivitas total ^{210}Pb seperti yang disajikan dalam tabel 4 dimana nilai aktivitas total ^{210}Pb berkisar antara 10,69568 Bq/Kg sampai

28,21181 Bq/Kg. Pada kedalaman 32 cm sampai dengan kedalaman 40 cm nilai aktivitas total ^{210}Pb mendekati konstan, sehingga dapat dianggap sebagai *base line* yang merupakan aktivitas *supported* ^{210}Pb, dan diperoleh rata-rata aktivitas *supported* ^{210}Pb sebesar 11,62574 Bq/Kg. Didapatnya nilai aktivitas total ^{210}Pb rendah adalah dikarenakan pada sedimen dengan kedalaman tersebut berbentuk lempung dengan butiran agak kasar, seperti pasir, yang mana butiran sedimen kasar ini kurang menyerap ^{210}Pb dan tidak terdapatnya zat organik yang terkandung. Sedangkan didapatnya nilai aktivitas total ^{210}Pb tinggi adalah dikarenakan pada sedimen dengan kedalaman tersebut berbentuk lempung dengan butiran lebih halus sehingga lebih menyerap ^{210}Pb serta terdapatnya zat organik terkandung, seperti cangkang kerang, yang akan memberi nilai aktivitas total ^{210}Pb lebih besar.

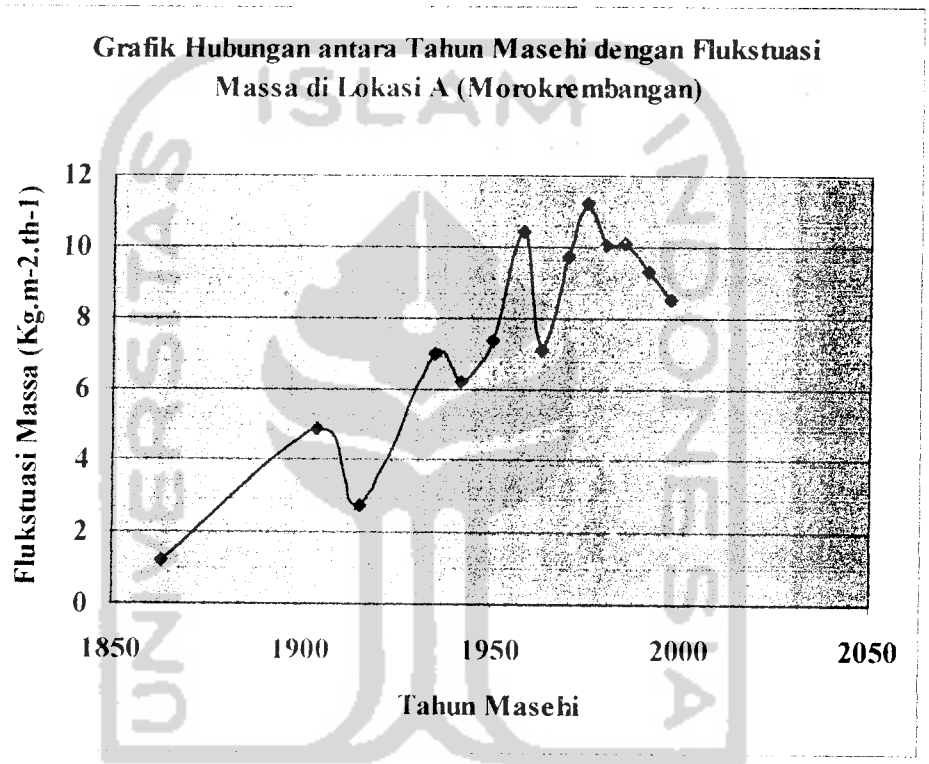
Nilai aktivitas total ^{210}Pb pada lokasi B dari kedalaman 2 cm sampai 20 cm cenderung mengalami naik turun, hal ini mungkin dikarenakan adanya pencampuran akibat penggalian atau pengadukkan. Dimana aktivitas total ^{210}Pb pada lapisan pertama (kedalaman 2 cm) adalah sebesar 35,34226 Bq/Kg berbeda jauh dngan nilai aktivitas total ^{210}Pb pada lapisan berikutnya dan ini menunjukkan bahwa sedimen pada lapisan pertama merupakan sedimen yang waktu pengendapannya terbaru. Sedangkan sedimen pada lapisan berikutnya yakni pada lapisan 4 cm sampai dengan lapisan 20 cm nilai aktivitas total ^{210}Pb yang berkisar antara 26,35169 Bq/Kg sampai dengan 31,2097 Bq/Kg dengan nilai aktivitas total ^{210}Pb yang mengalami naik turun sebanyak 3 kali, ini menunjukkan adanya pencampuran yang dapat diakibatkan oleh beberapa faktor, seperti

pengadukan ataupun erosi, yang menyebabkan sedimen pada lapisan bawah akan terangkut keatas dan bercampur dengan sedimen pada lapisan atas. Dan nilai aktivitas total ^{210}Pb yang didapat pada lapisan berikutnya yakni sedimen pada kedalaman 22 cm sampai dengan kealaman 34 cm menunjukkan bahwa sedimen mengalami pengendapan secara rutin dengan diperolehnya nilai aktivitas total ^{210}Pb yang mangalami penurunan seiring dengan penurunan kedalaman lapisan sedimen. Pada kedalaman 36 cm sampai dengan kedalaman 38 cm nilai aktivitas total ^{210}Pb konstan, sehingga dapat dianggap sebagai *base line* yang merupakan aktivitas *supported* ^{210}Pb, dan diperoleh rata-rata aktivitas *supported* ^{210}Pb sebesar 15,70871 Bq/Kg.

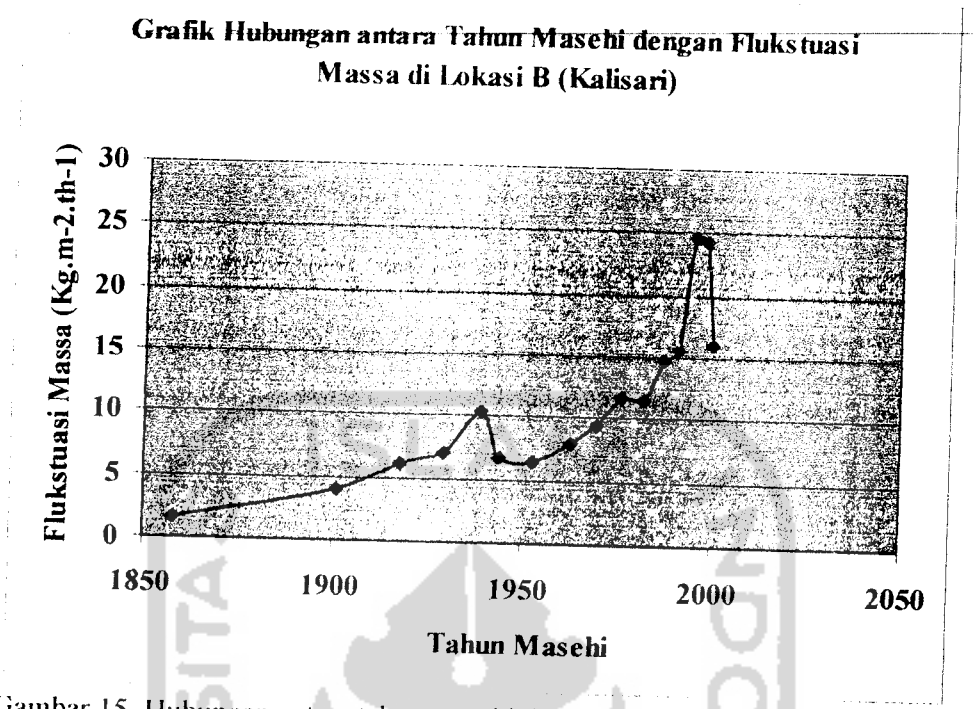
Dari kedua grafik hubungan antara aktivitas total ^{210}Pb dengan kedalaman di dua lokasi yang tertera pada gambar 12 dan gambar 13 diatas nampak bahwa nilai aktivitas total ^{210}Pb tidak tergantung pada kedalaman sedimen dan dapat bervariasi, akan tetapi nilai aktivitas total ^{210}Pb dapat dipengaruhi oleh bentuk dan ukuran butiran sedimen serta kondisi pengendapan seperti pencampuran akibat penggalian atau pengadukkan ataupun erosi, sehingga dari kedua grafik hubungan antara aktivitas total ^{210}Pb dengan kedalaman sedimen diatas nampak bahwa lokasi sedimen yang banyak mengalami gangguan pengendapan adalah lokasi B dengan grafik yang didapat lebih kurang linier dibandingkan dengan grafik pada lokasi A.

5.4 Flukstuasi Massa sedimen

Berdasarkan tabel 4 dan tabel 5 tersebut diatas aktivitas total ^{210}Pb selanjutnya dapat digunakan untuk penentuan flukstuasi massa sedimen per luas per tahun dan diperoleh hasil dalam bentuk grafik hubungan antara estimasi tahun masehi dengan flukstuasi massa sedimen seperti tertera dalam gambar berikut ini :



Gambar 14. Hubungan antara tahun masehi dengan Flukstuasi massa pada lokasi A (Morokrembangan)



Gambar 15. Hubungan antara tahun masehi dengan Flukstuasi massa pada lokasi B (Kalisari)

Berdasarkan gambar 14 dan gambar 15 diatas diperoleh hasil bahwa fluks massa sedimen dari lapisan teratas sampai terbawah ternyata berflukstuasi dan tidak tergantung pada tahun pengendapan sedimennya.

Fluks massa sedimen pada lokasi A berflukstuasi dan berkisar antara 1,198 ($Kg.m^{-2}.th^{-1}$) sampai dengan 11,227 ($Kg.m^{-2}.th^{-1}$). Fluks massa sedimen terbesar yakni 11,227 ($Kg.m^{-2}.th^{-1}$) terdapat pada kedalaman 10 cm dengan lama waktu pembentukkan 5,0035 tahun pada tahun 1975 masehi, sedangkan fluks massa sedimen terkecil yakni 1,198 ($Kg.m^{-2}.th^{-1}$) terdapat pada kedalaman 28 cm dengan lama waktu pembentukkan 40,9925 tahun pada tahun 1863 masehi, ini menunjukkan bahwa lapisan sedimen pada kedalaman 28 cm memiliki waktu pembentukkan terlama akan tetapi memiliki harga fluks massa terkecil.

Flukstuasi massa sedimen pada lokasi B berkisar antara 1,701 ($Kg.m^{-2}.th^{-1}$) sampai 24,603 ($Kg.m^{-2}.th^{-1}$). Fluk massa sedimen terbesar yakni 24,603 ($Kg.m^{-2}.th^{-1}$) terdapat pada kedalaman 6 cm dengan lama waktu pembentukan 2,47 tahun pada tahun 1995 masehi, sedangkan fluks massa sedimen terkecil yakni 1,701 ($Kg.m^{-2}.th^{-1}$) terdapat pada kedalaman 32 cm dengan lama waktu pembentukkan 42,7 tahun pada tahun 1858 masehi dan merupakan lapisan sedimen dengan waktu pembentukkan terlama degan fluks massa terkecil.

Dari kedua grafik hubungan antara estimasi tahun masehi dengan flukstuasi massa di dua lokasi diperoleh kasus yang sama yakni nilai flukstuasi massa terkecil terjadi dengan lama waktu pembentukkan sedimen terlama, yakni masing-masing 40,9925 tahun pada tahun 1863 masehi di lokasi A dan 42,7 tahun pada tahun 1858 masehi di lokasi B dan dapat dilihat bahwa tahun pembentukkannya tertaut sekitar 5 tahun. Dan flukstuasi massa sedimen terbesar terdapat di lokasi B pada kedalaman 6 cm dengan nilai flukstuasi massa sedimen sebesar 24,603 ($Kg.m^{-2}.th^{-1}$) dengan lama waktu pembentukan 2,47 tahun pada tahun 1995 masehi, dan flukstuasi massa sedimen terkecil terdapat di lokasi B juga pada kedalaman 32 cm dengan nilai flukstuasi massa sedimen sebesar 1,701 ($Kg.m^{-2}.th^{-1}$) dengan lama waktu pembentukan 42,7 tahun pada tahun 1858 masehi. Dan dari kedua grafik diatas nampak bahwa fluks massa sedimen berdasarkan range nilai flukstuasi massanya pada lokasi B lebih berflukstuasi dibandingkan pada lokasi A, akan tetapi bila dilihat dari tingkat kelinieran grafik nampak bahwa fluks massa di lokasi A lebih berflukstuasi.

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan tersebut diatas dapat diambil kesimpulan bahwa fluks massa sedimen dari lapisan teratas sampai terbawah berflukstuasi dan tidak tergantung pada tahun pengendapan sedimennya. Fluks massa sedimen pada lokasi A berflukstuasi dan berkisar antara 1,198 ($Kg.m^{-2}.th^{-1}$) sampai dengan 11,227 ($Kg.m^{-2}.th^{-1}$) dan pada lokasi B fluks massa sedimen berkisar antara 1,701 ($Kg.m^{-2}.th^{-1}$) sampai 24,603 ($Kg.m^{-2}.th^{-1}$).

6.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, dapat diajukan saran supaya dilakukan penelitian lanjut dari cuplikan yang sama dengan menggunakan metode lain untuk penentuan lainnya, seperti kandungan unsur organik, logam berat dan sebagainya.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, B. dan Wood, A.K., 1999, *Marine Environmental Pollution Study on Malaysia Side of Straits of Melaka*, MINT-Malaysia, 2

Andriana, A., 2004, *Penentuan Akumulasi Sedimen di Pantai Semarang menggunakan ^{210}Pb sebagai Perunut dengan menggunakan Spektrometri Gamma*, Skripsi, FMIPA UII, Jogjakarta

Anonim, 2005, *Profil Surabaya*. Kadin Surabaya.or.id / Surabaya / Sby-Profil. Html #

Berger, G.W., Eisma, D. and Bennekom, A.J.V., 1987, *^{210}Pb- derived Sedimentation Rate in The Vlieter, A Recenly Filled-in Tidal Channel in The Wadden Sea*, Netherlands journal of Sea Research, 21(4): 287-294

Craib, J.S., 1997, *A Samper for Taking Short Undisturbed Marine Cores Sediment in The Dollard Area: Comparison of ^{210}Pb and Pollen Influx Methods*, Netherlands journal of Sea Research, 27(4).

Faisal, W., dkk, 2004, Prosiding PPI-PDIPTN *"Estimasi Kecepatan dan Fluks Massa Sedimentasi di pantai Ciamis Selatan menggunakan Metode ^{210}Pb"*, P3TM-BATAN, Jogjakarta

Heijnis, H., Berger, G.W. and Eisma, D., 1987, *Accumulation Rates of Estuarine Sediment in the Dollard Area; Comparison of ^{210}Pb and Pollen Influx Methods*, Netherlands journal of Sea Research, 21(4) : 295-301.

Munir, M., 1996, *Geologi dan Mineralogi Tanah*, Pustaka Jaya, Jakarta

Prasetyo, D., 2000, *Evaluasi Radioaktivitas dalam Ekosistem Perairan Esturia Pesisir Surabaya dengan Spektrometri α, β, γ*, Skripsi FMIPA Universitas Airlangga, Surabaya

Rosidi, Mulyono dan Suhardi, 2003, Prosiding Seminar *"Pengukuran Radionuklida ^{210}Pb dalam Sedimen dengan Spektrometer Gamma"*, P3TM BATAN, Jogjakarta

Rosidi, Sutanto, W.W. dan Sihono, 2003, Prosiding Seminar *"Estimasi Umur Lapisan Sedimen dengan Pendekatan Aktivitas Radionuklida ^{210}Pb"*, P3TM BATAN, Jogjakarta

Sanchez, J.A. and Cabeza, 2000, *Sediment Core Profiles and Accumulation Rates*, Universitat Autonōma de Barcelona

Subakir, M.D., 1999, *Penentuan Kadar Logam Berat Co, Cr dan Hg pada Air dan Ikan di Kali Surabaya dengan Metode Aktivasi Neutron*, Skripsi FMIPA Universitas Airlangga, surabaya

Sumining, Taftazani, A. dan Muzakky, 2003, *Evaluasi Metode PF menggunakan ^{210}Pb untuk Penentuan Kecepatan Sedimentasi*, P3TM BATAN, Jogjakarta

Susetyo, W., 1988, *Spektrometri Gamma dan Penerapannya dalam Analisis Pengaktifan Neutron*, UGM Press, Jogjakarta

Taftazani, A., Basuki, K.T., Sumining, dan Sasongko, D.P., 1998, Prosiding Radioekologi dan Lingkungan kelautan *"Evaluasi Aktivitas Radionuklida Alam dalam Air, Sedimen dan makrobenthos"*, PTPLR-BATAN, Jogjakarta

$$Cps = \frac{\text{Net Area}}{\text{Waktu Cacah (detik)}}$$

$$= \frac{67}{7200}$$

$$= 0{,}0093 \text{ cps}$$

1 Bq = 1 dps

$$Dps = \frac{Cps}{effisiensi}$$

$$\%\ \text{effisiensi}_{m}\ (\varepsilon_m) = \frac{cps_m}{dps_m} \times 100\%$$

$$= \frac{0{,}0093}{1{,}447} \times 100\%$$

$$= 0{,}64\%$$

Lampiran 2. Hasil Pencacahan dan Perhitungan

A. Lokasi A (Morokrembangan)

1. Perhitungan aktivitas total ^{210}Pb pada cuplikan kode A_{0-2} adalah sebagai berikut:

   Diketahui:

   W = 7 g

   t = 7200 detik

   Net area = 91

   $$\text{Cps cuplikan} = \frac{\text{Rata} - \text{rata Net area}}{t}$$

   $$\text{Cps cuplikan} = \frac{91}{7200} = 0{,}012639$$

   $$Dps = \frac{Cps}{\%effisiensi} \times 100\%$$

   $$\text{Dps} = \frac{0{,}012639}{0{,}64\%} 100\% = 1{,}974826$$

   Aktivitas (A) total ^{210}Pb

   $$A = \frac{\text{Dps}}{W} \text{ x } 100\text{g/ kg}$$

   $$A = \frac{1{,}974826}{70\text{g}} \text{ x } 1000\text{g/ kg} = 28{,}21181\,\text{Bq/ kg}$$

2. Perhitungan aktivitas *excess* ^{210}Pb (Bq/ Kg) pada kode A_{0-2} adalah sebagai berikut:

   Aktivitas *Supported* (A_{supp}) ^{210}Pb (Bq/ Kg) di lokasi A

   $$\text{Rata} - \text{rata } A_{\text{Supported}} = \frac{11{,}93576 + 11{,}78075 + 12{,}09077 + 10{,}69568 + 11{,}62574}{5}$$

   $$= 11{,}62574\ \text{Bq/ Kg}$$

$$tx = \frac{1}{\lambda} In\left(\frac{A_0}{A_x}\right)$$

$$tx = \frac{1}{0{,}0311}\left(\frac{1279{,}126}{997{,}77}\right)$$

$$= 7{,}987$$

Untuk penentuan lama waktu pembentukan sedimen setiap lapisan dengan ketebalan 2 cm adalah:

Untuk lapisan pertama = tx

= 7,987 tahun

Dan untuk lapis berikutnya = $tx - tx_{-1}$

Dan untuk penentuan flukstuasi massa sedimen adalah:

$$\text{Fluks} = \frac{\text{m}}{\text{L} \times \text{Lama Waktu Pembentukkan}}$$

$$\text{Fluks} = \frac{133{,}229 \times 10^{-3}\, kg}{7{,}854 \times 10^{-3}\, m^2.th^{-th}}$$

Fluks = 8,495 $Kg.m^{-2}.th^{-1}$

Begitu pula dengan perhitungan estimasi umur, lama waktu pembentukkan sedimen dan flukstuasi massa sedimen untuk kode lainnya (seperti yang disajikan dalam tabel 4).

B. Lokasi B (Kalisari)

1. Perhitungan aktivitas total ^{210}Pb pada cuplikan kode B_{0-2} adalah sebagai berikut:

   Diketahui:

   W = 7 g

   t = 7200 detik

   Net area = 114

   $$\text{Cps cuplikan} = \frac{\text{Rata} - \text{rata Net area}}{t}$$

   $$\text{Cps cuplikan} = \frac{114}{7200} = 0{,}0158333$$

   $$Dps = \frac{Cps}{\%effisiensi} \times 100\%$$

   $$\text{Dps} = \frac{0{,}0158333}{0{,}64\%} 100\% = 2{,}4739583$$

   Aktivitas (A) total ^{210}Pb

   $$A = \frac{\text{Dps}}{W} \text{ x } 100\text{g/ kg}$$

   $$A = \frac{2{,}4739583}{70\text{g}} \text{ x } 1000\text{g/ kg} = 35{,}34226 \text{ Bq/ kg}$$

2. Perhitungan aktivitas *excess* ^{210}Pb (Bq/ Kg) pada kode B_{0-2} adalah sebagai berikut:

   Aktivitas *Supported* (A_{supp}) ^{210}Pb (Bq/ Kg) di lokasi B

   $$\text{Rata} - \text{rata } A_{\text{Supported}} = \frac{15{,}70871 + 15{,}70871}{2} = 15{,}70871 \text{ Bq/ Kg}$$

   $A_{excess} = A_{-}A_{supported}$

A_{excess} = 35,34226 Bq/ Kg – 15,70871 Bq/ Kg = 19,63355 Bq/ Kg

Begitu pula untuk perhitungan aktivitas *excess* ^{210}Pb (Bq/ Kg) untuk kode yang lain. (seperti yang disajikan dalam tabel 5).

3. Perhitungan aktivitas *excess* ^{210}Pb (Bq/ m^2) pada kode B_{0-2} adalah sebagai berikut:

$L = \pi r^2$

$L = 3,14 \times (0,05)^2 = 7,854 \times 10^{-3}\ m^2$

$$A_{exc} = \frac{A.m}{L}$$

$$A_{exc} = \frac{35,34226 \times \left(\frac{126,554\ (g)}{1000\ (g/\ kg)} \right)}{7,854 \times 10^{-3}\ m^2} = 316,3617\ Bq/\ m^2$$

Begitu pula untuk perhitungan aktivitas excess ^{210}Pb (Bq/ m^2) untuk kode yang lain (seperti yang disajikan dalam tabel 5).

4. Perhitungan Flukstuasi Massa Sedimen di lokasi B adalah sebagai berikut:

$$A_0 = \sum_{0}^{x} A\ excess$$

A_0 = 316,3617 + 193,3022 + 161,7654 + ... + 28,44544 Bq/ m^2

A_0 = 2704,073 Bq/ $m^{2=}$

$A_x = A_0 - A_{cum}$ (Bq/ m^2)

A_x = 2704,073 Bq/ m^2 – 316,316 Bq/ m^2 = 2387,712 Bq/ m^2

Untuk menentukan estimasi umur setiap lapisan sedimen adalah:

$Ax = A_0.e^{-\lambda t}$

$$tx = \frac{1}{\lambda} In\left(\frac{A_0}{A_x}\right)$$

$$tx = \frac{1}{0,0311}\left(\frac{2704,073}{2387,712}\right)$$

$$= 4,01$$

Untuk penentuan lama waktu pembentukan sedimen setiap lapisan dengan ketebalan 2 cm adalah:

Untuk lapisan pertama = tx

= 4,01 tahun

Dan untuk lapis berikutnya = $tx - tx_{-1}$

Dan untuk penentuan flukstuasi massa sedimen adalah:

$$\text{Fluks} = \frac{\text{m}}{\text{L} \times \text{Lama Waktu Pembentukkan}}$$

$$\text{Fluks} = \frac{126,554 \times 10^{-3}\, kg}{7,854 \times 10^{-3}\, m^2 . 4,01\, tahun}$$

$$\text{Fluks} = 16,062\ \text{Kg.m}^{-2}.\text{th}^{-1}$$

Begitu pula dengan perhitungan estimasi umur, lama waktu pembentukkan sedimen dan flukstuasi massa sedimen untuk kode lainnya (seperti yang disajikan dalam tabel 5).

Lanjutan... **(Lampiran 3)**

Kode	h (cm)	Umur sedimen (tahun)	Lama waktu Pembentukkan (tahun)	Tahun Masehi	Flukstuasi Massa sedimen ($Kg.m^{-2}.th^{-1}$)
A 0 - 2	2	7,987	7,987	1997	8,495
A 2 - 4	4	13,4885	5,5015	1991	9,316
A 4 - 6	6	19,345	5,8565	1985	10,114
A 6 - 8	8	24,113	4,768	1980	10,052
A 8 - 10	10	29,1165	5,0035	1975	11,227
A 10 - 12	12	34,934	5,8175	1970	9,735
A 12 - 14	14	41,64	6,706	1963	7,1055
A 14 - 16	16	46,79	5,15	1958	10,392
A 16 - 18	18	54,433	7,643	1950	7,352
A 18 - 20	20	62,419	7,986	1942	6,195
A 20 - 22	22	69,254	6,835	1935	6,986
A 22 - 24	24	89,528	20,274	1915	2,761
A 24 - 26	26	100,8985	11,3705	1904	4,855
A 26 - 28	28	141,891	40,9925	1863	1,198
A 28 - 30	30	**	**	**	**
A 30 - 32	32	*	*	*	*
A 32 - 34	34	*	*	*	*
A 34 - 36	36	*	*	*	*
A 36 - 38	38	*	*	*	*
A 38 - 40	40	*	*	*	*

Keterangan : * Tidak dapat dihitung (karena yang dihitung hanya aktivitas ^{210}Pb *excess*)

** Tidak dapat dihitung

Lampiran 4. Data hasil Pencacahan di Lokasi B (Kalisari)

Kode	h (cm)	Berat kering (g)	Net Cacah				Cps	Dps	Aktivitas total ^{210}Pb (Bq/Kg)	Aktivitas *excess* ^{210}Pb (Bq/Kg)	Aktivitas *excess* ^{210}Pb (Bq/m^{-2})
			X_1	X_2	X_3	$\overline{X}$					
B 0 - 2	2	126,554	124	102	116	114	0,0158333	2,4739583	35,34226	19,63355	316.3617
B 2 - 4	4	130,138	105	80	80	88.3	0,0122639	1,9162326	27,37475	11,66604	193.3022
B 4 - 6	6	119,375	83	76	96	85	0,0118056	1,8446181	26,35169	10,64298	161.7654
B 6 - 8	8	127,245	108	99	92	99.67	0.0138431	2,1629774	30,89968	15,19097	246.1134
B 8 - 10	10	125,946	104	93	91	96	0,0133333	2,0833333	29,7619	14,05319	225.3557
B 10 - 12	12	117,762	115	94	93	100.67	0.0139819	2,1846788	31,2097	15,50099	232.4201
B12 - 14	14	122,842	92	94	91	92.33	0,0128236	2,0036892	28,62413	12,91542	202.0061
B 14 - 16	16	116,633	94	95	92	93.67	0,0130097	2,0327691	29,03956	13,33085	197.965
B 16 - 18	18	114,403	89	92	96	92.33	0,0128236	2,0036892	28,62413	12,91542	188.1287
B 18 - 20	20	118,351	88	93	90	90.33	0,0125458	1,9602865	28,00409	12,29538	185.2777
B 20 - 22	22	117,082	78	82	77	79	0,0109722	1,7144097	24,49157	8,782857	130.9288
B 22 - 24	24	115,274	69	73	59	67	0,0093056	1,4539931	20,77133	5,062619	74.30461
B 24 - 26	26	131,058	66	71	67	68	0,0094444	1,4756944	21,08135	5,372639	89.65207
B 26 - 28	28	137,713	61	56	78	65	0,0090278	1,4105903	20,15129	4,44258	77.89674
B 28 - 30	30	136,426	64	66	64	64.67	0,0089819	1,4103429	20,04898	4,340273	75.39166
B 30 - 32	32	142,518	64	64	66	64.67	0,0089819	1,4034288	20,04898	4,340273	78.75822
B 32 - 34	34	144,127	59	52	56	55.67	0,0077319	1,2081163	17,2588	1,550095	28.44544
B 34 - 36	36	73,956	52	51	49	50.67	0,0070375	1,0996094	15,70871	*	*
B 36 - 38	38	272,216	42	58	52	50.67	0,0070375	1,0996094	15,70871	*	*

Keterangan : * Tidak dapat dihitung (karena yang dihitung hanya aktivitas ^{210}Pb *excess*)

** Tidak dapat dihitung

***Lanjutan*... (Lampiran 4)**

Kode	h (cm)	Umur Sedimen (tahun)	Lama waktu pembentukkan (tahun)	Tahun Masehi	Flukstuasi massa sedimen ($Kg.m^{-2}.th^{-1}$)
B 0 - 2	2	4,0128	4,01	2000	16,062
B 2 - 4	4	6,7364	2,72	1998	24,335
B 4 - 6	6	9,2075	2,47	1995	24,603
B 6 - 8	8	13,374	4,17	1991	15,554
B 8 - 10	10	17,7294	4,36	1987	14,727
B 10 - 12	12	22,9401	5,21	1982	11,51
B12 - 14	14	28,27575	5,34	1976	11,725
B 14 - 16	16	34,535	6,26	1970	9,49
B 16 - 18	18	41,8803	7,35	1963	7,932
B 18 - 20	20	51,2485	9,37	1953	6,434
B 20 - 22	22	60,0313	8,78	1944	6,789
B 22 - 24	24	65,7289	5,7	1939	10,304
B 24 - 26	26	75,2393	9,51	1929	7,018
B 26 - 28	28	86,6637	11,4	1918	6,139
B 28 - 30	30	103,7873	17,1	1901	4,058
B 30 - 32	32	146,4478	42,7	1858	1,701
B 32 - 34	34	**	**	**	**
B 34 - 36	36	*	*	*	*
B 36 - 38	38	*	*	*	*

Keterangan : * Tidak dapat dihitung (karena yang dihitung hanya aktivitas ^{210}Pb *excess*)

** Tidak dapat dihitung

Lampiran 5. Data Evaluasi Keseksamaan 95% Rata-rata Net Area, Cps, Dps dan Aktivitas Total ^{210}Pb di Lokasi A (Morokrembangan)

Kode	Kedalaman (h)	$\bar{X}$	Cps	Dps	Aktivitas Total ^{210}Pb (Bq/Kg)
A 0 - 2	2	91 ± 17,97	0,012639 ± 0,002496	1,974826 ± 0,389974	28,21181 ± 5,57106
A 2 - 4	4	77 ± 17,97	0,010694 ± 0,002496	1,671007 ± 0,389974	23,87153 ± 5,57106
A 4 - 6	6	68 ± 17,97	0,009444 ± 0,002496	1,475694 ± 0,389974	21,08135 ± 5,57106
A 6 - 8	8	63,5 ± 80,86	0,008819 ± 0,011231	1,378038 ± 1,754774	19,68626 ± 25,06820
A 8 - 10	10	57,5 ± 8,98	0,007986 ± 0,001247	1,24783 ± 0,194878	17,82614 ± 2,78398
A 10 - 12	12	57 ± 17,97	0,007917 ± 0,002496	1,236979 ± 0,389974	17,67113 ± 5,57106
A 12 - 14	14	59,5 ± 8,98	0,008264 ± 0,001247	1,291233 ± 0,194878	18,44618 ± 2,78398
A 14 - 16	16	50 ± 71,88	0,006944 ± 0,009983	1,085069 ± 1,559896	15,50099 ± 22,28423
A 16 - 18	18	52 ± 233,6	0,007222 ± 0,032444	1,128472 ± 5,069444	16,12103 ± 72,42063
A 18 - 20	20	51 ± 161, 72	0,007083 ± 0,022461	1,106771 ± 3,509549	15,81101 ± 50,13641
A 20 - 22	22	47 ± 17,97	0,006528 ± 0,002496	1,019965 ± 0,389974	14,57093 ± 5,57106
A 22 - 24	24	53,5 ± 80,86	0,007431 ± 0,011231	1,161024 ± 1,754774	16,58606 ± 25,06820
A 24 - 26	26	43 ± 53,91	0,005972 ± 0,007488	0,93316 ± 1,169922	13,33085 ± 16,71317
A 26 - 28	28	48 ± 35,94	0,006667 ± 0,004992	1,041667 ± 0,779948	14,88095 ± 11,14211
A 28 - 30	30	40,5 ± 134,77	0,005625 ± 0,018718	0,878906 ± 2,924696	12,5558 ± 41,78137
A 30 - 32	32	38,5 ± 26,95	0,005347 ± 0,003743	0,835583 ± 0,584852	11,93576 ± 8,35503
A 32 - 34	34	38 ± 35,94	0,005278 ± 0,004992	0,824653 ± 0,779948	11,78075 ± 11,14211
A 34 - 36	36	39 ± 107,81	0,005417 ± 0,014974	0,846354 ± 2,339627	12,09077 ± 33,42344
A 36 - 38	38	34,5 ± 170,705	0,004792 ± 0,023709	0,748698 ± 3,704536	10,69568 ± 52,92194
A 38 - 40	40	37,5 ± 134,77	0,005208 ± 0,018718	0,813802 ± 2,924696	11,62574 ±41,78137

Lampiran 6. Data Evaluasi Keseksamaan 95% Rata-rata Net Area, Cps, Dps dan Aktivitas Total ^{210}Pb di Lokasi B (Kalisari)

Kode	Kedalaman (h)	$\bar{X}$	Cps	Dps	Aktivitas Total ^{210}Pb (Bq/Kg)
B 0 - 2	2	114 ± 47,92	0,0158333 ± 0,0066556	2,4739583 ± 1,0399306	35,34226 ± 14,85615
B 2 - 4	4	88.3 ± 62,11	0,0122639 ± 0,0086264	1,9162326 ± 1,3478733	27,37475 ± 19,25533
B 4 - 6	6	85 ± 43,67	0,0118056 ± 0,0060653	1,8446181 ± 0,9476997	26,35169 ± 13,53857
B 6 - 8	8	99,67 ± 34,51	0,0138431 ± 0,0047931	2,1629774 ± 0,7489149	30,80968 ± 10,69878
B 8 - 10	10	96 ± 30,12	0,0133333 ± 0,0041833	2,0833333 ± 0,6536458	29,7619 ± 9,3378
B 10 - 12	12	100.67 ± 53,46	0,0139819 ± 0,007425	2,1846788 ± 1,1601563	31,2097 ± 16,57366
B12 - 14	14	92.33 ± 6,57	0,0128236 ± 0,0009125	2,0036892 ± 0,1425781	28,62413 ± 2,03683
B 14 - 16	16	93.67 ± 6,57	0,0130097 ± 0,0009125	2,0327691 ± 0,1425781	29,03956 ± 2,03683
B 16 - 18	18	92.33 ± 15,11	0,0128236 ± 0,0020986	2,0036892 ± 0,3279080	28,62413 ± 4,6844
B 18 - 20	20	90.33 ± 10,83	0,0125458 ± 0,0015042	1,9602865 ± 0,2350260	28,00409 ± 3,35751
B 20 - 22	22	79 ± 11,38	0,0109722 ± 0,0015806	1,7144097 ± 0,2469618	24,49157 ± 3,52803
B 22 - 24	24	67 ± 31,03	0,0093056 ± 0,0043097	1,4539931 ± 0,6733941	20,77133 ± 9,61991
B 24 - 26	26	68 ± 11,38	0,0094444 ± 0,0015806	1,4756944 ± 0,2469618	21,08135 ± 3,52803
B 26 - 28	28	65 ± 49,62	0,0090278 ± 0,0068917	1,4105903 ± 1,0768229	20,15129 ± 15,38318
B 28 - 30	30	64.67 ± 4,97	0,0089819 ± 0,0006903	1,4103429 ± 0,1078559	20,04898 ± 1,5408
B 30 - 32	32	64.67 ± 4,97	0,0089819 ± 0,0006903	1,4034288 ± 0,1078559	20,04898 ± 1,5408
B 32 - 34	34	55.67 ± 15,11	0,0077319 ± 0,0020986	1,2081163 ± 0,3279080	17,2588 ± 4,6844
B 34 - 36	36	50.67 ± 6,57	0,0070375 ± 0,0009125	1,0996094 ± 0,1425781	15,70871 ± 2,03683
B 36 - 38	38	50.67 ± 34,78	0,0070375 ± 0,0048306	1,0996094 ± 0,7547743	15,70871 ± 10,7825

Lampiran 7. Deret Uranium

Nama Uranium	Lambang	Radiasi	Waktu Paro (t ½)
Uranium I (UI)	$_{92}U^{238}$	a	$4.5 .10^{9}$ tahun
Uranium X1 (UX1)	$_{90}Th^{234}$	b	24,1 hari
Uranium X2	$_{91}Pa^{234}$	b	1,18 menit
Uranium Z (UZ)	$_{91}pa^{234}$	b	6,7 jam
Uranium II (UII)	$_{92}U^{234}$	a	$2,5 . 10^{5}$ tahun
Ionium (Ia)	$_{90}U^{230}$	a	$8,0.10^{4}$ tahun
Radium (Ra)	$_{88}Ra^{226}$	a	1620 tahun
Ra Emanation (Rn)	$_{86}Em^{222}$	a	3,82 hari
Radium A (RaA)	$_{84}Po^{218}$	a,b	3,20 menit
Radium B (RaB)	$_{82}Pb^{214}$	b	26,8 menit
Astatine 218	$_{85}At^{218}$	a	1,5 detik
RadiumC (RaC)	$_{83}Bi^{214}$	a,b	19,7 menit
Radium C' (RaC')	$_{84}Po^{214}$	a	$1,64.10^{-4}$ detik
Radium C'' (RaC'')	$_{81}Tl^{210}$	b	1,32 menit
Radium D (RaD)	$_{82}Pb^{210}$	b	22,3 tahun
Radium E (RaE)	$_{83}Bi^{214}$	b	5 hari
Radium F (RaF)	$_{84}Po^{218}$	a	138,3 hari
Thalium 206	$_{81}Tl^{206}$	b	4,2 menit
Radium G (RaG)	$_{82}Pb^{206}$	Stabil	-

Lampiran 9. Deret aktinium

Nama Uranium	Lambang	Radiasi	Waktu Paro (t ½)
Actinouranium (AcU)	$_{92}U^{235}$	a	$7,10.10^{8}$ tahun
Uranium Y (UY)	$_{90}Th^{231}$	b	25,6 jam
Protoactinium	$_{91}Pa^{231}$	a	$3,43.10^{4}$ tahun
Actinium (Ac)	$_{89}Ac^{227}$	a,b	21,6 tahun
Radioactinium (RaAc)	$_{90}Th^{227}$	a	18,17 hari
Actinium K (AcK)	$_{87}Fr^{223}$	a,b	22 menit
Actinium X (AcX)	$_{88}Ra^{223}$	a	11,68 hari
Astatine 219	$_{85}At^{219}$	a,b	0,9 menit
Ac Emanation (An)	$_{86}Em^{219}$	a	3,92 detik
Bismuth 215	$_{83}Bi^{215}$	a,b	8 menit
Actinium A (AcA)	$_{84}Po^{215}$	a,b	$1,83.10^{-3}$ detik
Acinium B (AcB)	$_{82}Pb^{211}$	b	36,1 menit
Astatine 215	$_{85}At^{215}$	a	10^{-4} detik
Actinium C (AcC)	$_{83}Bi^{211}$	a,b	2,15 menit
Actinium C' (AcC')	$_{84}Po^{211}$	a	0,52 detik
Actinium C'' (AcC'')	$_{81}Tl^{207}$	a	4,79 menit
Acinium D (AcD)	$_{82}Pb^{207}$	Stabil	-

Lampiran 10. t Fisher

Derajat Kebebasan (n-1)	t	
	P = 0,05	P = 0,01
1	12,706	63,657
2	4,303	9,925
3	3,182	5,841
4	2,776	4,604
5	2,571	4,032
6	2,447	3,707
7	2,365	3,550
8	2,306	3,499
9	2,262	3,250
10	2,228	3,169
15	2,131	2,947
17	2,110	-
20	2,086	2,845
25	2,060	2,787
30	2,042	2,750
60	2,000	2,660
∞	1,960	2,576

International Atomic Energy Agency
Analytical Quality Control Services
Wagramer Strasse 5, P.O.Box 100, A-1400 Vienna, Austria

REFERENCE SHEET

REFERENCE MATERIAL

IAEA-315

RADIONUCLIDES IN MARINE SEDIMENT

Date of issue: January 2000[a]

Recommended Values
(Based on dry weight)

Reference Date for decay correction: 1st January 1993

Radionuclide	Recommended Value Bq/kg	95% Confidence Interval Bq/kg	N*
^{40}K	297	288 – 303	11
^{210}Pb[b]	30.1	26.0 – 33.7	33
^{226}Ra	13.8	13.0 – 14.6	90
^{228}Ra	26.7	25.3 – 28.0	81
^{228}Th	27	24.0 – 28.9	22
^{232}Th	25.6	24.5 – 27.5	36
^{234}U	17.5	16.6 – 20.0	11
^{238}U	17.6	16.1 – 18.5	31

Information Values
(Based on dry weight)

Radionuclide	Information Value Bq/kg	95% Confidence Interval Bq/kg	N*
^{230}Th	16.9	15.1 – 20.9	8
^{235}U	0.84	0.65 – 1.20	9

* *Number of accepted laboratory means which were used to calculate the recommended or information values and corresponding confidence intervals of the certified values*

[b] *^{210}Pb and ^{230}Th are in secular equilibrium*

nces

Ballestra S., Gastaud J., Parsi P. and Vas D., Report on the Intercomparison Run
IAEA-315: Radionuclides in Marine Sediment.
IAEA/AL/065 (IAEA/MEL/61), IAEA, Monaco 1996.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Issued by

Marine Environment Laboratory (MEL)
International Atomic Energy Agency
P.O. Box 800
MC-98012 Monaco

Supported by

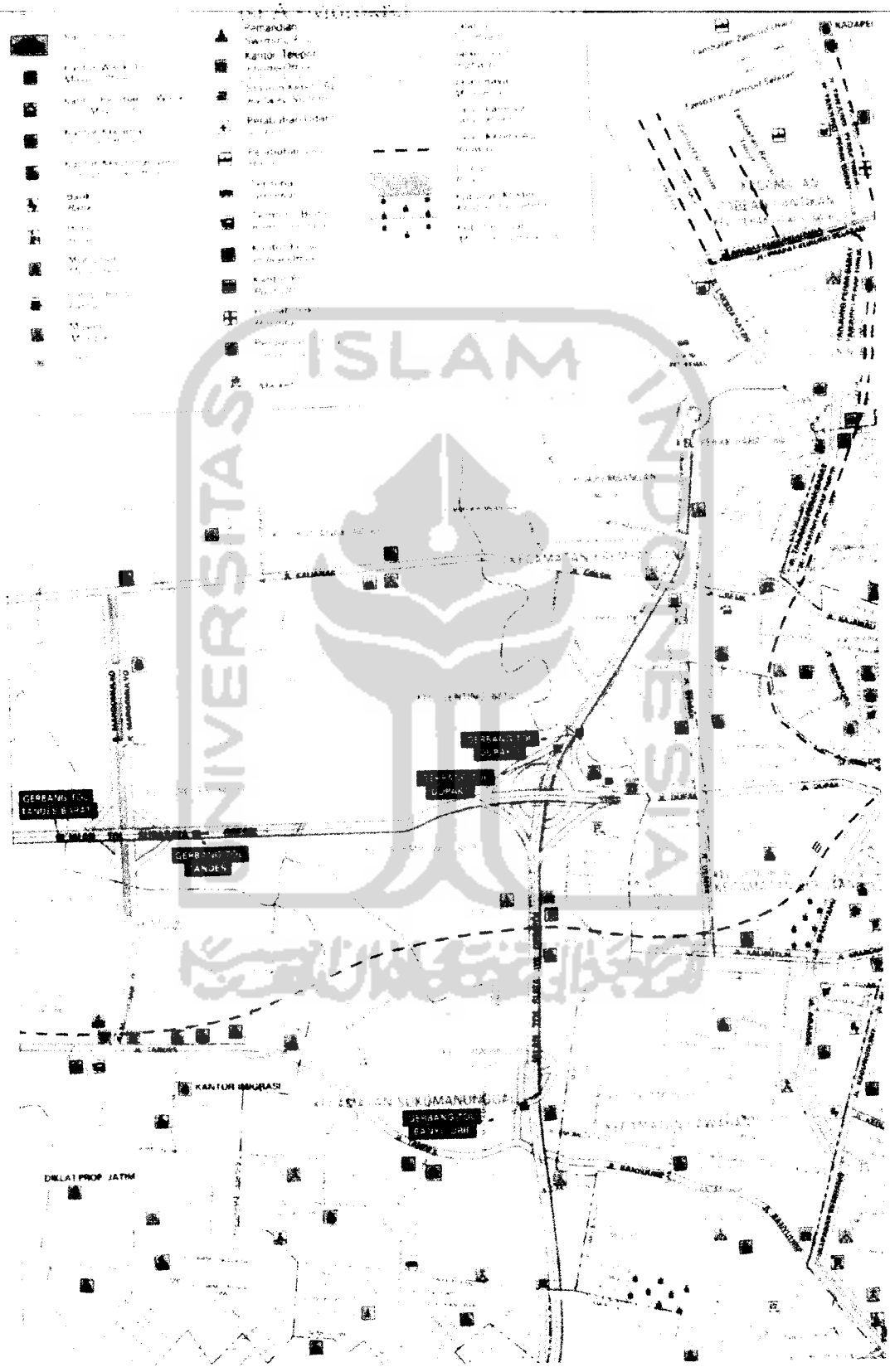
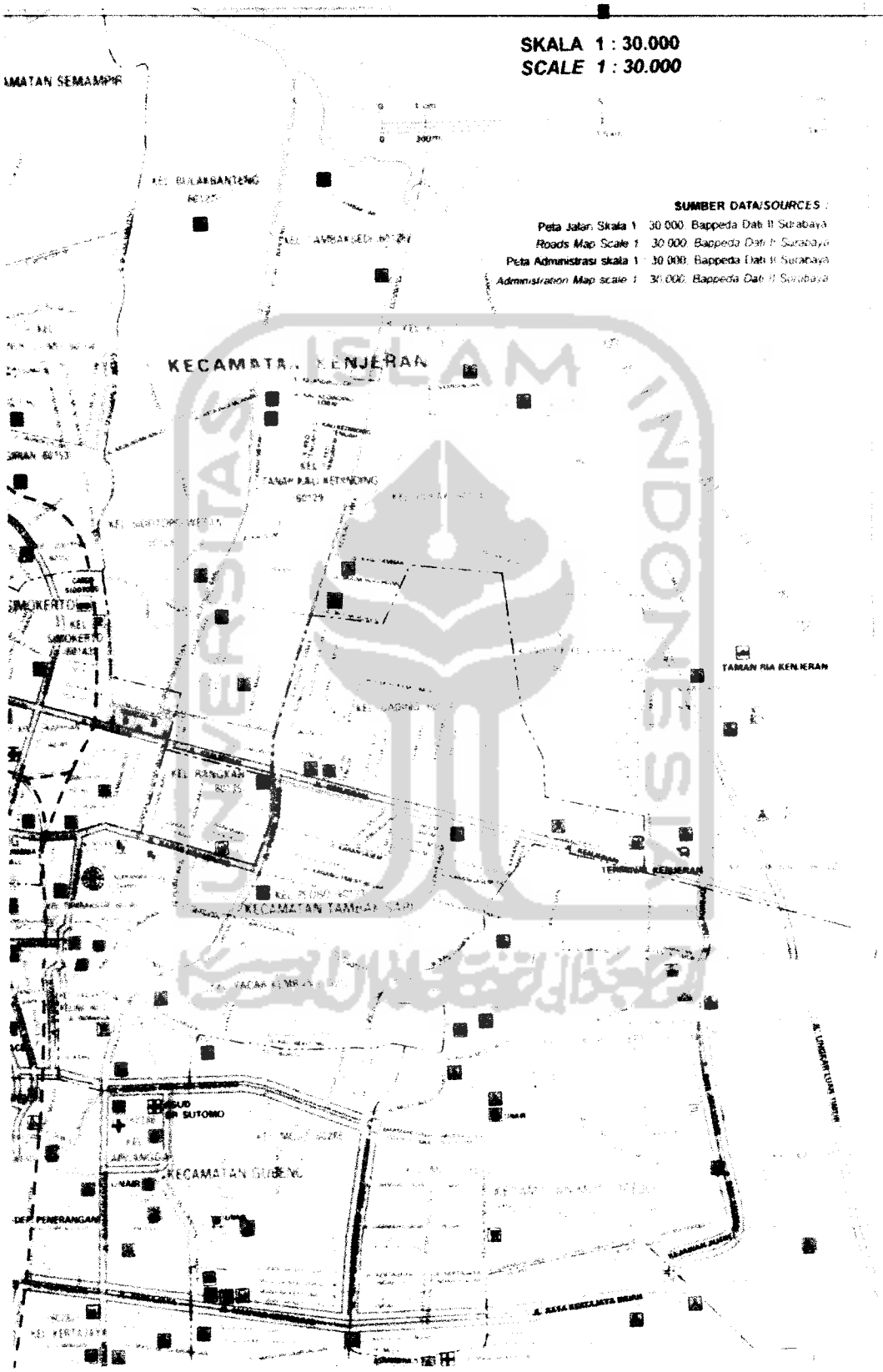
Analytical Quality Control Services (AQCS)
Agency's Laboratories Seibersdorf
International Atomic Energy Agency
P.O. Box 100
A-1400 Vienna, Austria

PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN TEKNOLOGI ISOTOP DAN RADIASI
PERPUSTAKAAN

Prepared by

S. Ballestra, J. Gastaud, P. Parsi and D. Vas

Lampiran 13. Peta Lokasi A (Morokrembangan)



Lampiran 14. Peta Lokasi B (Kalisari)