

## TINGKAT KANDUNGAN UNSUR RADIOAKTIF AIR SUNGAI AYUNG DI DENPASAR BALI

Dewa Nyoman Alit Ardana<sup>1)</sup> I Wayan Budiarsa Suyasa<sup>1)</sup> I Ketut Sundra<sup>2)</sup>

1) Jurusan Kimia FMIPA Unud

2) Jurusan Biologi FMIPA Unud

### ABSTRACT

Ayung river is one of the longest rivers in Bali. The upstream of the river is in regency of Bangli, Badung, Buleleng, Tabanan and downstream is located in Padang Galak beach, East Denpasar Sub-regency. As the sample of the study, the water of the river was taken from the stream entering the city of Denpasar. The sample was taken in five different points and for each point was taken twice. The first was taken at 5 p.m, and the second was at 6 a.m. This study aims at finding out the rate of radioactive content of Ayung river water in the city of Denpasar.

The water sample was analyzed in Radiometry Analysis Group of Radiation Physics and environmental research centre and Nuclear Technique Development, Jalan Taman Sari 71 Bandung – 40132. The process of counting was conducted in this place in order to know the rate of the element activities and then identification of elements contents in the sample. The result of the counting and identifying was compared with standard grade of radioactivity in the area.

The element of identification result and the amount of activity rate found showed that the element were natural radioactive elements, the content:  $^{40}\text{K}$  (Kalium-40),  $^{234}\text{Th}$  (Thorium-234),  $^{233}\text{Th}$  (Thorium-233),  $^{228}\text{Ac}$  (Actinium-288),  $^{114\text{m}}\text{In}$  (Indium-114m). The highest activity of radioactive elements in each sample point: in  $E_2$  point content element  $^{40}\text{K}$  with the activity 2.08 Bq/l, in point  $A_1$   $^{234}\text{Th}$  with the activity 16.34 Bq/l, in point  $E_1$  contains  $^{233}\text{Th}$  with activity 598.29 Bq/l, in point  $E_1$  and  $E_2$  contain  $^{228}\text{Ac}$  with the activity 939.63 Bq/l. The height of activity value of the counting and identifying elements was still under the rate of the highest level.

The result of the study showed that radioactive elements  $^{40}\text{K}$  had the tendency of increasing radioactivity. The same thing happened to  $^{233}\text{Th}$  at the peak of energi 185.00 keV. The content of its radioactive tends to exist in each point of sample point and the activity tends to increase. Though the rate of radioactivity content was still under the highest permitted level ( $1 \times 10^4$  Bq/l for  $^{40}\text{K}$  and  $7 \times 10^2$  for  $^{233}\text{Th}$ ) but the case needs to be watched out that the dangerous grade pollution would take place.

Key word: River water, radioactive, content rate

### ABSTRAK

Sungai Ayung merupakan salah satu sungai yang terpanjang di Pulau Bali. Hulu sungai Ayung berada di Kabupaten Bangli, Badung, Buleleng, Tabanan dan hilir terletak di Pantai Padang Galak wilayah Kecamatan Denpasar Timur. Air sungai Ayung sebagai sampel diambil mulai dari aliran sungai Ayung memasuki kota Denpasar. Pengambilan sampel dilakukan di lima (5) titik yang berbeda dengan pengambilan masing-masing dua kali. Pertama diambil pada sore hari pukul 17.00 Wita dan kedua diambil pada pagi hari pukul 06.00 Wita. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kandungan unsur radioaktif air sungai Ayung di Kota Denpasar.

Sampel air sungai Ayung dianalisis di Kelompok Analisis Radiometri Bidang Fisika Radiasi dan Lingkungan Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknik Nuklir (BATAN), Jalan Taman Sari Nomor 71 Bandung – 40132. Di tempat ini dilakukan pencacahan untuk mengetahui besarnya aktivitas unsur-unsur dan kemudian dilakukan identifikasi unsur-unsur yang terdapat dalam sampel. Hasil pencacahan dan identifikasi unsur-unsur ini dibandingkan dengan baku tingkat radioaktivitas di lingkungan.

Unsur-unsur hasil identifikasi dan besarnya harga aktivitas yang diketahui menunjukkan bahwa unsur-unsur tersebut merupakan unsur-unsur radioaktif alam, kandungannya yaitu;  $^{40}\text{K}$  (Kalium-40),  $^{234}\text{Th}$  (Thorium-234),  $^{233}\text{Th}$  (Thorium-233),  $^{228}\text{Ac}$  (Actinium-228),  $^{114\text{m}}\text{In}$  (Indium-114m). Aktivitas unsur radioaktif paling tinggi di setiap titik sample adalah : di titik  $E_2$  mengandung unsur  $^{40}\text{K}$  dengan aktivitas sebesar 2,08 Bq/l, di titik  $A_1$  mengandung  $^{234}\text{Th}$  dengan aktivitas sebesar 16,34 Bq/l, di titik  $E_1$  mengandung unsur  $^{233}\text{Th}$  dengan aktivitas sebesar 598,29 Bq/l, di titik  $E_1$ ,  $E_2$  mengandung unsur  $^{228}\text{Ac}$  dengan aktivitas sebesar 939,63 Bq/l. Tingginya harga aktivitas unsur hasil pencacahan dan identifikasi tersebut masih di bawah kadar tertinggi yang diizinkan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa unsur radioaktif  $^{40}\text{K}$  memiliki kecenderungan aktivitas radioaktifnya meningkat. Hal yang sama untuk bahan radioaktif  $^{233}\text{Th}$  pada puncak energi 185,00 keV. Kandungan unsur radioaktifnya kecenderungannya muncul di setiap titik pengambilan sampel dan terjadi peningkatan aktivitas. Walaupun kadar kandungan radioaktifnya masih dibawah kadar tertinggi yang

diizinkan (yaitu  $1 \times 10^4$  Bq/lit untuk  $^{40}\text{K}$  dan  $7 \times 10^2$  untuk  $^{233}\text{Th}$ ) tetapi hal ini perlu diwaspadai terjadinya pencemaran ke tingkat yang membahayakan.

Kata kunci : air sungai, radioaktif, tingkat kandungan

## PENDAHULUAN

Salah satu fungsi lingkungan sungai yang utama bagi hajat hidup orang banyak adalah sebagai sumber air untuk pengairan lahan pertanian dan untuk memenuhi kebutuhan air bersih, baik untuk keperluan rumah tangga maupun untuk kegiatan sektor ekonomi. Sungai selain sebagai sumber air, juga secara tidak langsung sebagai tempat pembuangan limbah baik limbah industri, rumah tangga maupun pertanian. Akibatnya, terjadi penurunan kualitas air sungai yang akan berdampak luas kepada masyarakat. Dampak tersebut tidak hanya dialami masyarakat sepanjang sungai, tetapi juga sampai ke daerah muara sepanjang pesisir yang berdampak pada kehidupan biota di laut dan akhirnya berpengaruh penting terhadap kualitas hidup masyarakat (Pikiran Rakyat, 10 Juli 2003).

Saat ini penurunan kualitas air sungai di beberapa tempat di Indonesia sudah mencapai tingkat mengkhawatirkan. Khususnya sungai Ayung yang saat ini beban pencemar semakin meningkat dari tahun ke tahun, seiring perkembangan pemenuhan kebutuhan hidup. Hal ini sangat berpengaruh terhadap kelestarian dan terganggunya lingkungan di sekitarnya. Terutama masalah memburuknya kualitas air sungai tersebut semakin dirasakan pada musim kemarau ketika kuantitas (debit) air sungai berkurang (Pikiran Rakyat, 10 Juli 2003).

Kelestarian sumberdaya air mengancam ketersediaan air bersih akan mengancam kehidupan biota dan berdampak pada manusia sehingga menjadi ancaman pada peningkatan pembangunan dalam kesejahteraan masyarakat. Peningkatan jumlah dan kesejahteraan penduduk serta peningkatan kegiatan pembangunan ekonomi selain menyebabkan peningkatan kebutuhan air bersih, juga menimbulkan potensi peningkatan beban pencemaran ke dalam sungai apabila tidak ada upaya menurunkan beban pencemaran buangan limbahnya terutama beberapa limbah berupa logam berat yang bersifat *Radioaktif* (zat yang berbahaya bagi tubuh makhluk hidup).

Secara alamiah radioaktivitas sudah ada sejak terbentuknya bumi ini. Bertambahnya radioaktivitas lingkungan disebabkan oleh kegiatan industri dan buangan limbah industri. Di masyarakat yang semakin maju, bahan limbah radioaktif layak semakin diwaspadai. Di mana zat radioaktif dapat menyebabkan berbagai macam kerusakan biologis. Pencemaran air sungai perlu dikendalikan seiring dengan pelaksanaan pembangunan agar fungsi sungai dapat dilestarikan untuk tetap mampu memenuhi hajat hidup orang banyak dan mendukung pembangunan secara berkelanjutan. Landasan tersebut mendasari pentingnya evaluasi dan kontrol bahan radioaktif di sungai Ayung.

Sungai Ayung merupakan sungai yang melintasi beberapa Kabupaten dan Kota di Bali yaitu hulu berada di Kabupaten Bangli, Badung, Buleleng dan Tabanan mengalir melewati Kabupaten Badung dan Gianyar serta terakhir bermuara di Kota Denpasar. Akhir-akhir ini dengan bertambahnya penduduk akan bertambah pula aktivitas perekonomian yang berakibat pada peningkatan beban pencemaran terutama pada sungai Ayung.

Kenyataan di lapangan menurut hasil penelitian Bapedalda Propinsi Bali Tahun 2004 menyatakan bahwa Sungai Ayung telah mengalami pencemaran yang cukup parah terutama pada bagian hilir. Hal ini akan berpengaruh terhadap dampak yang ditimbulkan dari pencemaran sungai Ayung, karena air sungai Ayung dimanfaatkan oleh masyarakat yang berada di hilir (Rencana Pengelolaan Secara Terpadu Daerah Aliran Sungai Ayung, Kerjasama Bappeda Propinsi Bali dengan Pusat Penelitian Lingkungan Hidup Universitas Udayana, Denpasar 2002).

Adanya unsur radioaktif di sungai/perairan tentunya berakibat buruk bagi organisme yang hidup di perairan tersebut karena daya racun dan radiasi yang dimiliki oleh bahan aktif dari unsur akan bekerja sebagai penghalang kerja enzim dalam proses fisiologis dan metabolisme tubuh organisme yang menyebabkan enzim tidak berfungsi sebagaimana mestinya sehingga proses metabolisme terputus. Di samping itu unsur radioaktif juga dapat terakumulasi dalam tubuh dan masuk dalam rantai makanan, sehingga dalam tingkat tropik yang lebih tinggi akumulasi unsur tersebut sangat tinggi, akibatnya timbul keracunan yang pada tingkat kronis dapat mengakibatkan kematian

Untuk dapat mengetahui masalah pencemaran radioaktivitas lingkungan dan bahayanya, terlebih dahulu harus diketahui kemungkinan sumber-sumber pencemaran radioaktivitas lingkungan. Kemungkinan sumber pencemaran itu antara lain dapat berasal dari penambangan, pengolahan dan proses kimia bahan nuklir. Di dalam penambangan Uranium kontaminan yang dapat menyebabkan pencemaran adalah Radon ( $\text{Ra}^{222}$ ) termasuk anak turunannya. Di samping itu debu-debu yang mengandung pemancar Alpha yang berumur panjang sering dijumpai dalam tambang Uranium. Radioisotop utama yang paling berbahaya adalah Radon berikut anak turunannya yang berumur pendek, seperti;  $\text{Po}^{218}$  (RaA),  $\text{Po}^{214}$  (RaB),  $\text{Bi}^{214}$  (RaC),  $\text{Po}^{214}$  (RaC'). Radon yang berupa gas *inert* dengan mudah keluar masuk saluran pernapasan dan hanya sedikit saja yang tertinggal di dalam paru-paru. Sedangkan anak turunannya cenderung mudah untuk tertinggal di dalam paru-paru. Berdasarkan hal tersebut di atas penulis ingin untuk meneliti kandungan unsur radioaktif air sungai Ayung yang melewati Kota Denpasar.

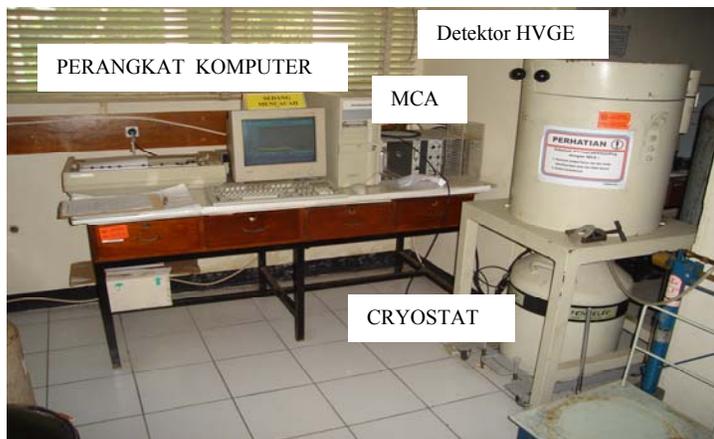
Dari latar belakang penelitian ini dapat dirumuskan masalah yang akan dibahas adalah :“Apakah air sungai Ayung di Kota Denpasar tercemar unsur radioaktif?”Berdasarkan rumusan masalah di atas dapat dituliskan tujuan dari penelitian yang akan dilakukan adalah: “Mengetahui tingkat kandungan unsur radioaktif air sungai Ayung di Kota Denpasar”.

**METODELOGI PENELITIAN**

Tempat penelitian ini dilaksanakan di Kelompok Analisis Radiometri Bidang Fisika Radiasi dan Lingkungan Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknik Nuklir (BATAN), Jalan Taman Sari Nomor 71 Bandung – 40132. Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Oktober sampai dengan bulan November 2007.

Dalam penelitian ini bahan yang dipergunakan adalah air sungai Ayung. Sampel diambil di lima titik yang berbeda dengan jarak lebih kurang 2,0 Kilometer, mulai dari aliran sungai setelah memasuki kota Denpasar. Pertama diambil di Bendungan Praupan sebelah Timur SMA N 8 Denpasar Jl. Antasura, Kedua di sebelah Barat Dusun Peninjoan Desa Peguyangan Kangin, Ketiga di Bendungan Wongan Desa Tonjo , Keempat di depan Pura Dalem Kesiman (sebelah selatan jembatan di jalan Supratman Denpasar Timur), dan terakhir di hilir yang bermuara di daerah Padang Galak Wilayah Denpasar Timur. *Kalium chlorid (KCl) extra pure* : dari Merck KgaA, 64271 Darmstadt, Germany, dengan M = 74,55 g/mol digunakan sebagai standarisasi pengukuran.

Sampel diambil dua kali pada setiap titik yaitu pada pagi hari dan sore hari. Air sebagai sampel masing-masing dimasukan dalam jerigen dengan kapasitas 5 liter dan masing-masing diisi label A<sub>1</sub>- E<sub>1</sub> diambil pada pagi pukul 06.00 WITA, label A<sub>2</sub> – E<sub>2</sub> diambil pada sore hari pukul 17.00 WITA. Pengambilan sampel pertama dimulai dari aliran sungai Ayung baru memasuki kota Denpasar dengan jarak masing-masing kurang lebih 2,0 km, berakhir di muara sungai Ayung di Pantai Padang Galak Denpasar



Gambar 1. Perangkat spektrometri sinar gamma.

Timur. Cuplikan air sebanyak 3 liter dituangkan ke Wadah *Marinelli Beaker* dan setiap wadah diisi kode dari A<sub>1</sub> sampai dengan E<sub>1</sub> dan kode dari A<sub>2</sub> sampai dengan E<sub>2</sub>. Pencacahan terhadap cuplikan sampel air dilaksanakan.

Setelah rangkaian alat disiapkan seperti pada Gambar 1, pertama dilakukan kalibrasi alat dan dilanjutkan pencacahan terhadap *background* (cacah latar) dengan waktu cacah 50.000 detik. Kemudian dilanjutkan dengan pencacahan terhadap sampel air.

- Pertama yang dicacah adalah sampel air di bagian hulu (air sungai Ayung baru memasuki kota Denpasar. Sampel air dalam wadah *Marinelli Beaker* dimasukkan ke tempat detektor yang dilindungi timbal dengan posisi sampel berada di atas detektor, yang mana detektor telah dilengkapi dengan *preamplifier* atau pulsa yang dihasilkan detektor akan dipertinggi yang dibentuk dalam penguat awal yang kemudian diperkuat (*amplifier*). Hasil keluaran dari penguat ini diteruskan menuju alat yang dapat memisahkan pulsa-pulsa menurut tinggi rendahnya. Alat ini disebut penganalisis salur ganda “*multi chanel analyzer*” (MCA) yang pemasangannya dirangkaikan dengan komputer. Masing-masing dicacah selama 60.000 detik.
- Puncak energi dan spektrum gamma yang terbentuk diidentifikasi dengan mengaktifkan program *peaksearch* pada tampilan spektrum radiasi  $\gamma$  sehingga diperoleh data *count rate*. Hasil tampilan spektrum dan tabel datanya dicetak (Lampiran).
- Perlakuan yang sama juga dilakukan untuk sampel-sampel yang lainnya.

Spektrum gamma hasil pencacahan yang telah dicetak selanjutnya dianalisis menggunakan program komputer *Nucleus PCA II* untuk mengidentifikasi jenis radionuklida dan menentukan *count rate*/ lju cacah radiasi  $\gamma$  dari jenis radionuklida yang diketahui.

Jenis radionuklida dari spektrum gamma hasil pencacahan, dapat diidentifikasi dengan cara membandingkan energi yang muncul dari tampilan *peak report* dengan energi radionuklida yang terdapat pada tabel referensi. Aktivitas radionuklida diperoleh melalui persamaan,

$$A = \lambda \times N \tag{1}$$

Dengan A adalah aktivitas nuklida dalam Bq,  $\lambda$  adalah konstanta peluruhan dalam s<sup>-1</sup>, N adalah jumlah atom nuklida.

Untuk mengetahui besarnya konstanta peluruhan digunakan persamaan :

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \tag{2}$$

Dengan  $\lambda$  adalah konstanta peluruhan s<sup>-1</sup>, T<sub>1/2</sub> adalah waktu paroh atom nuklida.

**HASIL PENELITIAN**

Telah dilaksanakan pencacahan terhadap 11 (sebelas) sampel air sungai Ayung. Sampel ini diambil pada lima titik di sungai Ayung di kota Denpasar, Sampel dengan kode A, diambil di titik dimana air sungai Ayung baru memasuki Kota Denpasar, tepatnya perbatasan wilayah Kabupaten Badung dengan Kota Denpasar yaitu Desa Darma Saba dengan Desa Peguyangan Kaja. Daerah Aliran Sungai (DAS) Ayung ini terdiri dari lahan pertanian persawahan, perkebunan dan pemukiman. Sampel dengan kode B, diambil di titik lokasi Desa Peguyangan Kangin. DAS Ayung ini terdiri dari daerah Sawah, pemukiman dan kegiatan usaha seperti PDAM Kota Denpasar, dan kegiatan usaha peternakan babi serta pemukiman. Sampel C, diambil di sebelah Barat Perumahan Teras Ayung. Kondisi sekitar DAS terdapat pemukiman penduduk yang sangat padat, terutama disebelah Barat DAS ayung merupakan daerah pemukiman Kelurahan Tonja. Sampel D, diambil sebelah Selatan Jembatan di Jalan Supratman Kesiman Denpasar Timur tepatnya di sebelah Barat Pura Dalem Kesiman setelah titik pertemuan antara sungai Ayung dan hilir sungai Pendem. Titik sampel E, diambil di muara sungai Ayung yang terlatak di Pantai Padang Galak. Sampel A sampai E diambil dua kali, yang pertama (dengan indeks 1) diambil sore hari pukul 17.00 WITA dan kedua (dengan indeks 2) pagi hari pukul 06.00 WITA.

Dalam penelitian ini diperoleh data pencacahan terhadap masing-masing sampel, untuk dapat mengidentifikasi kandungan unsur radioaktif dari setiap sampel tersebut. Data hasil pencacahan tersebut dapat dilihat pada Tabel (1 dan 2) serta kurve radiasi per satuan volume pada Gambar (2 dan 3) berikut.

Tabel 1. Aktivitas radiasi per satuan volume beberapa unsur

Unsur (Energi, keV)	Kode sampel Aktivitas radiasi per satuan volume (Bq/l)					
	A <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	D <sub>1</sub>	E <sub>1</sub>	Kadar tertinggi yg diizinkan
K-40 1456,00	Ttd	Ttd	Ttd	1,04	1,04	1 x 10 <sup>4</sup>
Th-234 92,00	16,34	14,68	Ttd	12,25	12,25	7 x 10 <sup>2</sup>
Th-233 185,00	85,47	341,88	256,41	170,94	598,29	7 x 10 <sup>2</sup>
Th-233 594,00	69,44	Ttd	138,89	69,44	138,89	7 x 10 <sup>2</sup>
Ac-228 139,00	Ttd	469,81	Ttd	Ttd	939,63	3 x 10 <sup>3</sup>
Ac-228 197,00	90,58	90,58	211,35	Ttd	150,97	3 x 10 <sup>3</sup>
Ac-228 581,00	113,38	113,38	Ttd	Ttd	Ttd	3 x 10 <sup>3</sup>
Ac-228 1000,00	Ttd	Ttd	Ttd	Ttd	Ttd	3 x 10 <sup>3</sup>
In-114m 557,00	Ttd	Ttd	Ttd	5,07	Ttd	7 x 10 <sup>2</sup>

Keterangan :

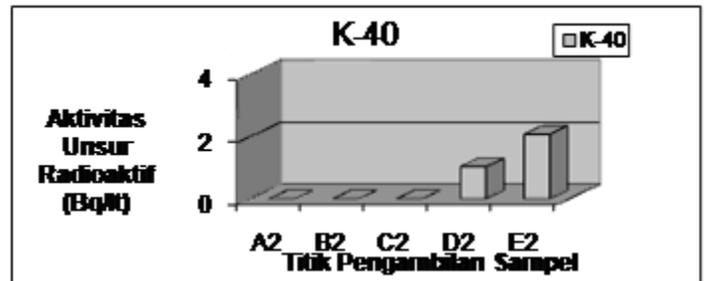
- Ttd = Tidak terdeteksi
- Bq/l (Baquerel per liter) = Satuan aktivitas radiasi
- Kolom-kolom yang kosong menyatakan bahwa bahan radioaktif tersebut tidak ada pada titik-titik sampel tersebut atau kandungan radioaktifnya terlalu kecil sehingga tidak dapat ditangkap oleh detektor.

Tabel 2. Aktivitas radiasi per satuan volume beberapa unsur

Unsur (Energi, keV)	Kode sample Aktivitas radiasi per satuan volume (Bq/l)					
	A <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>	D <sub>2</sub>	E <sub>2</sub>	Kadar tertinggi yg diizinkan
K-40 1456,00	Ttd	Ttd	Ttd	1,04	2,08	1 x 10 <sup>4</sup>
Th-234 92,00	Ttd	14,68	Ttd	4,08	Ttd	7 x 10 <sup>2</sup>
Th-233 185,00	170,94	427,35	85,47	85,47	256,41	7 x 10 <sup>2</sup>
Th-233 594,00	Ttd	Ttd	69,44	Ttd	Ttd	7 x 10 <sup>2</sup>
Ac-228 139,00	Ttd	Ttd	Ttd	Ttd	939,63	3 x 10 <sup>3</sup>
Ac-228 197,00	90,58	211,35	Ttd	Ttd	60,39	3 x 10 <sup>3</sup>
Ac-228 581,00	113,38	Ttd	Ttd	Ttd	Ttd	3 x 10 <sup>3</sup>
Ac-228 1000,00	Ttd	Ttd	150,15	Ttd	Ttd	3 x 10 <sup>3</sup>
In-114m 557,00	2,54	5,07	5,07	Ttd	Ttd	7 x 10 <sup>2</sup>

Keterangan :

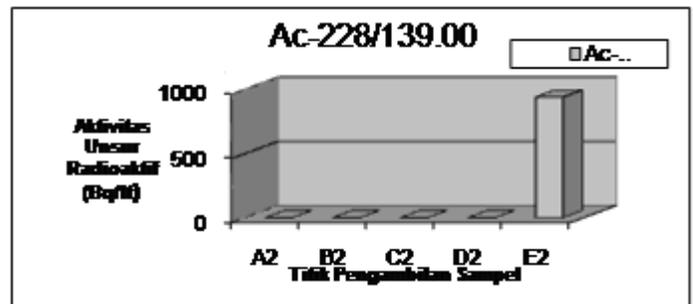
- Ttd = Tidak terdeteksi
- Bq/l (Baquerel per liter) = Satuan aktivitas radiasi
- Kolom-kolom yang kosong menyatakan bahwa sampel pada titik-titik tersebut tidak mengandung bahan radioaktif atau kandungan radioaktifnya terlalu kecil sehingga tidak dapat ditangkap oleh detektor.



Gambar 2. Kurve Aktivitas radiasi per satuan volume unsur K-40 terhadap titik pengambilan sampel.

Keterangan :

- Bahan radioaktif dari titik C<sub>2</sub> ke titik E<sub>2</sub> mengalami peningkatan. Ini disebabkan titik D<sub>2</sub> dan E<sub>2</sub> terletak di daerah hilir (dekat laut). Singga kandungan K-40 lebih tinggi.



Gambar 3. Kurve Aktivitas radiasi per satuan volume unsur Ac-228 (energi = 139,...keV) terhadap titik pengambilan sampel.

Keterangan :

- Besarnya aktivitas di titik A<sub>2</sub>, B<sub>2</sub>, C<sub>2</sub> dan D<sub>2</sub> adalah nol. Hal ini disebabkan kurangnya waktu pencacahan.

## KESIMPULAN DAN SARAN

**Kesimpulan**

Dari hasil pembahasan kandungan beberapa unsur radioaktif dan besarnya hasil perhitungan aktivitas yang terdapat dalam setiap sampel dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Tingginya kandungan unsur radioaktif  $^{40}\text{K}$  mengarah ke hilir memperlihatkan adanya kecenderungan peningkatan. Fenomena ini akibat dari banyak masuknya dari limbah cair domestik dan masuknya air laut yang menjadi salah satu kontribusi terhadap tingginya kandungan unsur radioaktif  $^{40}\text{K}$ .
2. Unsur-unsur hasil identifikasi dan besarnya harga aktivitas yang diketahui menunjukkan bahwa unsur-unsur tersebut merupakan unsur-unsur radioaktif alam, kandungannya yaitu;  $^{40}\text{K}$ ,  $^{234}\text{Th}$ ,  $^{233}\text{Th}$ ,  $^{228}\text{Ac}$ ,  $^{114\text{m}}\text{In}$ . Aktivitas bahan radioaktif paling tinggi pada : titik E<sub>2</sub>,  $^{40}\text{K}$  adalah 2,08 Bq/l, titik A<sub>1</sub>,  $^{234}\text{Th}$  adalah 16,34 Bq/l, titik E<sub>1</sub>,  $^{233}\text{Th}$  adalah 598,29 Bq/l, titik E<sub>1</sub> dan E<sub>2</sub>,  $^{228}\text{Ac}$  adalah 939,63 Bq/l. Tingginya harga aktivitas unsur hasil pencacahan dan identifikasi tersebut masih dibawah kadar tertinggi yang diizinkan.

**Saran**

Untuk menunjang penelitian lebih lanjut perlu dilakukan pengujian sampel berupa sedimen dari air sungai Ayung guna memperoleh hasil penelitian yang lebih maksimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim.2000. *Dasar Penetapan Dampak Kualitas Air. Diperbanyak oleh Bagian Pembinaan Pengawasan Kualitas air Bersih Dan Penyehatan Lingkungan Pemukiman Pedesaan Propinsi Bali.*
- A. Martin., Samuel A., *An Introduction to Radiation Protection*, London New York, Chapman an Hall, 1972.
- Azwar, D.K.J., *Pengantar Ilmu Lingkungan. PT. Mutiara Sumber Widia*; Jakarta 1989.
- Blaauw, Menno., *The  $k_{\alpha}$ -consistent IRI Gamma-Ray Catalogue for INAA /*, Interfaculty Reactor Institute van de Technische Universiteit Delft, 1996.
- Clark, R.B., *Marine Pollution*, Third Edition, Oxford University Press, New York, 1992.
- Cember, H., *Introduction to Helth Physics*, Second Edition, Pergamon Press.
- Hartono, A.J., Widiatmoko, M.C., *Teknologi Membran Pemurnian Air*, Andi Offset, Yogtakarta.
- Ryadi, Slamet, *Pencemaran Air*, Karya Anda, Surabaya, 1984.
- Ratnawati I Gusti Agung Ayu, 2002. Tesis. *Kontribusi Beberapa Aktivitas Publik pada Kandungan Radioaktif Air Sungai Badung Bali*. Bidang Khusus Biofisika Departemen Fisika Program Pasca Sarjana Institut Teknologi Bandung.
- Sandi Adnyana I Wayan, 2002. Rencana Pengelolaan Secara Terpadu Daerah Aliran Sungai Ayung, Kerjasama Bappeda Prop. Bali Dengan Pusat Penelitian Lingkungan Hidup Universitas Udayana.
- Slamet, J.S., *Kesehatan Lingkungan*, Gajdah Mada University Press, Yogyakarta, 1994.
- Sastrawijaya, A.T. 1991. *Pencemaran Lingkungan*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Soemarwoto, Otto., 1992, *Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri*, Rajawali Pers, Jakarta.
- Susetyo, W., *Spektrometri Gamma*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta, 1994.
- Sutrisno, C.T. dan E. Suciati. 1987. *Teknologi Penyediaan Air Bersih*. Bina Aksara. Jakarta.
- Tsoul Fanidis, N., *Measurement and Detection of Radiation*, McGraw Hill Book Company, New York.
- Wardhana, W.A., *Teknik Analisis Radioaktivitas Lingkungan*, Andi Offset, Yogyakarta, 1994.
- Wardhana, W.A., *Dampak Pencemaran Lingkungan*, Andi Offset, Yogyakarta, 1999.
- Wiriyosimin, S., *Mengenal Asas Proteksi Radiasi*, ITB, Bandung, 1995.