

PENILAIAN TINGKAT KANDUNGAN RADIOAKTIVITAS SEDIMEN DAN AIR SUNGAI DI SEMARANG

Sukirno, Agus Taftazani dan Rosidi

P3TM – BATAN

ABSTRAK

PENILAIAN TINGKAT KANDUNGAN RADIOAKTIVITAS SEDIMEN, AIR SUNGAI DI SEMARANG. Telah dilakukan penelitian radioaktivitas sedimen, air sungai dari daerah Semarang. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui radioaktivitas α , β dan γ dalam sedimen, air sungai dari sungai Dam Samongan, Mangkang Kulon, Babon Tengah di daerah Semarang. Alat yang digunakan adalah alat cacah α dengan detector ZnS model PAS-8 California, alat cacah β latar rendah modifikasi P3TM BATAN Yogyakarta dengan detektor GM dan spektrometer γ buatan Ortec dengan detector Ge(Li). Hasil analisis diketahui bahwa konsentrasi radioaktivitas α , β dan γ dalam cuplikan air sungai yang terukur relatif rendah dan nilainya dibawah nilai tertinggi yang diijinkan menurut keputusan kepala BAPETEN Nomor 02/Ka.BAPETEN/V-99. Uji statistik menggunakan metoda analisis varians model desain acak sempurna antar variabel bebas lokasi sungai dan jenis indikator terhadap variabel terikat konsentrasi gross α dan β , secara statistik ditunjukkan terdapat beda tidak secara nyata pada pengujian statistik dengan taraf signifikansi $\alpha_{0,05}$.

ABSTRACT

EVALUATION OF RADIOACTIVITY SEDIMENT, RIVER WATER IN SEMARANG. Radioactivity in sediment river water in Semarang area has been studied. This research was carried out to know each the radioactivity of river of Dam Samongan, Mangkang Kulon, Babon Tengah in Semarang. The instruments used for the analysis radioactivity were α counter with detector ZnS model of PAS-8 California, low level β counter modified P3TM BATAN Yogyakarta with detector GM, and spectrometer γ with detector Ge(Li). The results show that the concentrations of radioactivity of α , β and γ analysis were very low and the values are far below the limit of maximum permissible concentration according the BAPETEN No 02/Ka.BAPETEN/V-99. Statistic test used variance analysis method of completely randomized design model between variable the river and kind of indicators to gross of α and β concentration was shown by coefficient showed found difference isn't significant with test of level significance $\alpha_{0,05}$.

PENDAHULUAN

Banyak radionuklida alamiah terdapat disemua bagian lingkungan alam dan mengakibatkan suatu latar radioaktif. Menurut WISNUBROTO (1) dan IAEA (2) radioaktif ini tersebar secara merata diseluruh lingkungan, sehingga radioaktivitas tersebut tidak mempunyai kadar yang tinggi di suatu daerah tertentu. Sebagai tambahan radiasi kosmik dapat mengakibatkan produksi radionuklida yang dapat bertambah ke latar. Untuk itu diperlukan identifikasi kualitas lingkungan berupa kajian radionuklida pada suatu ekosistem yang berkaitan dengan radioaktivitas gross α , β dan identifikasi radionuklida pemancar γ alam maupun buatan dalam komponen penyusun ekosistem, terutama ekosistem pada perairan daratan dan lautan. Pengambilan cuplikan

lingkungan berupa air dan sedimen sungai di daerah Semarang yang banyak memiliki aktivitas atau kegiatan industri.

Unsur-unsur radioaktif yang sudah ada di alam yang terkonsentrasi di akhir proses suatu industri disebut NORM (*Naturally Occurring Radioactive Materials*). Mekanisme pembentukan NORM pada setiap industri berbeda-beda tergantung pada jenis kegiatan tersebut. Menurut WISNUBROTO (1) di Indonesia terdapat beberapa industri yang berpotensi menghasilkan NORM. Terdapat 9 jenis sektor industri non nuklir yang sering menjadi bahan studi yaitu, industri fosfat, pupuk fosfat dan kalium karbonat, produksi minyak dan gas, pengolahan air bersih, produksi energi geotermal, industri kertas dan pulp, dan *scrap metal*. Hasil instalasi pengolahan limbah di

industri tersebut pada umumnya masih mengandung NORM yang pada umumnya dibuang ke lingkungan sungai.

Pemilihan perairan sungai didasarkan karena sungai dikenal sebagai perairan yang terbuka, yang berarti sungai dipengaruhi oleh keadaan lingkungan sekitarnya, sehingga sungai merupakan tempat bahan buangan limbah industri dalam bentuk cairan maupun padat, yang berupa padatan kasar maupun dalam padatan halus.

Keterangan IAEA (2) dan menurut SUKIRNO dkk (3) sumber-sumber radiasi yang berasal dari alam memberikan sumbangan paparan radiasi terbesar pada kehidupan manusia. Menurut HISWARA (4) lebih dari 85 % dosis rata-rata efektif yang diterima manusia, radiasi dari radionuklida alam. Sumber radiasi alam tersebut meliputi sumber yang berasal dari kosmik yaitu hasil dari interaksi sinar kosmik dengan atom-atom di atmosfer, ini disebut radionuklida kosmogenik, dan sumber radiasi alam lainnya adalah deret uranium, deret thorium, deret actinium dan hasil anak luruhnya serta K-40, radionuklida ini disebut radionuklida primordial yang sudah ada sejak terbentuknya alam semesta.

Menurut SUDJANA (5) untuk analisis data yang diperoleh digunakan uji analisis varians (anova) desain randomisasi lengkap digunakan untuk menguji variabel lokasi sungai terhadap kandungan radioaktivitas gross α dan β yang terdapat di lingkungan sungai. Analisis varians pada dasarnya tidak lain dari teknik matematik untuk memisahkan komponen-komponen variasi dalam suatu set hasil penelitian.

Tujuan penelitian ini adalah diperoleh gambaran tentang NORM yang bersumber dari kandungan radionuklida alam, tingkat pancaran radiasi alpha, beta dan gamma di lingkungan sekitar sungai di daerah Semarang. Dan untuk mengetahui apakah sumber radiaktivitas bersumber dari buangan limbah industri pabrik disekitar sungai, yang memakai bahan alam.

TATA KERJA

Bahan

Cuplikan air, sedimen sungai, standar *sediment reference material IAEA 315*, dan sumber pemancar multi gamma Eu-152, Sr-90 dan Am-240, HNO₃, aquabidest.

Alat

Alat cacah α dan β , seperangkat sepektrometer gamma dengan detektor Ge(Li), timbangan Analitik Ohaus-GT 410, ayakan Karl Colb 100 mesh, agat porselin, lumpang tahan karat, cawan, pemanas lampu, kompor listrik wadah cuplikan berlabel.

Cara Kerja

Sampling

Cuplikan air dan sedimen sungai diambil di Semarang (17 April 2003). Air sungai (Samongan, Babon Tengah dan Mangkang Kolon) diambil 2 x 5 liter kemudian diteteskan 5 ml HNO₃, sedimen basah diambil sekitar 5 kg, pengambilan cuplikan di 2 tempat.

Preparasi

Masing-masing air sungai diuapkan dalam cawan sampai volume air menjadi 40 ml dari 2 liter yang diuapkan atau pengecilan volume 50 X. Residu air dimasukan dalam wadah pencacahan kemudian digunakan untuk pengukuran radioaktivitas dan identifikasi radionuklida pemancar gamma. Pencacahan dilakukan dengan menggunakan Maestro II EG&G spektrometer gamma Ortec dengan detektor Ge(Li), dengan waktu cacah 7.200 detik Residu air tersebut setelah selesai pencacahan pemancar gamma digunakan untuk pengukuran radioaktivitas alpha dan beta. Residu air dimasukan dalam planset dan diuapkan kembali sampai air dalam planset teruapkan semua. Kemudian dilakukan pencacahan radioaktivitas gross α dengan menggunakan alat cacah α dengan detektor ZnS, dan pencacahan gross β menggunakan alat cacah β dengan detektor Geiger Muller (GM). Pencacahan dilakukan masing-masing 1.000 detik untuk setiap cuplikan.

Sedimen dibersihkan dari kotoran kemudian dikeringkan dalam udara terbuka. Sedimen yang telah kering ditumbuk dalam lumpang tahan karat dan disaring kemudian diserbasamakan dan dimasukkan dalam tempat yang bebas kontaminasi dan berlabel. Untuk keperluan identifikasi radionuklida diperlukan sedimen 100 gram dalam wadah pencacahan, sedangkan radioaktivitas pencacahan gross α dan gross β diperlukan sedimen 0,2 gram dalam planset.

Persamaan untuk pengukuran gross α dan β

Aktivitas α dan β cuplikan dihitung dengan cara kalibrasi, yakni menggunakan persamaan

dan standar deviasi dengan tingkat signifikan 95%.^[2] Pencacahan gross α dan gross β menggunakan

$$A_{\alpha} = \frac{C_{t\alpha} - C_{b\alpha}}{(60 \cdot E \cdot L) 1,96 \cdot S} \quad (1)$$

$$A_{\beta} = \frac{C_{t\beta} - C_{b\beta}}{(60 \cdot E \cdot L)} \quad (2)$$

dengan

- A_{α}, A_{β} = aktivitas gross α dan β Bq/kg
 $C_{t\alpha}, C_{t\beta}$ = laju cacah gross α dan β (cps)
 $C_{b\alpha}, C_{b\beta}$ = laju cacah latar gross α dan β (cps)
 L = ukuran cuplikan (kg) dan
 S = standar deviasi

Identifikasi radionuklida dalam cuplikan

Pengukuran cuplikan dilakukan pada kondisi alat yang tepat sama dengan kondisi kalibrasi. Puncak puncak spektrum γ radionuklida dengan mengetahui tenaganya, menggunakan tabel isotop yang ditabelkan oleh ERDTMANN dkk (6) dapat diperoleh radionuklida yang diinginkan.

Analisis kuantitatif dalam spektrometer gamma membutuhkan kalibrasi efisiensi. Oleh sebab itu dalam deteksi radiasi dikenal istilah laju cacah dan aktivitas. Maka efisiensi dihitung dengan persamaan (3), menggunakan multi gamma eksitasi Eu-152, sebagai berikut^[2,3].

$$E = \frac{\text{cps}}{\text{dps}} \cdot 100 \% \quad (3)$$

dengan

- cps = cacah per sekon merupakan cacah net setiap detiknya
 dps = disintegrasi per sekon, merupakan aktivitas standar
 E = efisiensi (%) alat yang digunakan

Untuk mengukur radioaktivitas γ dengan menggunakan persamaan (4) sebagai berikut^[3,6].

$$A = \frac{N}{E \cdot P_{\gamma} \cdot W} \quad (4)$$

dengan

- A = aktivitas radionuklida yang diperhatikan (Bq/kg)
 W = berat (kg) cuplikan
 N = hasil pencacahan (cps)
 P_{γ} = probabilitas isotopik (%)
 E = efisiensi (%)

HASIL DAN PEMBAHASAN

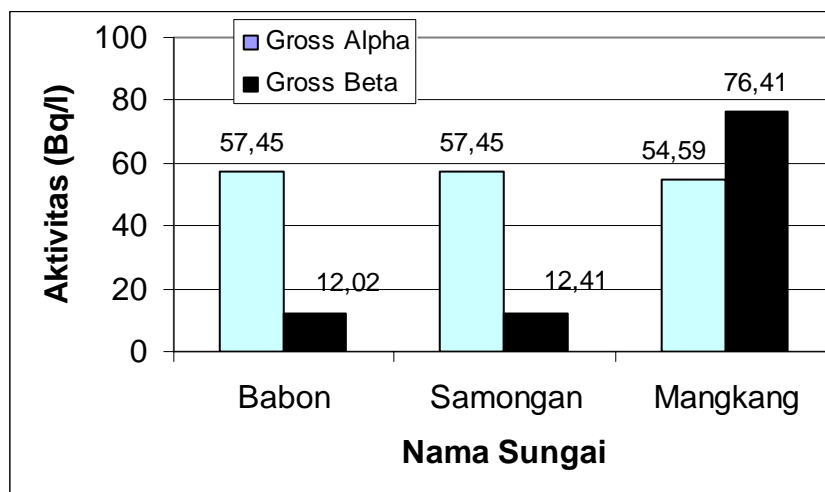
Dalam kajian ini diungkapkan tentang radiasi yang berhubungan dengan adanya pancaran radiasi dari alam yang mungkin dapat memberikan dampak atau gangguan pada masyarakat sekitar. Hasil kajian memberikan informasi bahwa tingkat pancaran radiasi alam sekitar sungai Samongan, Babon Tengah dan Mangkang Kolon masih rendah dan merupakan latar belakang. Hasil aktivitas disajikan pada gambar perbandingan histogram 1, 2, 3 dan 4.

Pada Gambar 1, terlihat histogram gross alpha dan beta atau dapat dilihat pada Tabel 1, dalam sedimen sungai Babon, Samongan dan Mangkang. Pengukuran aktivitas gross α dan β menggunakan persamaan (1) dan (2), terlihat bahwa aktivitas gross α , setiap sungai mempunyai aktivitas yang hampir sama, dan pada umumnya konsentrasi aktivitas tampak lebih besar daripada gross β , kecuali pada sungai Mangkang yang gross β lebih besar.

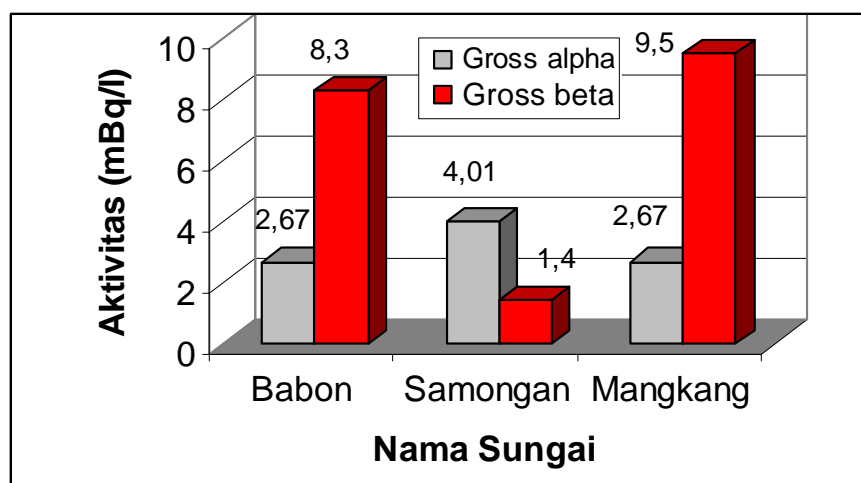
Hasil pemantauan radioaktivitas gross α dan β dalam air sungai disajikan pada Gambar 2, terlihat histogram gross alpha dan beta dalam air sungai Babon, Samongan dan Mangkang bahwa aktivitas gross α , mempunyai aktivitas lebih kecil daripada aktivitas gross β untuk air sungai Babon dan Mangkang.

Radioaktivitas α dan β yang terdapat dalam air sungai ini bila dibandingkan dengan aktivitas yang terdapat dalam sedimen dengan sungai yang sama sangat signifikan. Misalnya untuk sungai Mangkang radioaktivitas gross α adalah 0,002 Bq/l atau 2,0 mBq/l pada air dan 54,6 Bq/kg pada sedimen, sekitar 20.000 kali lipat lebih besar aktivitas pada sedimen.

Pada Gambar 2, atau dapat dilihat pada Tabel 1, radioaktivitas yang terukur keseluruhannya untuk gross α aktivitasnya sekitar 2,0–4,0 mBq/l dan aktivitas gross β adalah sekitar 1,0–9,0 mBq/l. Hasil pengukuran aktivitas gross α dan β ini masih dibawah ambang batas menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 51 Tahun 2004, yaitu 4.000 mBq/l untuk radionuklida komposisi yang tidak diketahui, atau untuk gross α dan β .^[7] Hal ini menunjukkan kondisi sungai Babon, Samongan dan Mangkang dari aspek radioekologi untuk gross α dan β bisa dikatakan belum tercemar, karena masih dibawah ambang batas yang diijinkan dan merupakan aktivitas latar belakang.



Gambar 1. Histogram aktivitas gross alpha dan beta dalam sedimen sungai



Gambar 2. Histogram aktivitas gross alpha dan beta dalam air sungai

Untuk menguji apakah gross α dan β yang terdapat mempunyai perbedaan yang signifikan di setiap sungai, untuk mengetahui perbedaan tersebut dapat dilakukan pengujian hipotesis statistik. Uji statistik menggunakan metoda analisis varians desain acak sempurna. Berdasarkan uji hipotesis bahwa radioaktivitas α

dan β yang diamati mempunyai beda tidak secara nyata, ini menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan nyata diantara aktivitas gross α dan β untuk setiap variabel lokasi pengambilan cuplikan pada ketiga sungai yang diperhatikan.

Tabel 1. Hasil Analisis aktivitas gross α dan β pada air dan sediment sungai

Aktivitas rerata (Bq/l) atau (Bq/kg)					
Babon		Samongan		Mangkang	
Air	Sedimen	Air	Sedimen	Air	Sedimen
α		α		α	
0,00267	57,45	0,00401	57,45	0,00267	54,69
β		β		β	
0,0083	12,02	0,0014	12,41	0,0095	76,41

Setelah dilakukan analisis aktivitas rerata gross α dan β yang disajikan pada Tabel 1, dilanjutkan pembuatan tabel analisis varians. Pada Tabel 2 setelah melalui perhitungan, terlihat bahwa nilai kuadrat-kuadrat (JK) untuk rerata aktivitas gross α (R_y), jumlah kuadrat-kuadrat antar perlakuan (M_y) dan dalam perlakuan (E_y). Derajat kebebasan (DK) rerata, antar perlakuan dan dalam perlakuan masing-masing adalah 1, 2 dan 6. Daftar analisis varians model desain acak sempurna berlaku pada gross α dan β dapat dilihat pada Tabel 3, 4 dan 5..

Perbedaan tidak nyata berdasarkan perhitungan statistik dari nilai F yaitu perbandingan antara antar perlakuan terhadap dalam perlakuan, dimana nilai F perhitungan lebih kecil daripada nilai F statistik dengan pengambilan taraf signifikansi $\alpha = 0,05$ dengan nilai 5,14 sedangkan dari perhitungan nilai F berturut-turut adalah 1,50; 1,58; 0,002 dan 0,168 yang disajikan pada Tabel 2 sampai dengan Tabel 5. Sehingga aktivitas gross α yang untuk ketiga sungai hampir sama dan begitu juga aktivitas gross β , baik air sungai maupun dalam sedimen.

Tabel 2. Daftar analisis varians model desain acak sempurna berlaku pada gross α dalam air sungai.

Sumber variasi	DK	JK	KT = JK/DK	F	
				Perhitungan	Tabel
Rerata	1	$R_y = 8,74.10^{-5}$	$8,74.10^{-5}$	1,50	5,14
Antar Perlakuan	2	$M_y = 3,64.10^{-6}$	$1,82.10^{-5}$		
Dalam Perlakuan	6	$E_y = 7,282.10^{-4}$	$0,1213.10^{-4}$		
Jumlah	9	$8.166.10^{-4}$			

Tabel 3. Daftar analisis varians model desain acak sempurna berlaku pada gross α dalam air sungai

Sumber variasi	DK	JK	KT = JK/DK	F	
				Perhitungan	Tabel
Rerata	1	$9,734.10^{-4}$	$9,734.10^{-4}$	0,158	5,14
Antar Perlakuan	2	$4,275.10^{-5}$	$2,137.10^{-5}$		
Dalam Perlakuan	6	$8,094.10^{-2}$	$1,349.10^{-2}$		
Jumlah	9	$9,449.10^{-2}$			

Tabel 4. Daftar analisis varians model desain acak sempurna berlaku pada gross α dalam sedimen

Sumber variasi	DK	JK	KT = JK/DK	F	
				Perhitungan	Tabel
Rerata	1	3.189,9	3.189,9	0,002	5,14
Antar Perlakuan	2	1,9	0,9		
Dalam Perlakuan	6	25.534,9	4.255,9		
Jumlah	9	28.726,7			

Tabel 5. Daftar analisis varians model desain acak sempurna berlaku pada gross β dalam sedimen

Sumber variasi	DK	JK	KT = JK/DK	F	
				Perhitungan	Tabel
Rerata	1	1.129,63	1.129,63	0,168	5,14
Antar Perlakuan	2	915,89	457,95		
Dalam Perlakuan	6	16.364,66	2.727,44		
Jumlah	9	18.410,18			

Pada Gambar 3 dan Gambar 4 ditampilkan radionuklida alam yang terdapat dalam air sungai dan sedimen. Ada 7 radionuklida yang terdeteksi dalam sedimen sedangkan dalam air sungai ada 6 radionuklida yang tidak terdeteksi adalah radionuklida Ac-228 pada air sungai Samongan dan Babon. Radionuklida K-40 merupakan konsentrasi terbesar yaitu 85,4 mBq/l yang

terkandung dalam air sungai Babon. Radionuklida yang terdeteksi ada 7 radionuklida alam yaitu Pb-210, Ra-226, Pb-212, Pb-214, Tl-206, Ac-228 dan K-40. Radionuklida K-40 merupakan radionuklida yang konsentrasi aktivitasnya yang tertinggi disetiap sungai baik dalam air maupun sedimen sungai..

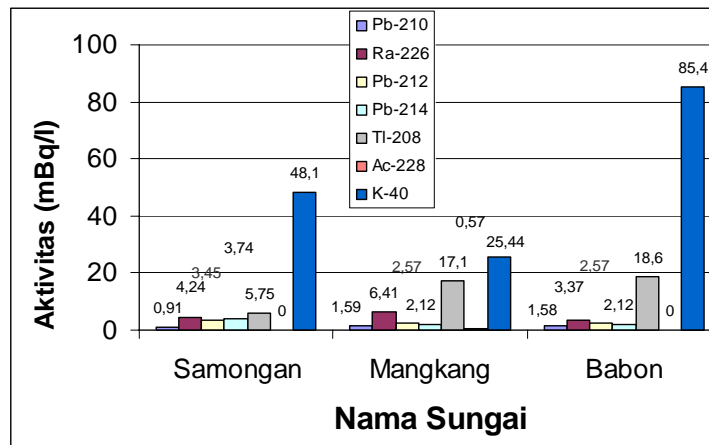
Hasil rerata pengukuran konsentrasi aktivitas radionuklida yang disajikan pada Tabel 6, dalam air sungai yang teridentifikasi masih dibawah konsentrasi tertinggi diijinkan (KTD) menurut keputusan, SK Kepala BAPETEN No 02/Ka BAPETEN/V-99.^[8] Hal ini menunjukkan bahwa secara radiologis air sungai Mangkang, Bobon dan Samongan di sekitar kota Semarang masih dibawah ambang batas yang diperkenankan, sehingga radioaktivitas γ yang tersajikan merupakan kondisi latar disekitar pengambilan cuplikan.

Lingkungan sungai pada pengambilan cuplikan untuk air maupun sedimen belum tercemari oleh zat radioaktif hasil buangan industri yang menggunakan bahan alam. Zat radioaktif terukur merupakan zat radioaktif yang sudah ada di alam sehingga belum tercemari oleh buangan limbah diakhir proses suatu industri yang disebut NORM (*Naturally Occurring*

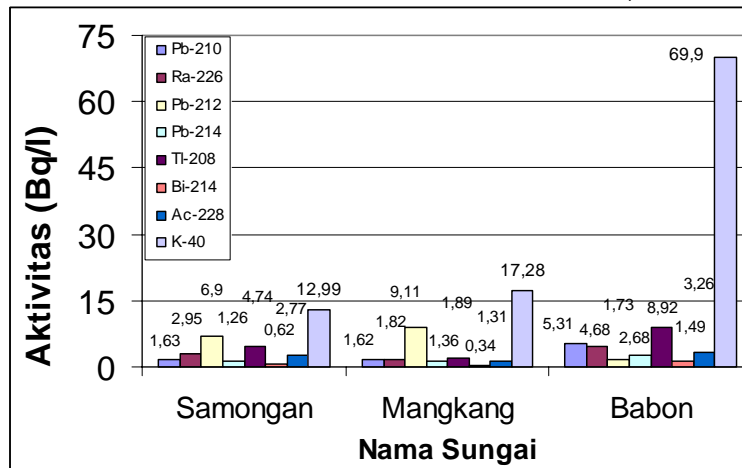
Radioactive Materials), untuk keseluruhan radioaktivitas α , β dan radionuklida pemancar γ .

Tabel 6. Hasil pengukuran radioaktivitas γ dalam air sungai dan konsentrasi tertinggi yang diijinkan (KTD) Bq/L.

Radionuklida	Aktivitas γ (Bq/L)	
	Terukur	KTD
Pb-210	0,00159	4
Ra-226	0,00641	40
Pb-212	0,00257	700
Pb-214	0,00221	700
Tl-208	0,01710	3.000
Ac-228	0,00057	3.000
K-40	0,02544	10.000



Gambar 3. Histogram aktivitas radionuklida alam pemancar γ dalam air sungai



Gambar 3. Histogram aktivitas radionuklida alam pemancar γ dalam sedimen sungai

KESIMPULAN

1. Radioaktivitas yang terukur pada sungai Babon, Samongan dan Makang untuk gross α aktivitasnya sekitar 0,002–0,004 Bq/l dan gross β adalah sekitar 0,001-0,009 Bq/l. Hasil pengukuran ini masih dibawah ambang batas menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 51 Tahun 2004, yaitu 4,0 gross α dan gross β .
2. Radionuklida pemancar γ yang terdeteksi ada 7 yaitu Pb-210, Ra-226, Pb-212, Pb-214, Tl-206, Ac-228 dan K-40. Radionuklida K-40 merupakan radionuklida yang konsentrasi aktivitasnya yang tertinggi disetiap sungai baik dalam air maupun sedimen sungai. Hasil rerata pengukuran aktivitas radionuklida alam dalam air sungai yang teridentifikasi masih dibawah konsentrasi tertinggi diijinkan menurut keputusan, SK Kepala BAPETEN No 02/Ka BAPETEN/V-99.
3. Berdasarkan uji hipotesis bahwa radioaktivitas α dan β menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan nyata diantara aktivitas gross α untuk setiap lokasi dan juga gross β , berdasar nilai F perhitungan lebih kecil nilai F statistik dengan pengambilan taraf signifikansi $\alpha = 0,05$.

DAFTAR PUSTAKA

1. WISNUBROTO. D.S. 'Pengolahan Limbah NORM/TENORM Dari Kegiatan Industri No Nuklir'. Prossiding Seminar Aspek Keselamatan Radiasi dan Lingkungan Pada Industri Non Nuklir. Jakarta (2003)
2. IAEA., Measurement of Radionuclides in Food and The Environment., A Guide Book., Tech Rep Ser No 295, IAEA, Vienna 1989
3. SUKIRNO. AGUS. T., MUZAKKY., "Identifikasi Radioaktivitas Pemancar Gamma di Daerah Pantai Lemahabang Muria Dengan Spektrometri Gamma". Prossiding., PPI P3TM BATAN, Yogyakarta (2003)
4. HISWARA, E., Analysis Technique of Environment Radioactivity Samples. BATAN-JAERI Training course on Radiation Measurement and Nuclear Spectroscopy. Jakarta 1998
5. SUDJANA., Desain dan analisis eksperimen. Edisi III. Penerbit Tarsito. Bandung (1989).

6. ERDTMANN, G., AND SOYKA. E., The Gamma Rays of the Radionuclides., New York 1979.
7. SUSETYO. W., "Spektrometri Gamma Dan Penerapannya Dalam Analisis Pengaktifan Neutron.", Gadjah Mada University Press. 1988
8. ANONIM. Keputusan Menti Negara Lingkungan Hidup. Nomor 51 Tahun 2004. Jakarta (2004).
9. ANONIM. Keputrusan Kepala BAPETEN No02/KA/BAPETEN/V-99. Jakarta (1999)

TANYA JAWAB**Zainul Kamal**

- *Mengapa dipilih sedimen?*
- *Apa maksud penggunaan varian desain acak sempurna?*

Sukirno

- Sedimen pada umumnya dipakai salah satu cuplikan lingkungan untuk diketahui kandungan radioaktivitasnya dalam sungai, selain sedimen tentunya air sungai dan juga biota yang ada dalam aliran sungai tersebut.
- Penggunaan varian desain acak sempurna ini merupakan uji hipotesa statistik untuk mengetahui apakah ada beda yang signifikan kandungan radioaktivitas alpha dan beta di ketiga sungai yang dianalisis.

Supriyanto C.

- *Mengapa aktivitas gross alpha dan beta di sedimen lebih besar di air?*
- *Berapa batas ambang aktivitas gross alpha dan beta di sedimen?*

Sukirno

- Pada sedimen aktivitasnya lebih besar dari pada air, sebab pada sedimen terjadi akumulasi radioaktivitas setiap saat dan pada sedimen memang sudah ada radionuklida sejak terbentuknya sedimen tersebut, sedangkan pada air disebabkan ada radioaktivitas/radionuklida alam yang terlarut dari alam sekitar.
- Batas ambang yang diijinkan untuk aktivitas gross alpha dan beta ada 4 Bq/L untuk air, sedangkan untuk sedimen selama ini belum ada batas ambangnya.