

# AKTIVITAS GAMMA DAN ADSORPSI RADIONUKLIDA PERAIRAN KALI CODE, YOGYAKARTA

Tri Harningsih<sup>1</sup>, Narsito<sup>2</sup>, Agus Taftazani<sup>3</sup>

<sup>1</sup>AAK Nasional, Surakarta, 57155

<sup>2</sup>UGM, Yogyakarta, 55281

<sup>3</sup>BATAN, Yogyakarta, 55231

*tri.harningsih@gmail.com*

Telah dilakukan penelitian mengenai hubungan antara aktivitas Gamma dan adsorpsi radionuklida perairan Kali Code, Yogyakarta. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui model adsorpsi yang mengendalikan distribusi radionuklida Ra-226, Pb-212, Pb-214, dan Ac-228 dan mengestimasi distribusi radionuklida dalam air dan sedimen berdasarkan pengukuran radioaktivitas gamma dan padatan tersuspensi. Pengambilan sampel berupa air dan sedimen dilakukan 11 titik lokasi dari hulu hingga hilir Kali Code, dimulai dari Turgo, Boyong, Ngentak, Ring Road Utara, Sardjito, Tukangan, Tunggak, Karangajen, Ring Road Selatan, Ngoto, dan Pacar. Radionuklida dianalisis dengan menggunakan metode Spektrometri Gamma. Hasil analisis menunjukkan bahwa adsorpsi Ra-226 dan Ac-228 mengikuti model adsorpsi Freundlich, Pb-212 model adsorpsi partisi, dan Pb-214 mengikuti model adsorpsi Langmuir. Tidak adanya korelasi yang signifikan antara aktivitas radionuklida dan padatan tersuspensi, mengindikasikan bahwa radionuklida yang diteliti tidak dalam bentuk kationik melainkan dalam bentuk senyawa dengan polaritas rendah dan terdapat di dalam sedimen dalam jangka waktu yang cukup lama.

**Kata kunci:** spektrometri gamma, padatan tersuspensi, polaritas

## I. PENDAHULUAN

Pencemaran radioaktivitas pada lingkungan, dapat terjadi melalui udara, tanah, dan air. Oleh karena itu masalah pengaturan dan pengawasan radioaktivitas lingkungan perlu dilaksanakan dengan baik. Dua terminologi penting berkaitan dengan radiasi lingkungan adalah radiasi eksternal dan radiasi internal. Radiasi eksternal berhubungan dengan sumber radiasi di luar tubuh manusia yang berasal dari unsur-unsur radioaktif di dalam tanah, udara, dan air. Radiasi internal berhubungan dengan unsur-unsur radioaktif yang bersarang dalam tubuh manusia yang terdapat pada mata rantai makanan dari lingkungan yang tercemar radioaktif karena perlakuan medis (Aakrog, 1989).

Radioaktivitas menurut Beiser dan Arthur (2001) adalah pemancaran sinar-sinar radioaktif dari unsur radioaktif. Jenis radiasinya antara lain adalah sinar  $\alpha$ , sinar  $\beta$ , sinar  $\gamma$ , sinar X, dan radiasi neutron. Radiasi radioaktif yang berasal dari radionuklida alam disebut radioaktivitas alam sedangkan radiasi yang berasal dari buatan manusia hasil reaksi inti disebut sebagai radioaktivitas buatan.

Pemanfaatan radionuklida pada saat ini sudah sangat luas penggunaannya, antara lain pemakaian untuk transmisi genetik dalam proses pemuliaan tanaman di bidang pertanian serta pemanfaatannya untuk kepentingan militer (Taftazani, 1998).

Keberadaan radionuklida menyebabkan lingkungan menerima konsekuensi ekologis berupa peningkatan radiasi latar yang pada gilirannya berdampak pada kualitas lingkungan dari aspek radioekologis. Sumber radiasi jatuhnya global yang terpenting berasal dari uji coba nuklir di atmosfer sisa-sisa radioaktif yang masih tetap tersimpan di lingkungan dan memiliki umur paro panjang (Anonim 1, 2003).

Air sungai memegang peranan penting bagi kehidupan manusia, baik digunakan sebagai sumber air minum, keperluan sehari-hari maupun untuk mengairi tanaman. Air digunakan untuk keperluan air minum dan irigasi lahan pertanian banyak mengandung radionuklida alam maka hal itu akan membahayakan makhluk hidup yang ada disekitarnya. Sehingga perlu dilakukan identifikasi kualitas lingkungan berupa kajian radioaktivitas pada suatu ekosistem yang berkaitan dengan paparan radiasi dan identifikasi serta pengukuran radioaktivitas radionuklida di lingkungan perairan, dalam hal ini berupa sampel sedimen dan air dari sungai Code.

Penelitian ini menggunakan metode analisis radionuklida secara kualitatif dan kuantitatif, salah satunya dengan metode Spektrometri Gamma. Spektrometri Gamma mempunyai keunggulan antara lain dapat digunakan untuk menganalisis radionuklida secara serentak tanpa didahului pemisahan kimia yang rumit dan menghemat waktu pencacahan karena pengukuran puncak gamma dari tenaga rendah sampai dengan tenaga tinggi dapat dilakukan secara bersamaan.

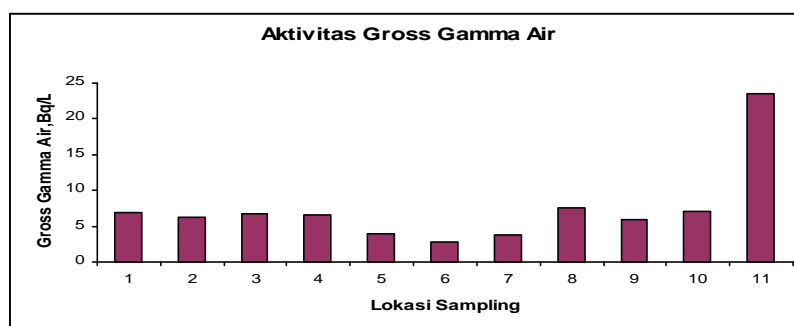
Penelitian ini memilih radionuklida Ra-226, Pb-212, Pb-214, dan Ac-228 karena radionuklida tersebut dikategorikan radionuklida yang berasal dari pelapukan batuan dan mineral, serta limbah industri, pertanian dan domestik yang keberadaannya di sungai dapat mengganggu kehidupan ekosistem Kali Code. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap aktivitas radionuklida di perairan antara lain: proses pencampuran, penyebaran dan interaksi dengan sedimen serta material biologis. Sedangkan penyebaran radionuklida dapat terjadi dari bentuk terlarut dalam badan air ke dalam sedimen melalui media padatan tersuspensi (*Suspended Solid, SS*), proses koagulasi dan selanjutnya mengendap di dasar sungai. Perpindahan radionuklida dalam air ke dalam sedimen satu arah terutama dapat melalui (1) partisi air-sedimen yaitu perpindahan radionuklida dari bentuk terlarut ke dalam sedimen dengan melalui proses adsorpsi oleh tanah di dasar sungai dan (2) perpindahan melalui adsorpsi oleh media padatan tersuspensi (*SS*) (Anonim 2, 2005).

## II. METODE PENELITIAN

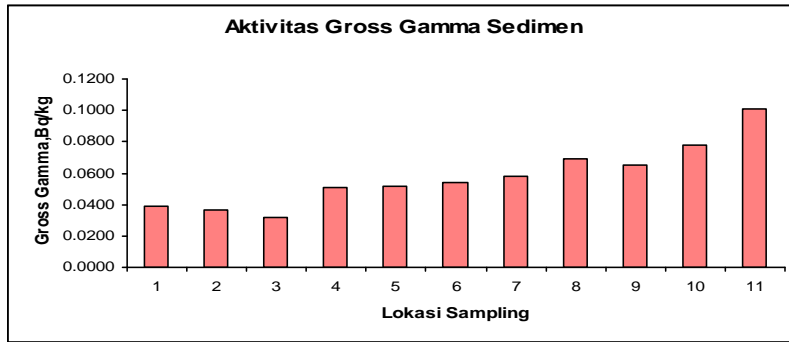
Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bidang Kimia dan Teknologi Proses Bahan, Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan (PTAPB) BATAN, Babarsari, Yogyakarta. Rancangan penelitian ini digunakan prosedur preparasi dan analisis sampel mengikuti prosedur baku pemantauan lingkungan atau *Environmental Monitoring Speciment Bank/EMBS* (1995) dan metode Spektrometri Gamma dengan Detektor Ge(Li) dan MCA Ortec 7010. Subyek penelitian adalah sampel air dan sedimen sungai Code yang diambil masing-masing sebanyak 10 liter/lokasi untuk air dan 2 kg/lokasi untuk sedimen. Standar sumber radioisotop  $^{152}\text{Eu}$  dan  $^{137}\text{Cs}$  untuk kalibrasi spektrometer Gamma dan standar sekunder sedimen marine dari IAEA no. 315. Pengambilan sampel dilakukan dari daerah hulu hingga hilir Kali Code, yaitu sampel diambil masing-masing tiga titik (daerah pinggir, tengah, pinggir) di setiap titik lokasi pengambilan. Hasil analisis sampel menggunakan metode Spektrometri Gamma menghasilkan data berupa aktivitas radionuklida dari sampel air dan sedimen. Selanjutnya analisis data dilakukan dengan menganalisis tingkat kesesuaian model adsorpsi yaitu model Partisi, model Freundlich, dan model Langmuir untuk radionuklida Ra-226, Pb-212, Pb-214, dan Ac-228 serta hubungan aktivitas radionuklida dalam sedimen dan konsentrasi SS melalui nilai  $R^2$  dari kurva regresi linear.

## III. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

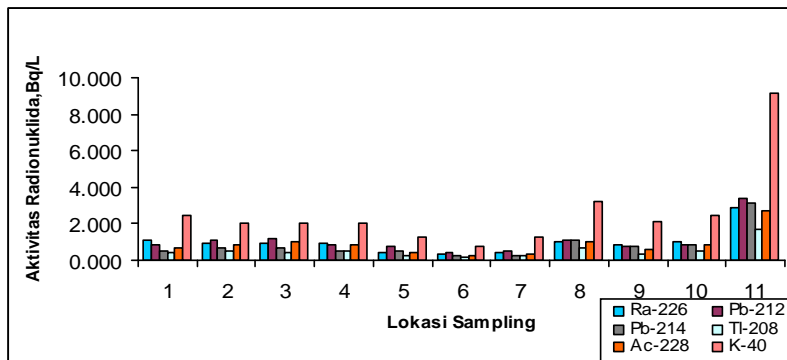
Pengambilan sampel air dan sedimen dilakukan pada 11 titik sampling dari lokasi DAS Kali Code, Yogyakarta yaitu mata air Turgo hingga Pacar. Gross gamma merupakan pencacahan radiasi gamma secara total tanpa membedakan energi gamma yang satu dengan yang lain. Pada gross gamma yang diukur adalah aktivitasnya, dimana menunjukkan jumlah peluruhan tiap satuan waktu tiap satuan volume atau berat.



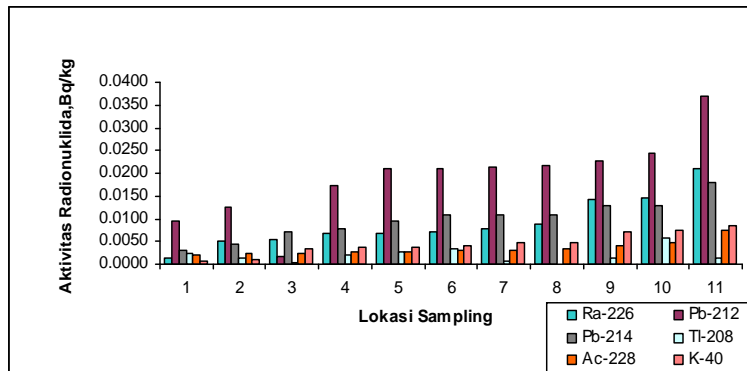
Gambar 1. Profil Gross Gamma di Perairan Kali Code



Gambar 2. Profil Gross Gamma di Sedimen Kali Code



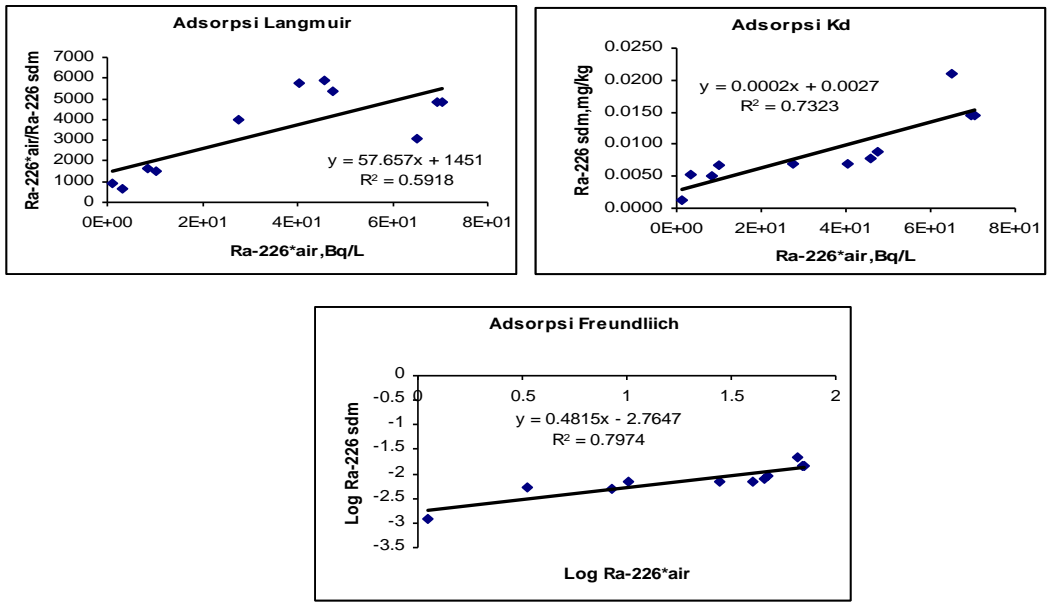
Gambar 3. Profil Radionuklida di Perairan Kali Code



Gambar 4. Profil Radionuklida di Sedimen Kali Code

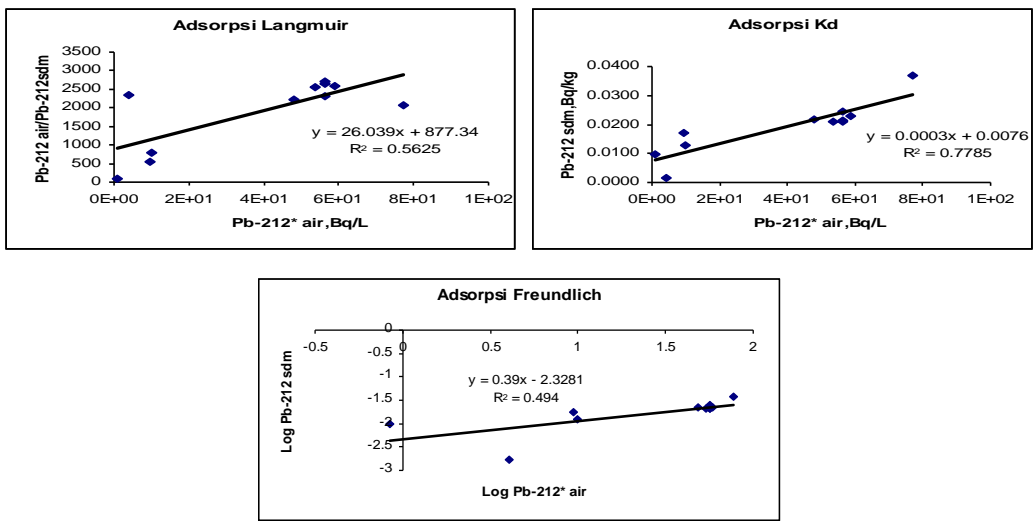
Berdasarkan data yang diperoleh dalam penelitian ini menunjukkan aktivitas radionuklida yang teramati termasuk rendah. Apabila distribusi radionuklida tersebut terjadi karena proses adsorpsi oleh sedimen di dasar sungai, maka pola distribusi radionuklida di sepanjang sungai dari lokasi pengambilan ke-1 hingga ke-11 harus memenuhi syarat model adsorpsi. Menurut Schnoor (1996), terdapat tiga model adsorpsi yang utama yaitu model partisi ( $K_D$ ), Freundlich dan Langmuir.

Berdasarkan gambar 5, proses distribusi radionuklida Ra-226 mengikuti model Freundlich. Model adsorpsi Freundlich ini terlihat dengan harga koefisien determinasi ( $R^2 = 0,7974$ ) paling besar bila dibandingkan dengan model Langmuir dan Partisi/  $K_D$ .



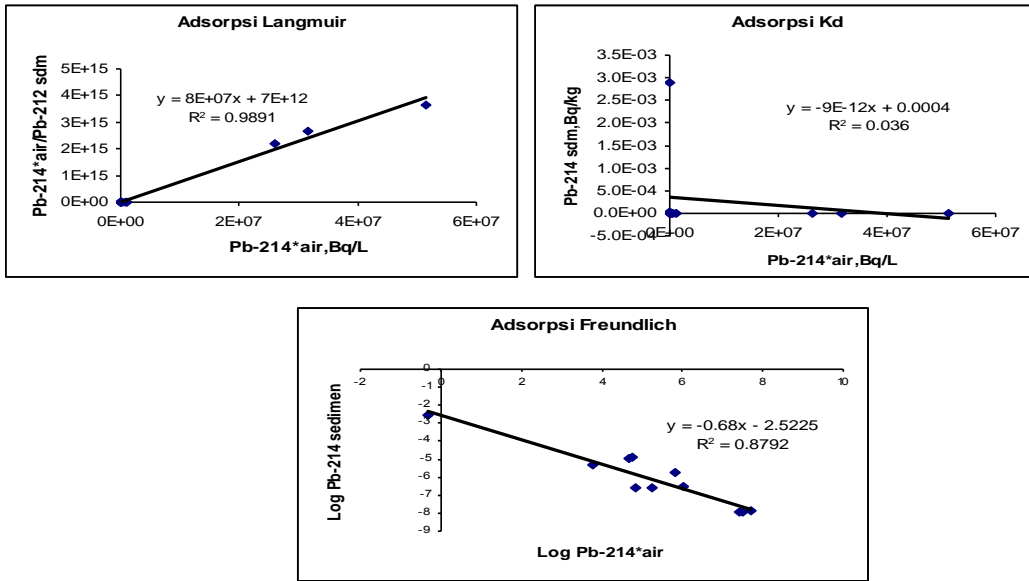
Gambar 5. Kurva Adsorpsi Langmuir,  $K_D$ , Freundlich Ra-226

Berdasarkan gambar 6, proses distribusi radionuklida Pb-212 mengikuti model Partisi. Model adsorpsi Partisi/  $K_D$  ini terlihat dengan harga koefisien determinasi ( $R^2 = 0,7785$ ) paling besar bila dibandingkan dengan model Langmuir dan Freundlich.



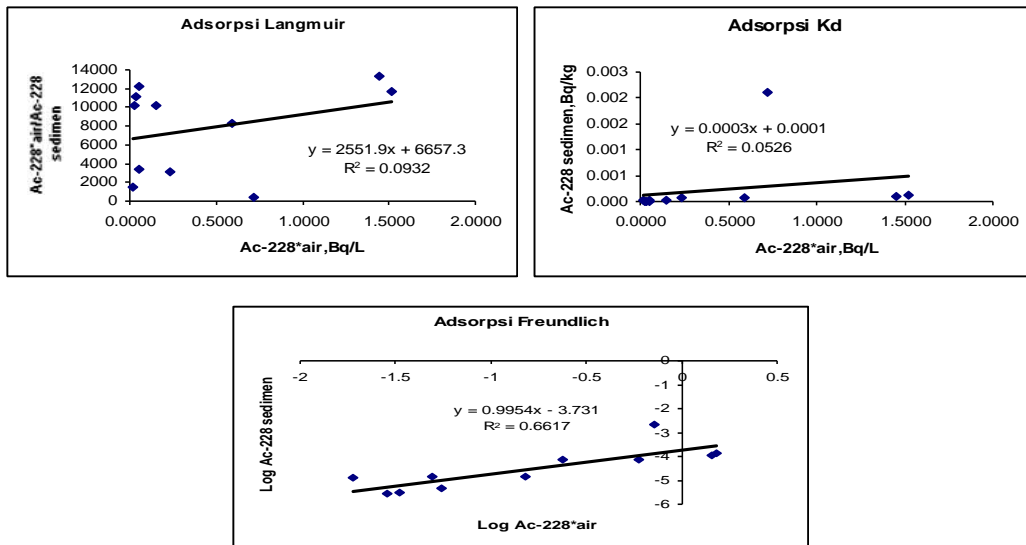
Gambar 6. Kurva Adsorpsi Langmuir,  $K_D$ , Freundlich Pb-212

Berdasarkan gambar 7, proses distribusi radionuklida Pb-214 mengikuti model adsorpsi Langmuir. Model adsorpsi ini terlihat dengan harga koefisien determinasi ( $R^2 = 0,9891$ ) yang paling besar bila dibandingkan dengan model Freundlich dan Partisi/  $K_D$ .



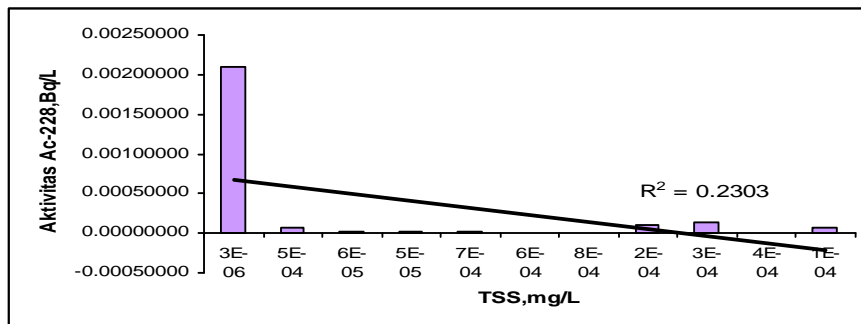
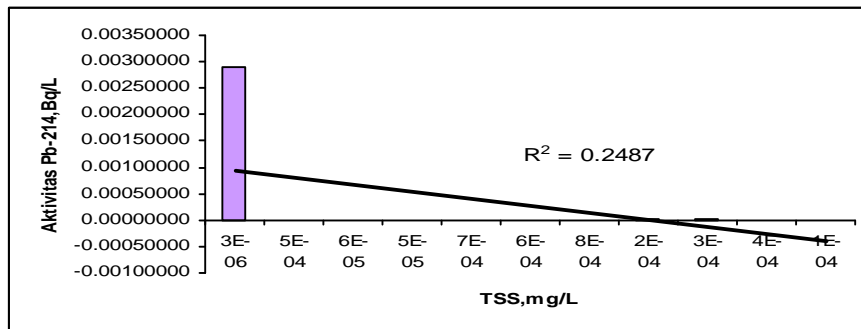
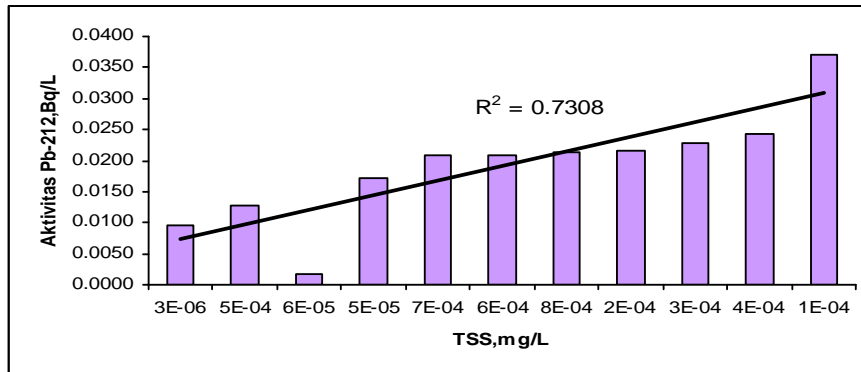
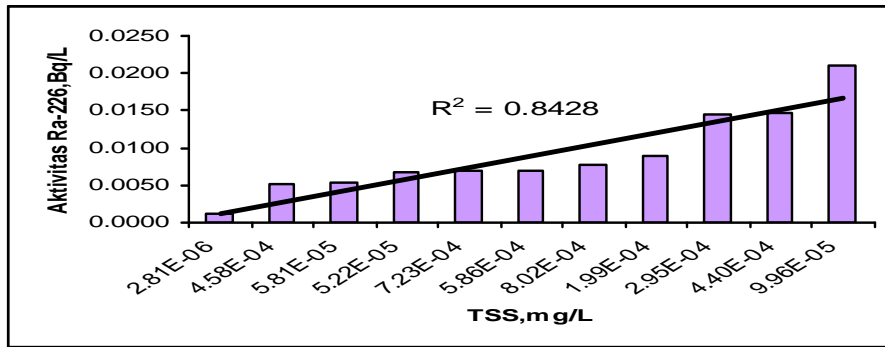
Gambar 7. Kurva Adsorpsi Langmuir,  $K_D$ , Freundlich Pb-214

Berdasarkan gambar 8, proses distribusi radionuklida Ac-228 mengikuti model adsorpsi Freundlich Model adsorpsi ini terlihat dengan harga koefisien determinasi ( $R^2 = 0,6617$ ) yang paling besar bila dibandingkan dengan model Langmuir dan Partisi/  $K_D$ .



Gambar 8. Kurva Adsorpsi Langmuir,  $K_D$ , Freundlich Ac-228

Pada gambar 9, ditampilkan kurva hubungan antara SS dengan aktivitas radionuklida Ra-226, Pb-212, Pb-214, dan Ac-228 yang terdapat di dalam sedimen.



Gambar 9. Profil SS-Aktivitas Radionuklida dalam Sedimen

Dari gambar 9 diperoleh harga koefisien determinasi ( $R^2$ ) untuk Ra-226, Pb-212, Pb-214, dan Ac-228 masing-masing sebesar 0,8428 ; 0,7308; 0,2487 dan 0,2303. Harga koefisien determinasi dari Ra-226, Pb-212, Pb-214, dan Ac-228 kurang dari 0,9, maka hubungan SS dengan keempat radionuklida tersebut tidak cukup signifikan. Akibatnya distribusi keempat radionuklida diatas ke dalam sedimen dipastikan tidak terjadi melalui media SS, tetapi langsung dari air menuju ke sedimen.

Kation-kation yang berukuran relatif besar hidratnya lemah sehingga bukan merupakan pembentuk kompleks yang baik dan kurang begitu bagus jika berikatan dengan SS karena  $R^2 < 0,9$ . Tidak adanya korelasi yang signifikan antara konsentrasi radionuklida dengan SS mengindikasikan bahwa radionuklida yang ada tidak dalam bentuk kationik melainkan dalam bentuk senyawa dengan polaritas rendah dan lebih suka berikatan dengan sedimen daripada SS.

#### IV. SIMPULAN DAN SARAN

##### SIMPULAN

Distribusi radionuklida dari air ke dalam sedimen Kali Code melibatkan adsorpsi. Ra-226 dan Ac-228 mengikuti model adsorpsi Freundlich, Pb-212 model adsorpsi partisi, dan Pb-214 model adsorpsi Langmuir. Tidak adanya korelasi yang signifikan antara konsentrasi radionuklida dan konsentrasi *suspended solid* (SS) mengindikasikan bahwa radionuklida yang ada tidak dalam bentuk kationik melainkan dalam bentuk senyawa dengan polaritas rendah. Perpindahan radionuklida Ra-226, Pb-212, Pb-214, Tl-208, Ac-228, dan K-40 dari badan air-sedimen melibatkan SS dengan nilai hubungan linear antara SS dengan konsentrasi radionuklida di sedimen  $0,6046 < R^2 < 0,7933$ .

##### SARAN

Perlu dikembangkan pemodelan yang memungkinkan estimasi langsung distribusi radionuklida yang lainnya melalui aktivitas radionuklida.

#### V. DAFTAR PUSTAKA

1. Aakrog, A, 1989, *The Radiology Impact of the Chernobyl Debris Compared with that from Nuclear Weapons Fall Out*, Journal of Environmental Radioactivity 6, p 151-162.
2. Adamson, A.W., dan Gast, A.P., 1997, *Physical Chemistry of Surface*, 6<sup>th</sup> edition, John Willey & Sons, Inc., New York.
3. Anonim 1, 2003, "*Guidance for Environmental Background Analysis*", vol.II.sediment, NFECS user guide UG-2054-ENV, Naval Facilities Engineering Command, Washington DC 20374-5065.
4. \_\_\_\_\_ 2, 2003, 2004, 2005, *Laporan Monitoring Kualitas Air*, Balai PSDA Progo,Opak, Oyo dan Code.
5. Beiser, Arthur, 2001, *Konsep Fisika Modern*, Erlangga, Jakarta, Hal 522.
6. Goegoen.C and Domini.J, 2003, Partitioning of Trace Metals between Particulate, Colloidal and Trully Dissolved Fractions in Polluted River: The Upper Vistula River (poland), *Applied Geochemistry*, vol 18, p.457-470.



7. IAEA, 2004, *Sediment Distribution Coefficient and Concentration Factors for Biota in The Marine Environment*, Technical Reports Series No. 422, Vienna, Austria.
8. Linnik.P.N, 2003, Complexation as The Most Important Factor in The Fate and Transport of Heavy Metals in The Dnier Water Bodies, *Anal.bioanal.Chem.*, 376: p.405-412.
9. Okta Elviana, 2004, *Pengukuran Radioaktivitas Gross- $\alpha$ , Gross- $\beta$ , dan Identifikasi Radionuklida Pemancar pada Sampel Air dan Sediman dari Sungai Bawah Tanah Bribin Gunung Kidul Yogyakarta*, Skripsi, FMIPA UII.
10. Oscik, J., 1982, *Adsorption*, Ellis Horwood Limited, England.
11. Rate, A.W., Robertson, A., Borg.A., 2000, Distribution of Heavy Metals in Near-Shore Sediments of The Swan River Estuary, Western Australia, *Water, Air and Soil pollution*, 124, p.155-168.
12. Schnoor.J., 1996, *Environmental modeling*, John Wiley & Son Inc, New York.
13. Taftazani A, K. T Basuki., Sumining, D. P Sasongko., Kusminarto, 1998, Faktor Distribusi dan Bioakumulasi Radionuklida Dalam Sedimen dan Kerang di Perairan Pantai Semarang, *Prosiding Semnas VII Kimia dalam Industri dan Lingkungan*.