

Volume 14 Nomor 4 Desember 2015

ISSN 1412-4025



# JURNAL EKOLOGI KESEHATAN

The Indonesian Journal of Health Ecology



## ARTIKEL PENELITIAN

GAMBARAN SOSIODEMOGRAFI PEROKOK PASIF DENGAN ISPA DAN FAKTOR-FAKTOR YANG BERHUBUNGAN DENGAN KEJADIAN ISPA PADA BALITA DI INDONESIA (ANALISIS DATA RISKESDAS 2013)

KAJIAN RISIKO KESEHATAN MASYARAKAT AKIBAT PAJANAN MERKURI PADA PERTAMBANGAN EMAS RAKYAT DI KABUPATEN LEBAK, BANTEN

BEBERAPA ASPEK ENTOMOLOGI PENDUKUNG MENINGKATNYA KASUS DEMAM BERDARAH DENGUE DI DAERAH ENDEMIS DI JAWA TENGAH

PERKIRAAN DOSIS RADIASI YANG DITERIMA PUBLIK DI PROVINSI KEPULAUAN BANGKA BELITUNG

FAKTOR-FAKTOR YANG BERHUBUNGAN DENGAN KEJADIAN MALARIA DI KECAMATAN KABOLA, KABUPATEN ALOR, PROVINSI NUSA TENGGARA TIMUR (NTT) TAHUN 2014

EKOLOGI HABITAT PERKEMBANGBIAKAN *ANOPHELES* SPP. DI DESA SIMPANG EMPAT, KECAMATAN LENGKITI, OGAN KOMERING ULU, SUMATERA SELATAN

PREVALENSI DIABETES MELITUS PADA TUBERKULOSIS DAN MASALAH TERAPI

ASUPAN ZAT BESI DAN SENG PADA BAYI UMUR 6 – 11 BULAN DI KELURAHAN JATI CEMPAKA, KOTA BEKASI, TAHUN 2014

ANALISIS IMPLEMENTASI STANDAR PELAYANAN MINIMAL BIDANG KESEHATAN KABUPATEN/KOTA

Jurnal Ekologi Kesehatan adalah media informasi hasil penelitian dan pengembangan bidang ekologi kesehatan untuk Pengelola Program Kesehatan dan masyarakat, serta merupakan sarana komunikasi para peneliti/pengelola/peminat bidang ekologi kesehatan

|                          |         |       |                  |                          |                   |
|--------------------------|---------|-------|------------------|--------------------------|-------------------|
| Jurnal Ekologi Kesehatan | Vol. 14 | No. 4 | Hal<br>284 - 380 | Jakarta<br>Desember 2015 | ISSN<br>1412-4025 |
|--------------------------|---------|-------|------------------|--------------------------|-------------------|

Terakreditasi Nomor : 564/Akred/P2MI-LIPI/09/2013

Terbit 4 kali setahun

# Editorial Team

## Ketua Redaksi (Editor in Chief)

1. [Athena A Anwar](#), Pusat Penelitian dan Pengembangan Upaya Kesehatan Masyarakat

## Redaktur Pelaksana (Assistant Editor)

1. [Anies Irawati](#), Pusat Teknologi Intervensi Kesehatan Masyarakat, Indonesia

## Sekretaris Editor Pelaksana (Secretary)

1. [Heny Lestary](#), Pusat Teknologi Intervensi Kesehatan Badan Litbang Kesehatan, Indonesia

## Dewan Redaksi (Editors)

1. [Dede Anwar Musadad](#), Pusat Penelitian dan Pengembangan Humaniora dan Manajemen Kesehatan, Indonesia
2. [Kasnodihardjo Kasnodihardjo](#), Puslitbang Upaya Kesehatan Masyarakat, Balitbangkes, Jakarta, Indonesia
3. [Muhammad Hasyimi](#), Puslitbang Upaya Kesehatan Masyarakat, Balitbangkes, Jakarta, Indonesia
4. [Sri Irianti](#), Puslitbang Upaya Kesehatan Masyarakat, Balitbangkes, Jakarta, Indonesia
5. [Inswiasri Inswiasri](#), Kesehatan Lingkungan dan Kesehatan Masyarakat, Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, Indonesia
6. [Dwi Hapsari Tjandarini](#), Puslitbang Upaya Kesehatan Masyarakat Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan Kementerian Kesehatan RI, Indonesia
7. [Joko Irianto](#), Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan (National Institute of Health Research and Development), Ministry of Health of Republic of Indonesia, Indonesia
8. [Felly Philipus Senewe](#), Pusat Teknologi Intervensi Kesehatan Masyarakat, Indonesia
9. [Harimat Hendarwan](#), Puslitbang Sumber Daya dan Pelayanan Kesehatan, Indonesia
10. [Rachmalina Prasodjo](#), Pusat Teknologi Intervensi Kesehatan Masyarakat, Indonesia
11. [Miko Hananto](#), Puslitbang Upaya Kesehatan Masyarakat Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan Kementerian Kesehatan RI, Indonesia
12. [Agus Triwinarto](#), Puslitbang Upaya Kesehatan Masyarakat Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, Indonesia
13. [Nunik Kusumawardani](#), Pusat Teknologi Intervensi Kesehatan Badan Litbang Kesehatan, Indonesia
14. [Jusniar Ariati](#), Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan Kementerian Kesehatan RI
15. [Zahra Haedar Shahab](#), Puslitbang Upaya Kesehatan Masyarakat, Balitbangkes, Jakarta, Indonesia

## Editor Bahasa (Language Editor)

1. [Cahyorini Cahyorini](#), Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan Kementerian Kesehatan RI, Indonesia

2. [Nurillah Amaliah](#), Puslitbang Upaya Kesehatan Masyarakat, Balitbangkes, Jakarta, Indonesia, Indonesia
3. [Kencana Sari](#), Badan Penelitian dan Pengembang Kesehatan, Indonesia
4. [Sugiharti Sugiharti](#), Puslitbang Upaya Kesehatan Masyarakat, Balitbangkes, Jakarta, Indonesia

### **Penunjang Teknologi Informasi (IT Support)**

1. [Rianto Purnama](#), Puslitbang Upaya Kesehatan Masyarakat, Balitbangkes, Jakarta, Indonesia
2. [Ginoga Veridona](#), Pusat Teknologi Intervensi Kesehatan Masyarakat, Indonesia

### **Sekretariat (Secretariat)**

1. [Siti Masitoh](#), Puslitbang Upaya Kesehatan Masyarakat Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan RI, Indonesia

## PERKIRAAN DOSIS RADIASI YANG DITERIMA PUBLIK DI PROVINSI KEPULAUAN BANGKA BELITUNG

### *Assessment of Radiation Dose Received by the Members of the Public in Bangka Belitung Islands Province*

Syarbaini<sup>1</sup>, Dadong Iskandar<sup>1</sup>, Kusdiana<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi – BATAN

Email : sarbaini@batan.go.id

Diterima: 14 September 2015 ; Direvisi: 21 Oktober 2015 ; Disetujui: 9 Desember 2015

#### ABSTRACT

*Bangka and Belitung Islands is known to have the geological potential of mineral resources, especially tin along with its accessory minerals which are distributed in almost all land and sea regions. Besides tin, tin mining activities in Bangka Belitung produces a by-product containing radioactive substances which have a risk as one of factor that can affect on the health of publics members. A major contribution of the radiation dose to the publics health comes from natural radionuclides of <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th and <sup>40</sup>K in accessory minerals of tin core. The aim of this study was to estimate the total annual radiation dose received by the cmembers of the public in Bangka-Belitung through external and internal exposure. Estimation of external dose was based on the concentration of <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th and <sup>40</sup>K in the soil and gamma exposure rate direct measurement in public houses. While the internal dose was estimated based on intake of <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th and <sup>40</sup>K by ingestion of foodstuffs that were consumed by public of Bangka - Belitung (vegetables, seeds, tubers, fruits, fishes and drinking water). Internal dose also estimated from the inhalation of radon (<sup>222</sup>Rn) and thoron (<sup>220</sup>Rn) inside the house. The annual effective external doses of outdoor and indoor ranged between 0,05 to 11,55 mSv (mean=1,17 mSv) and 0,15 to 2,10 mSv (mean=0,69 mSv) per year respectively. The annual effective internal doses by ingestion of foodstuffs and drinking water and inhalation of radon and thoron gases were 0.20 mSv, 0,76 mSv and 2,32 respectively. So that the total annual effective doses received by the member of the public in Bangka-Belitung through external and internal exposure was 5.14 mSv. In conclusion, the members of the public in Bangka – Belitung islands received higher dose of radiation than the worldwide average value for normal areas.*

**Keywords :** Natural radionuclides, external and internal dose, annual dose, Bangka-Belitung

#### ABSTRAK

Kepulauan Bangka - Belitung mempunyai potensi geologi sebagai sumber mineral khususnya timah beserta mineral ikutannya yang terdistribusi hampir di seluruh wilayah daratan dan lautan. Kegiatan penambangan timah di Kepulauan Bangka-Belitung, disamping menghasilkan timah juga memberikan mineral ikutan yang mengandung zat radioaktif yang dapat menjadi salah satu faktor yang berpengaruh bagi kesehatan masyarakat (publik). Radionuklida <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th dan <sup>40</sup>K adalah radionuklida alam primordial yang dominan terkandung dalam mineral ikutan bijih timah sehingga berpotensi memberikan kontribusi dosis radiasi terhadap publik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperkirakan dosis efektif total tahunan yang diterima publik di Kepulauan Bangka-Belitung melalui jalur paparan eksternal dan internal. Dosis eksternal diperkirakan berdasarkan konsentrasi <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th and <sup>40</sup>K dalam tanah dan pengukuran langsung paparan radiasi gamma di dalam rumah. Sedangkan dosis internal diperkirakan berdasarkan masukan <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th and <sup>40</sup>K melalui bahan makanan yang dikonsumsi oleh masyarakat Kepulauan Bangka – Belitung (sayur-sayuran, biji-bijian, umbi-umbian, buah-buahan, ikan dan air minum) serta inhalasi gas radon (<sup>222</sup>Rn) dan toron (<sup>220</sup>Rn) di dalam rumah. Dosis efektif eksternal (*outdoor*) berkisar dari 0,05 sampai 11,55 mSv (rata-rata=1,17 mSv/tahun) dan *indoor* berkisar dari 0,15 sampai 2,10 mSv (rata-rata=0,69 mSv/tahun). Dosis efektif internal melalui ingesti bahan makanan, air minum dan inhalasi gas radon-toron berturut-turut 0,20 mSv; 0,76 mSv dan 2,32 mSv/tahun sehingga total dosis efektif yang diterima publik melalui paparan eksternal dan internal per tahun menjadi 5,14 mSv. Dari hasil studi ini dapat disimpulkan bahwa dosis yang diterima publik Kepulauan Bangka-Belitung lebih tinggi dari nilai rata-rata lingkungan latar normal dunia.

**Kata Kunci :** Radionuklida alam, dosis eksternal dan internal, total dosis tahunan, Bangka Belitung

## PENDAHULUAN

Provinsi Kepulauan Bangka Belitung terkenal dengan potensi geologinya sebagai sumber mineral khususnya timah beserta mineral ikutannya seperti monasit, zirkon, xenotim, ilmenit, magnetite dan pyrite yang terdistribusi hampir di seluruh wilayah. Disamping itu juga ada beberapa mineral lain seperti pasir kuarsa, kaolin, granit, tanah liat dan batuan gunung. Kepulauan Bangka-Belitung merupakan bagian Jalur Timah Asia Tenggara (*The South East Tin Belt*), yaitu jalur timah terkaya di dunia yang membentang mulai dari selatan China, Thailand, Myanmar, Malaysia sampai Indonesia (Schwartz, 1995). Di wilayah Indonesia jalur ini mulai dari Kepulauan Karimun, Singkep sampai Bangka dan Belitung. Oleh sebab itu sektor pertambangan memang merupakan sektor andalan di Provinsi Bangka-Belitung. Hampir di seluruh wilayah Bangka-Belitung terdapat bahan tambang dengan cadangan yang relatif masih besar.

Kegiatan penambangan timah merupakan mata pencaharian bagi kehidupan masyarakat di provinsi Bangka-Belitung, yang telah berlangsung sejak jaman kolonial. Komoditi timah merupakan penggerak utama pertumbuhan ekonomi di Provinsi Bangka-Belitung dan merupakan tulang punggung perekonomian masyarakat. Akhir-akhir ini kegiatan penambangan timah semakin meningkat, tidak hanya di darat tetapi sudah bergeser ke lepas pantai, termasuk di kawasan hutan lindung dan hutan produksi serta laut. Terlebih lagi sejak maraknya pertumbuhan para penambang rakyat yang sifatnya ilegal yang biasanya disebut Tambang Inkonsvensional (TI) dan cenderung mengabaikan pengelolaan hasil samping pertambangan yang dapat mencemari lingkungan. Keberadaan timah di Bangka - Belitung tidak hanya memberikan pengaruh ekonomi terhadap kehidupan masyarakat akan tetapi juga memberikan pengaruh terhadap kerusakan lingkungan yang dapat mengancam kehidupan masyarakat di masa depan. Kerusakan ini tidak terjadi hanya di darat tetapi juga di laut. Di darat banyak ditemukan lobang-lobang bekas galian tambang timah (kolong) berisi air yang berpotensi mengandung logam berat dan

unsur radioaktif alamiah yang dapat mencemari ekosistem sekitarnya.

Meningkatnya kegiatan penambangan timah seiring dengan tingkat kepadatan penduduk Provinsi Kepulauan Bangka Belitung yang terus meningkat sepanjang tahun. Provinsi Kepulauan Bangka Belitung memiliki jumlah penduduk sebanyak 1.261.737 jiwa pada tahun 2011. Tingkat pertumbuhan penduduk Provinsi Kepulauan Bangka Belitung tahun 2000-2010 sebesar 3,14 persen dan kepadatan penduduk tahun 2011 mencapai 77 orang per km<sup>2</sup>. Persentase distribusi penduduk menurut kabupaten/kota bervariasi dari yang terendah di Kabupaten Belitung Timur hingga yang tertinggi di Kabupaten Bangka ([www.babelprov.go.id](http://www.babelprov.go.id), 2015).

Timah di alam tidak ditemukan dalam unsur bebas melainkan diperoleh dalam bentuk bersenyawa dengan unsur-unsur lain yaitu dalam mineral cassiterite. Mineral cassiterite merupakan mineral oksida dari timah (SnO<sub>2</sub>), dengan kandungan timah berkisar 78%. Sedangkan Mineral ikutan yang menyertai bijih timah adalah monasit, xenotim, ilmenit, zirkon, pirit dan lain-lain. Mineral ikutan timah ditemui mengandung radionuklida alam yang cukup tinggi khususnya radionuklida alam primordial deret U, deret Th dan <sup>40</sup>K. Radionuklida alam primordial mempunyai umur paro milyaran tahun sebanding dengan umur bumi. Uranium-238 mempunyai umur paro 4,5 x 10<sup>9</sup> tahun, <sup>232</sup>Th berumur paro 1,4 x 10<sup>10</sup> tahun dan <sup>40</sup>K berumur paro 1,277 x 10<sup>9</sup> tahun. Uranium-238 dan <sup>232</sup>Th dalam proses peluruhannya menghasilkan berbagai macam anak luruh dengan umur paro dari orde detik sampai ribuan tahun yang dikelompokkan ke dalam deret uranium dan deret thorium.

Kegiatan pengolahan dan pemurnian bahan tambang (mineral) untuk memperoleh konsentrat, akan menghasilkan produk samping yang dapat menyebabkan terkonsentrasinya radionuklida alam. Produk samping sisa hasil pengolahan dan pemurnian mineral timah seperti zirkon, ilmenit, rutil, monasit, xenotim mengandung radionuklida alam dengan konsentrasi tinggi (UNSCEAR, 1993). Untuk memperoleh timah dibutuhkan sejumlah besar bahan baku yang harus ditambang sehingga akan

menghasilkan tailing yang juga cukup besar. Oleh karena itu kegiatan penambangan timah dan pemrosesannya memberikan kontribusi meningkatnya distribusi radionuklida alam di lingkungan seperti di tanah permukaan dan produk pangan sebagaimana yang telah dilaporkan dari hasil studi sebelum ini (Syarbaini, 2014; Syarbaini 2015a,b). Disamping itu penambangan timah dan pemrosesan mineral ikutannya tidak hanya berpotensi memberikan kontaminasi radioaktif di tanah dan bahan makanan, akan tetapi juga berpotensi meningkatkan paparan

radiasi gamma lingkungan (Syarbaini,2015c). Tujuan dari studi ini adalah untuk memperkirakan dosis radiasi efektif tahunan yang diterima publik Provinsi Bangka Belitung baik melalui jalur eksternal maupun jalur internal dan untuk memperoleh *baseline* data tingkat radiasi dan radioaktivitas lingkungan Bangka Belitung agar peningkatan tingkat radiasi dan radioaktivitas di lingkungan di Provinsi Kepulauan Bangka-Belitung di masa depan dapat diketahui.



Gambar 1. Provinsi Kepulauan Bangka Belitung

## BAHAN DAN CARA

Penetapan titik pengambilan contoh tanah dilakukan dengan metode *systematic random sampling* dengan sistem grid (IAEA, 2004). Koordinat titik sampling ditentukan menggunakan GPS Map 60CHx buatan Garmin. Sampel diambil setelah terlebih dahulu permukaan tanah dibersihkan dari rumput-rumputan dan bahan-bahan organik yang sudah mati. Tanah disampling sampai kedalaman 20 cm dari permukaan sebanyak 2 – 3 kg, kemudian dimasukkan ke dalam kantong plastik, diberi label dan dikirim ke laboratorium.

Di laboratorium, contoh tanah dikeringkan dalam oven pada temperatur 105<sup>0</sup>C sampai beratnya konstan untuk menghilangkan uap air. Setelah kering, sampel digerus dan kemudian diayak dengan saringan ukuran mesh 2 mm untuk memisahkan bahan-bahan organik, batubatuan dan lain-lain. Selanjutnya contoh

tanah yang sudah dihomogenkan dimasukkan ke dalam beker marinelli 1 liter. Selanjutnya beker di lem/seal dengan sempurna untuk mencegah terlepasnya gas radon dan toron. Biarkan selama paling kurang 4 minggu sampai terbentuknya kesetimbangan sekuler antara radionuklida induk berumur panjang (<sup>226</sup>Ra dan <sup>232</sup>Th) dengan anak luruhnya yang berumur pendek sebelum dilakukan pengukuran.

## Pengambilan dan analisis contoh Makanan dan air minum

Contoh yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis-jenis tanaman pangan dan ikan yang pada umumnya dikonsumsi oleh masyarakat di Bangka Belitung. Contoh tanaman pangan sayur-sayuran, buah-buahan dan umbi-umbian diperoleh langsung dari perkebunan petani lokal dan yang dijual di pasar lokal.

Demikian juga jenis-jenis ikan diperoleh dari nelayan dan pasar ikan lokal. Di laboratorium, contoh-contoh tanaman pangan dan ikan tersebut dibersihkan. Contoh tanaman pangan dipotong-potong dan dikeringkan dalam suhu kamar sampai beratnya konstan, kemudian ditimbang dan diabukan pada suhu 450 °C. Contoh ikan dipisahkan daging dengan tulangnya, kemudian daging dipotong-potong, ditimbang dan dikeringkan dalam oven pada suhu 100 °C. Selanjutnya diabukan dalam muffle furnace pada suhu 350-400 °C (IAEA, 1989 ; Tahir, 2010). Untuk contoh air minum, diambil air sumur penduduk sebanyak 20 liter, kemudian dipreparasi secara evaporasi pada temperatur tidak terlalu tinggi dengan perlahan hingga mencapai volume 1000 ml, lalu dimasukkan ke dalam beker marinelli. Biarkan selama paling kurang 4 minggu sampai terbentuknya kesetimbangan sekuler antara radionuklida induk berumur panjang ( $^{226}\text{Ra}$  dan  $^{232}\text{Th}$ ) dengan anak luruhnya yang berumur pendek sebelum dilakukan pengukuran.

#### Pengukuran konsentrasi $^{226}\text{Ra}$ , $^{232}\text{Th}$ dan $^{40}\text{K}$

Pengukuran konsentrasi radionuklida  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  dan  $^{40}\text{K}$  dalam contoh tanah, tanaman pangan, ikan dan air sumur dilakukan menggunakan spektrometer gamma dengan detektor HPGe buatan ORTEC tipe-P coaxial. Efisiensi relatif detektor 60 % dan resolusi pada puncak energi 1,33 keV adalah 1,95 keV. Spektrum sinar gamma yang diperoleh pada pencacahan contoh disimpan dan dianalisis dengan perangkat lunak ORTEC *Vission-32 Gamma Spectrum Analysis*. Detektor ditempatkan di dalam perisai Pb silindris dengan ketebalan 10,1 cm, diameter dalam 28 cm dan tinggi 40 cm. Perisai Pb dilapisi dengan beberapa lapisan yaitu timah dan tembaga dengan ketebalan masing-masingnya 0,5 dan 1,6 mm.

Sistim spektrometer gamma dikalibrasi menggunakan sumber standar gamma campuran bersertifikat internasional dan *reference materials* buatan IAEA yang mempunyai geometri sama dengan contoh yang akan diukur. Pengukuran dilakukan dalam ruang cacah bawah tanah. Contoh dan

latar dicacah selama 17 jam. Cacahan latar digunakan untuk mengoreksi hasil pengukuran radionuklida yang diukur. Untuk jaminan kualitas pengukuran, laboratorium selalu ikut program interkomparasi baik tingkat nasional maupun internasional.

Konsentrasi  $^{226}\text{Ra}$  ditentukan berdasarkan puncak energi gamma 352 keV dari  $^{214}\text{Pb}$  dan 609,31 keV dari  $^{214}\text{Bi}$ . Konsentrasi  $^{232}\text{Th}$  ditentukan berdasarkan puncak energi gamma 238,6 keV dari  $^{212}\text{Pb}$ , 911,2 dan 969 keV dari  $^{228}\text{Ac}$  serta 583 keV dari  $^{208}\text{Tl}$ . Sedangkan  $^{40}\text{K}$  ditentukan berdasarkan puncak energi gamma 1460,83 keV.

Konsentrasi aktivitas (A)  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  dan  $^{40}\text{K}$  (Bq kg<sup>-1</sup>) dalam contoh ditentukan menggunakan persamaan berikut :

$$A = \frac{N_e}{\epsilon_f P_\gamma t_c M} \quad (7)$$

dengan;  $N_e$  = cacahan bersih puncak pada energi E,  $\epsilon_f$  = Efisiensi cacahan detektor pada energi E,  $P_\gamma$  = probabilitas emisi radiasi gamma (gamma yield) pada energi E,  $t_c$  = waktu cacahan sampel, dan M = berat/volume contoh (kg atau L) .

#### Pengukuran konsentrasi gas radon ( $^{222}\text{Rn}$ ), toron ( $^{220}\text{Rn}$ ) dan paparan gamma indoor

Pengukuran konsentrasi gas radon dan toron di ruangan dalam rumah penduduk menggunakan metode dosimeter radon-toron pasif dengan detektor jejak nuklir CR-39 yang peka terhadap partikel-partikel alfa yang dipancarkan oleh gas radon dan toron beserta anak luruhnya (IAEA, 2013). Dosimeter ini digantung menggunakan tali di ruang keluarga dan kamar tidur masing-masing satu dan diatur letak dosimeter berada di tengah-tengah, pada ketinggian sekitar 3 m dari lantai, bergantung dari keadaan ruangan. Setelah tiga bulan dosimeter tersebut diambil dan di bawa ke laboratorium untuk diproses lebih lanjut. Detektor film CR-39 yang telah kena radiasi partikel alfa selama tiga bulan dikeluarkan dari dosimeter dan dilakukan pengetsaan. Jejak nuklir yang terkena radiasi alfa yang dipancarkan oleh gas radon dan

toron dibaca menggunakan mikroskop dengan perbesaran 400 kali (Kumar A., 2014).

Pengukuran laju dosis radiasi gamma di dalam rumah, dilakukan secara langsung menggunakan survei-meter Exploranium Model GR-130 buatan Kanada. Pengukuran dilakukan pada ketinggian 20 dan 100 cm dari lantai rumah. Jarak minimum dari dinding kamar/rumah 100 cm. Hasil pengukuran laju dosis kemudian dirata-ratakan untuk mengetahui tingkat laju dosis rata-rata selama pengukuran (Hazrati, S., 2010, Jibiri, N.N. 2013).

## HASIL

Hasil pengukuran konsentrasi radionuklida alam  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  dan  $^{40}\text{K}$  di dalam tanah Pulau Bangka dan Belitung disajikan berturut-turut pada tabel 1 dan 2. Konsentrasi aktivitas  $^{226}\text{Ra}$  di dalam tanah Pulau Bangka berkisar dari  $16,8 \pm 1,3$  sampai  $543,8 \pm 36,3 \text{ Bqkg}^{-1}$  dan Pulau Belitung dari  $4,8 \pm 0,7$  sampai  $258,1 \pm 15,7 \text{ Bqkg}^{-1}$  dengan rata-rata masing-masing  $83,8 \text{ Bqkg}^{-1}$  dan  $60,87 \text{ Bqkg}^{-1}$ . Konsentrasi aktivitas  $^{232}\text{Th}$  berkisar dari  $21,3 \pm 1,6$  sampai  $2170,3 \pm 65,2 \text{ Bqkg}^{-1}$  di dalam tanah Pulau Bangka dan  $7,3$

$\pm 0,3$  sampai  $742,1 \pm 43,6 \text{ Bqkg}^{-1}$  di dalam tanah Pulau Belitung dengan rata-rata masing-masing  $244,3 \text{ Bqkg}^{-1}$  dan  $160,94 \text{ Bqkg}^{-1}$ . Konsentrasi aktivitas  $^{40}\text{K}$  berkisar dari  $14,4 \pm 2,4$  sampai  $191,3 \pm 13,5 \text{ Bqkg}^{-1}$  di dalam tanah Pulau Bangka dan  $5,3 \pm 1,9$  sampai  $367,9 \pm 21,3 \text{ Bqkg}^{-1}$  di dalam tanah Pulau Belitung dengan rata-rata masing-masing  $55,10 \text{ Bqkg}^{-1}$  dan  $84,96 \text{ Bqkg}^{-1}$ .

Dosis serap radiasi gamma pada ketinggian 1 m di atas permukaan tanah yang dihitung berdasarkan konsentrasi radionuklida  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  dan  $^{40}\text{K}$  di dalam tanah bervariasi dalam kisaran dari 25,7 sampai  $1569 \text{ nGyh}^{-1}$  dengan rata-rata  $189 \text{ nGyh}^{-1}$  untuk Pulau Bangka dan dari 7,40 sampai  $527 \text{ nGyh}^{-1}$  dengan rata-rata  $129 \text{ nGyh}^{-1}$  untuk Pulau Belitung. Dosis efektif tahunan yang diterima masyarakat dari paparan radiasi gamma selama di luar rumah (*outdoor*), berkisar dari 0,19 sampai  $11,55 \text{ mSv th}^{-1}$  dengan nilai rata-rata  $1,39 \text{ mSv th}^{-1}$  untuk Bangka dan  $0,05 - 3,87 \text{ mSv th}^{-1}$  dengan nilai rata-rata  $0,94 \text{ mSv th}^{-1}$  untuk Belitung. Rata-rata dosis efektif yang diterima masyarakat dari paparan radiasi gamma selama di luar rumah (*outdoor*) menjadi  $1,17 \text{ mSv per tahun}$ .

Tabel 1. Konsentrasi  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  dan  $^{40}\text{K}$  dalam tanah Pulau Bangka

| No.<br>Contoh | Konsentrasi ( $\text{Bq kg}^{-1}$ ) |                   |                  | Dosis serap<br>per jam<br>( $\text{nGy.j}^{-1}$ ) | Dosis efektif<br>per tahun<br>( $\text{mSv.th}^{-1}$ ) |
|---------------|-------------------------------------|-------------------|------------------|---|--|
|               | $^{226}\text{Ra}$                   | $^{232}\text{Th}$ | $^{40}\text{K}$  |   |  |
| 1             | $39,0 \pm 2,6$                      | $75,7 \pm 2,1$    | $103,8 \pm 6,4$  | 68,1  | 0,50   |
| 2             | $26,2 \pm 2,0$                      | $21,3 \pm 1,6$    | $14,4 \pm 2,4$   | 25,6  | 0,19   |
| 3             | $16,8 \pm 1,3$                      | $28,0 \pm 0,9$    | $31,9 \pm 2,3$   | 26,0  | 0,19   |
| 4             | $116,3 \pm 7,2$                     | $219,7 \pm 5,9$   | $23,2 \pm 2,7$   | 187,4   | 1,38   |
| 5             | $136,4 \pm 8,5$                     | $601,2 \pm 33,3$  | $67,6 \pm 7,1$   | 429,0   | 3,16   |
| 6             | $29,5 \pm 2,1$                      | $62,5 \pm 1,8$    | $48,0 \pm 3,3$   | 53,4  | 0,39   |
| 7             | $143,7 \pm 9,0$                     | $377,4 \pm 10,2$  | $34,3 \pm 3,3$   | 295,8   | 2,18   |
| 8             | $80,6 \pm 5,1$                      | $252,6 \pm 6,8$   | $45,7 \pm 3,5$   | 191,7   | 1,41   |
| 9             | $76,7 \pm 5,1$                      | $231,0 \pm 6,6$   | $57,4 \pm 4,1$   | 177,3   | 1,31   |
| 10            | $63,0 \pm 4,1$                      | $151,7 \pm 4,2$   | $29,4 \pm 2,6$   | 122,0   | 0,90   |
| 11            | $23,0 \pm 1,6$                      | $44,3 \pm 1,3$    | $48,8 \pm 3,3$   | 39,4  | 0,29   |
| 12            | $543,8 \pm 36,3$                    | $2170 \pm 65,2$   | $169,1 \pm 11,6$ | 1569  | 11,55  |
| 13            | $118,4 \pm 7,4$                     | $510,8 \pm 13,6$  | $46,7 \pm 4,0$   | 365,2   | 2,69   |
| 14            | $91,2 \pm 5,9$                      | $109,0 \pm 6,4$   | $17,1 \pm 3,4$   | 108,7   | 0,80   |
| 15            | $54,5 \pm 3,6$                      | $115,0 \pm 0,5$   | $34,7 \pm 4,0$   | 96,1  | 0,71   |
| 16            | $64,4 \pm 4,3$                      | $155,0 \pm 4,3$   | $30,7 \pm 2,7$   | 124,7   | 0,92   |
| 17            | $43,2 \pm 3,8$                      | $77,8 \pm 5,2$    | $191,3 \pm 14$   | 74,9  | 0,55   |
| 18            | $46,0 \pm 3,1$                      | $97,4 \pm 2,7$    | $54,1 \pm 3,7$   | 82,3  | 0,61   |
| 19            | $42,1 \pm 2,9$                      | $123,6 \pm 3,4$   | $85,3 \pm 5,5$   | 97,7  | 0,72   |
| 20            | $99,6 \pm 6,9$                      | $158,9 \pm 4,6$   | $71,0 \pm 6,2$   | 144,9   | 1,07   |
| 21            | $115,2 \pm 7,3$                     | $206,8 \pm 11,6$  | $63,1 \pm 6,4$   | 180,8   | 1,33   |
| 22            | $25,4 \pm 1,9$                      | $81,4 \pm 2,3$    | $48,2 \pm 3,3$   | 62,9  | 0,46   |



Lanjutan Tabel 1. Konsentrasi  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  dan  $^{40}\text{K}$  dalam tanah Pulau Bangka

| No. Contoh | Konsentrasi ( $\text{Bq kg}^{-1}$ ) |                   |                 | Dosis serap per jam ( $\text{nGy.j}^{-1}$ ) | Dosis efektif per tahun ( $\text{mSv.th}^{-1}$ ) |
|------------|-------------------------------------|-------------------|-----------------|---|--|
|            | $^{226}\text{Ra}$                   | $^{232}\text{Th}$ | $^{40}\text{K}$ |   |  |
| 23         | $29,2 \pm 2,0$                      | $59,0 \pm 1,7$    | $19,1 \pm 1,9$  | 49,9  | 0,37   |
| 24         | $22,9 \pm 1,7$                      | $33,2 \pm 1,0$    | $45,7 \pm 3,1$  | 32,5  | 0,24   |
| 25         | $61,6 \pm 4,1$                      | $230,6 \pm 13,8$  | $53,4 \pm 4,2$  | 170,0                                       | 1,25   |
| 26         | $139,6 \pm 8,5$                     | $412,7 \pm 10,7$  | $59,6 \pm 4,6$  | 316,3                                       | 2,33   |
| 27         | $66,3 \pm 4,3$                      | $159,7 \pm 4,3$   | $30,9 \pm 2,7$  | 128,4                                       | 0,94   |
| 28         | $32,0 \pm 2,2$                      | $73,2 \pm 2,1$    | $19,0 \pm 1,8$  | 59,8  | 0,44   |
| Rentang    | 16,8 – 544                          | 21,3 – 2170       | 14,4 – 191      | 25,57 – 1569                                | 0,19 – 11,55                                     |
| Rata-rata  | 83,8                                | 244               | 55,1            | 189   | 1,39   |

Konsentrasi radionuklida alam  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ , dan  $^{40}\text{K}$  di dalam sayur-sayuran, buah-buahan, umbi-umbian dan ikan yang disampling dari Provinsi Kepulauan Bangka-Belitung ditampilkan pada tabel 3 dan 4. Seperti yang terlihat dalam tabel bahwa konsentrasi radionuklida  $^{226}\text{Ra}$  dalam semua jenis tanaman pangan tersebut bervariasi dari  $2,69 \pm 0,51 \text{ Bq/Kg}$  (kangkung) sampai  $12,18 \pm 2,63 \text{ Bq/Kg}$  (daun singkong). Konsentrasi radionuklida alam  $^{232}\text{Th}$  terdistribusi dari  $8,20 \pm 1,09 \text{ Bq/Kg}$  (kangkung) sampai  $46,00 \pm 3,53 \text{ Bq/Kg}$  (nangka). Konsentrasi  $^{40}\text{K}$  berkisar antara  $40,12 \pm 3,81 \text{ Bq/Kg}$  (mentimun) sampai  $125,23 \pm 11,80 \text{ Bq/Kg}$  (kangkung).

Hasil analisis 9 jenis ikan untuk penentuan konsentrasi radionuklida alam  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  and  $^{40}\text{K}$ , terlihat bahwa tingkat

maksimum konsentrasi  $^{226}\text{Ra}$  adalah  $11,11 \pm 1,44 \text{ Bq/kg}$  yang ditemukan dalam ikan Nila, sedangkan tingkat minimum yaitu di bawah limit deteksi ( $< 0.01$ ) ditemukan dalam ikan bandeng.  $\text{Th-232}$  terdeteksi dalam semua jenis ikan dengan nilai maksimum  $44,62 \pm 4,41 \text{ Bq/kg}$  dalam ikan nila sedangkan nilai minimum  $0,23 \pm 0,05 \text{ Bq/kg}$  dalam ikan kakap merah. Radionuklida  $^{40}\text{K}$  ditemukan dalam semua jenis ikan, yang terdistribusi dari tingkat rendah ke tingkat tinggi. Konsentrasi tertinggi adalah  $90,84 \pm 8,61 \text{ Bq/kg}$ , yaitu di dalam kepiting, diikuti oleh bandeng dan udang dengan nilai berturut-turut  $64,58 \pm 6,20 \text{ Bq/kg}$  dan  $57,60 \pm 5,57 \text{ Bq/kg}$ . Konsentrasi terendah adalah  $15,02 \pm 1,45 \text{ Bq/kg}$  dan  $20,97 \pm 2,01 \text{ Bq/kg}$ , yang ditemukan berturut-turut dalam kerang dan lele.

Tabel 2. Konsentrasi  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  dan  $^{40}\text{K}$  dalam Tanah Pulau Belitung

| No. Contoh | Konsentrasi ( $\text{Bq kg}^{-1}$ ) |                   |                  | Dosis serap per jam ( $\text{nGy.j}^{-1}$ ) | Dosis efektif per tahun ( $\text{mSv.th}^{-1}$ ) |
|------------|-------------------------------------|-------------------|------------------|---|--|
|            | $^{226}\text{Ra}$                   | $^{232}\text{Th}$ | $^{40}\text{K}$  |   |  |
| 1          | $109,5 \pm 7,5$                     | $742 \pm 43,6$    | $56,3 \pm 7,1$   | 501,2                                       | 3,69   |
| 2          | $71,8 \pm 4,7$                      | $90,9 \pm 2,6$    | $36,6 \pm 2,8$   | 89,6  | 0,66   |
| 3          | $22,1 \pm 1,6$                      | $43,2 \pm 1,3$    | $140,1 \pm 8,6$  | 42,2  | 0,31   |
| 4          | $57,6 \pm 3,7$                      | $94,0 \pm 2,6$    | $178,4 \pm 10,6$ | 90,8  | 0,67   |
| 5          | $41,5 \pm 2,8$                      | $76,3 \pm 2,2$    | $47,0 \pm 3,3$   | 67,2  | 0,49   |
| 6          | $68,3 \pm 4,5$                      | $212,0 \pm 6,0$   | $40,9 \pm 3,2$   | 161,3                                       | 1,19   |
| 7          | $4,8 \pm 0,7$                       | $8,7 \pm 0,8$     | $5,3 \pm 1,9$    | 7,69  | 0,06   |
| 8          | $18,8 \pm 1,7$                      | $45,4 \pm 3,2$    | $65,4 \pm 4,9$   | 38,8  | 0,29   |
| 9          | $33,1 \pm 2,3$                      | $73,5 \pm 2,1$    | $81,1 \pm 5,2$   | 63,1  | 0,46   |
| 10         | $34,6 \pm 2,3$                      | $67,0 \pm 1,9$    | $137,9 \pm 8,4$  | 62,2  | 0,46   |
| 11         | $10,7 \pm 0,9$                      | $18,4 \pm 0,6$    | $106,6 \pm 6,6$  | 20,5  | 0,15   |
| 12         | $101,5 \pm 6,3$                     | $328,4 \pm 19,1$  | $32,5 \pm 3,6$   | 246,6                                       | 1,81   |
| 13         | $169,3 \pm 10,6$                    | $555,7 \pm 32,9$  | $37,4 \pm 3,7$   | 415,4                                       | 3,06   |
| 14         | $55,6 \pm 3,8$                      | $185,4 \pm 5,2$   | $22,7 \pm 2,2$   | 138,6                                       | 1,02   |
| 15         | $5,8 \pm 0,6$                       | $7,3 \pm 0,3$     | $7,4 \pm 0,9$    | 7,40  | 0,05   |
| 16         | $46,8 \pm 3,1$                      | $99,6 \pm 2,8$    | $15,3 \pm 1,7$   | 82,42                                       | 0,61   |
| 17         | $80,1 \pm 5,0$                      | $196,5 \pm 11,5$  | $367,9 \pm 21,3$ | 171,0                                       | 1,26   |
| 18         | $18,3 \pm 1,4$                      | $41,6 \pm 1,2$    | $49,3 \pm 3,3$   | 35,64                                       | 0,26   |
| 19         | $89,5 \pm 5,7$                      | $188,2 \pm 5,1$   | $28,2 \pm 2,6$   | 156,2                                       | 1,15   |

Lanjutan Tabel 2. Konsentrasi  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  dan  $^{40}\text{K}$  dalam Tanah Pulau Belitung

| No.<br>Contoh | Konsentrasi (Bq kg <sup>-1</sup> ) |                   |                 | Dosis serap<br>per jam<br>(nGy.j <sup>-1</sup> ) | Dosis efektif<br>per tahun<br>(mSv.th <sup>1</sup> ) |
|---------------|------------------------------------|-------------------|-----------------|--|--|
|               | $^{226}\text{Ra}$                  | $^{232}\text{Th}$ | $^{40}\text{K}$ |  |  |
| 20            | 36,6 ± 2,9                         | 100,4 ± 6,4       | 345,5 ± 21,1    | 92,0   | 0,68   |
| 21            | 25,9 ± 2,0                         | 35,7 ± 2,3        | 65,6 ± 4,8      | 36,3   | 0,27   |
| 22            | 49,3 ± 3,6                         | 102,5 ± 6,4       | 95,3 ± 7,1      | 88,7   | 0,65   |
| 23            | 27,9 ± 2,0                         | 46,0 ± 1,3        | 72,7 ± 4,7      | 43,7   | 0,32   |
| 24            | 46,2 ± 3,1                         | 119,6 ± 7,2       | 77,4 ± 5,0      | 96,8   | 0,71   |
| 25            | 46,0 ± 3,2                         | 115,6 ± 9,0       | 77,1 ± 4,1      | 94,3   | 0,69   |
| 26            | 53,4 ± 3,5                         | 78,1 ± 4,8        | 26,1 ± 2,2      | 72,9   | 0,54   |
| 27            | 258,1 ± 15,7                       | 653,8 ± 38,0      | 298,0 ± 17,6    | 527  | 3,87   |
| 28            | 27,9 ± 2,0                         | 46,0 ± 1,3        | 72,7 ± 4,7      | 43,7   | 0,32   |
| 29            | 178,2 ± 11,0                       | 376,7 ± 10,2      | 94,2 ± 6,5      | 313,8  | 2,31   |
| 30            | 194,8 ± 12,2                       | 492,8 ± 28,7      | 37,2 ± 5,4      | 389,2  | 2,86   |
| 31            | 34,2 ± 2,4                         | 95,0 ± 2,5        | 252,2 ± 14,5    | 83,7   | 0,62   |
| 32            | 15,9 ± 1,2                         | 17,0 ± 0,6        | 18,5 ± 1,6      | 18,4   | 0,14   |
| 33            | 12,5 ± 1,9                         | 20,0 ± 2,0        | 6,7 ± 5,0       | 18,1   | 0,13   |
| 34            | 12,8 ± 1,0                         | 11,9 ± 0,4        | 16,0 ± 1,4      | 13,8   | 0,10   |
| 35            | 85,1 ± 5,9                         | 308,9 ± 18,2      | 31,6 ± 4,4      | 227,2  | 1,67   |
| 36            | 46,8 ± 3,1                         | 99,6 ± 2,8        | 15,3 ± 1,7      | 82,4   | 0,61   |
| Rentang       | 4,8 – 258                          | 7,3 – 742         | 5,3 – 368       | 7,40 – 527                                       | 0,05 – 3,87  |
| Rata-rata     | 60,87                              | 161               | 84,96           | 129  | 0,94   |

Berdasarkan konsentrasi radionuklida  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  dan  $^{40}\text{K}$  dalam sayur-sayuran, buah-buahan, umbi-umbian dan ikan, dihitung jumlah intake radionuklida ke dalam tubuh menggunakan pola konsumsi makanan masyarakat Provinsi Kepulauan Bangka-Belitung terhadap sayur-sayuran, buah-buahan, umbi-umbian dan ikan berdasarkan data laporan BPS (Anonim, 2013). Terlihat dari tabel 3 dan 4 bahwa total intake masing-masing radionuklida  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  dan  $^{40}\text{K}$  melalui sayur-sayuran, buah-buahan, dan umbi-umbian berturut-turut adalah 157,6 Bq; 493,4 Bq dan 1697 Bq per tahun. Total intake masing-masing radionuklida  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  dan  $^{40}\text{K}$  melalui biota ikan adalah 32,44 Bq, 140,4 Bq dan 368,3 Bq per-tahun.

Berdasarkan *intake* dan koefisien konversi dosis masing-masing radionuklida tersebut (ICRP, 2012), dihitung dosis efektif tahunan internal yang diterima tubuh dari intake radionuklida  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  dan  $^{40}\text{K}$  melalui sayur-sayuran, buah-buahan, umbi-umbian dan ikan. Terlihat dari tabel 3 dan 4 bahwa total dosis efektif yang diterima publik dari masing-masing radionuklida  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  dan  $^{40}\text{K}$  melalui sayur-sayuran, buah-buahan, dan umbi-umbian berturut-turut adalah 44,13  $\mu\text{Sv}$ , 108,6  $\mu\text{Sv}$  dan 10,51  $\mu\text{Sv}$  per tahun. Total dosis efektif yang diterima publik dari masing-masing

radionuklida  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  dan  $^{40}\text{K}$  melalui biota ikan adalah 9,09  $\mu\text{Sv}$ , 30,89  $\mu\text{Sv}$  dan 2,29  $\mu\text{Sv}$  per tahun.

Total dosis efektif yang diterima publik Bangka Belitung melalui rantai makanan bahan pangan sayur-sayuran, buah-buahan, dan umbi-umbian yang tumbuh di wilayah Provinsi Bangka Belitung menjadi 0,16 mSv per tahun. Total dosis efektif yang diterima publik Bangka Belitung melalui konsumsi ikan yang ditangkap di wilayah Provinsi Bangka Belitung menjadi 0,04 mSv per tahun.

Kemudian dalam tabel 5, disajikan hasil pengukuran konsentrasi  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  dan  $^{40}\text{K}$  dalam air sumur penduduk. Konsentrasi  $^{226}\text{Ra}$  berkisar dari 0,63 – 1,76 Bq/L dengan rata-rata 1,27 Bq/L. Konsentrasi  $^{232}\text{Th}$  berkisar dari 1,01 – 4 Bq/L dengan rata-rata 2,69 Bq/L dan dari 0,1 – 1,06 dengan rata-rata 0,68 Bq/L untuk  $^{40}\text{K}$ . Bila konsumsi air minum masyarakat usia dewasa rata-rata 2,2 liter per orang per hari maka dosis efektif yang diterima publik berdasarkan konsentrasi radionuklida  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  dan  $^{40}\text{K}$  dalam air minum adalah 286  $\mu\text{Sv}$ , 475  $\mu\text{Sv}$  dan 3,43  $\mu\text{Sv}$  per tahun sehingga total dosis yang diterima masyarakat melalui air minum menjadi 764  $\mu\text{Sv}/\text{th}$  atau 0,76 mSv per-tahun.

Hasil pengukuran secara langsung (in situ) laju dosis gamma di dalam rumah-rumah penduduk di Kepulauan Bangka dan Belitung disajikan pada tabel 6 dan 7. Nilai yang ditampilkan adalah nilai rata-rata untuk beberapa rumah dari beberapa lokasi pengukuran. Berdasarkan pengukuran langsung, rata-rata dosis efektif yang diterima penduduk dari radiasi gamma di dalam rumah (*indoor*) menjadi 0,75 mSv/tahun untuk Bangka dan 0,62 mSv/tahun untuk Pulau Belitung. Rata-rata dosis efektif yang diterima penduduk dari radiasi gamma di dalam rumah (*indoor*) di wilayah Provinsi Kepulauan Bangka Belitung menjadi 0,69 mSv per-tahun.

Hasil pengukuran konsentrasi gas radon dan toron dengan dosimeter pasif yang disimpan di dalam rumah-rumah penduduk selama 3 (tiga) bulan berturut-turut, ditampilkan pada tabel 6 dan 7. Nilai yang ditampilkan yaitu nilai rata-rata untuk beberapa rumah dari beberapa lokasi pengukuran. Rata-rata konsentrasi gas radon dan toron di dalam rumah di Pulau Bangka adalah 48,35 dan 52,02 Bq.m<sup>-3</sup>. Rata-rata konsentrasi gas radon dan toron di dalam rumah di Pulau Belitung adalah 46,02 dan 42,34 Bq.m<sup>-3</sup>.

Berdasarkan konsentrasi gas radon dan toron di dalam rumah, dihitung dosis efektif yang diterima masyarakat dari inhalasi gas radon dan toron tersebut untuk Pulau Bangka dan Belitung. Rata-rata dosis efektif yang diterima masyarakat dari inhalasi gas radon dan toron di pulau Bangka adalah 1,22 mSv dan 1,26 mSv per tahun. Rata-rata dosis efektif yang diterima masyarakat dari

inhalasi gas radon dan toron di pulau Belitung adalah 1,16 mSv dan 1,00 mSv per tahun. Total dosis efektif yang diterima masyarakat dari inhalasi gas radon dan toron untuk Pulau Bangka dan Belitung menjadi 2,48 dan 2,16 mSv per tahun. Dengan demikian rata-rata dosis efektif yang diterima masyarakat Provinsi Kepulauan Bangka Belitung dari inhalasi gas radon dan toron adalah 2,32 mSv per tahun.

## PEMBAHASAN

Pada tabel 1 dan 2, terlihat bahwa pada umumnya konsentrasi radionuklida alam di dalam tanah pulau Bangka relatif lebih tinggi dari Pulau Belitung. Tingginya nilai konsentrasi radionuklida alam di dalam tanah Pulau Bangka berkaitan dengan perbedaan pola pembentukan mineral di kedua pulau ini (Schwartz, 1995). Adapun yang melatarbelakangi perbedaan pola penyebaran endapan mineral di kedua pulau ini adalah faktor geologi atau proses terbentuknya ke dua pulau ini yang berbeda. Pada zaman tersier dan kuartar, Pulau Bangka berada pada ketinggian yang tinggi di atas muka air laut, sehingga pelapukan dan erosi batuan disini berlangsung sangat intensif. Hal ini menyebabkan terbentuknya cebakan timah sekunder di banyak tempat baik di daratan maupun di daerah lautan. Berbeda dengan Pulau Belitung yang terjadi adalah sebaliknya. Pada zaman tersier dan kuartar, Pulau Belitung berada pada elevasi rendah dari muka air laut sehingga proses pelapukan dan erosi oleh air laut tidak terlalu intensif sehingga proses pembentukan endapan sekunder tidak seintensif di Bangka.

Tabel 3. Konsentrasi  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  dan  $^{40}\text{K}$  sayuran, buah-buahan dan umbi-umbian serta dosis efektif tahunan

| Jenis Sampel         | Pola konsumsi (Kg/th) | $^{226}\text{Ra}$               |                |  | $^{232}\text{Th}$               |                |  | $^{40}\text{K}$                 |                |  |
|----------------------|-----------------------|---------------------------------|----------------|--|---------------------------------|----------------|--|---------------------------------|----------------|--|
|                      |                       | Konsentrasi (Bq/kg berat-segar) | Intake (Bq/th) | Dosis efektif ( $\mu\text{Sv}/\text{th}$ ) | Konsentrasi (Bq/kg berat-segar) | Intake (Bq/th) | Dosis efektif ( $\mu\text{Sv}/\text{th}$ ) | Konsentrasi (Bq/kg berat-segar) | Intake (Bq/th) | Dosis efektif ( $\mu\text{Sv}/\text{th}$ ) |
| <b>Sayur-sayuran</b> |                       |                                 |                |  |                                 |                |  |                                 |                |  |
| Bayam                | 3,80                  | $7,47 \pm 0,50$                 | 28,39          | 7,95                                       | $19,91 \pm 2,72$                | 75,66          | 16,65                                      | $69,80 \pm 6,59$                | 265            | 1,64                                       |
| Kangkung             | 4,47                  | $2,69 \pm 0,51$                 | 12,02          | 3,37                                       | $8,20 \pm 1,09$                 | 36,65          | 8,06                                       | $125,23 \pm 11,80$              | 560            | 3,47                                       |
| Sawi hijau           | 1,46                  | $2,77 \pm 0,65$                 | 4,04           | 1,13                                       | $8,82 \pm 1,18$                 | 12,88          | 2,83                                       | $110,56 \pm 10,42$              | 161            | 1,00                                       |
| Kacang               | 2,76                  | $11,35 \pm 1,62$                | 31,33          | 8,77                                       | $26,37 \pm 3,96$                | 72,78          | 16,01                                      | $64,31 \pm 6,12$                | 178            | 1,10                                       |
| Mentimun             | 1,56                  | $9,55 \pm 1,20$                 | 14,90          | 4,17                                       | $18,95 \pm 2,15$                | 29,56          | 6,50                                       | $40,12 \pm 3,81$                | 62,6           | 0,39                                       |
| Daun singkong        | 2,65                  | $12,18 \pm 2,63$                | 32,28          | 9,04                                       | $39,19 \pm 1,31$                | 103,9          | 22,85                                      | $42,81 \pm 10,19$               | 113,5          | 0,70                                       |
| <b>Buah-buahan</b>   |                       |                                 |                |  |                                 |                |  |                                 |                |  |
| Nangka               | 1,20                  | $10,85 \pm 1,18$                | 13,02          | 3,65                                       | $46,00 \pm 3,53$                | 55,20          | 12,14                                      | $65,83 \pm 3,93$                | 79,0           | 0,49                                       |
| Pisang               | 1,61                  | $5,45 \pm 1,48$                 | 8,77           | 2,46                                       | $18,60 \pm 3,29$                | 29,95          | 6,59                                       | $85,27 \pm 8,04$                | 137,3          | 0,85                                       |
| <b>Umbi-umbian</b>   |                       |                                 |                |  |                                 |                |  |                                 |                |  |
| Singkong             | 3,48                  | $3,68 \pm 0,80$                 | 12,81          | 3,59                                       | $22,10 \pm 2,70$                | 76,91          | 16,92                                      | $40,40 \pm 5,79$                | 140,6          | 0,87                                       |
| Total                |                       |                                 | 157,6          | 44,13                                      |                                 | 493,4          | 108,6                                      |                                 | 1697           | 10,51                                      |

Tabel 4. Konsentrasi  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  dan  $^{40}\text{K}$  biota (ikan) serta dosis efektif tahunan

| Jenis Sampel    | Pola konsumsi (Kg/th) | $^{226}\text{Ra}$               |                |  | $^{232}\text{Th}$               |                |  | $^{40}\text{K}$                 |                |  |
|-----------------|-----------------------|---------------------------------|----------------|--|---------------------------------|----------------|--|---------------------------------|----------------|--|
|                 |                       | Konsentrasi (Bq/kg berat-segar) | Intake (Bq/th) | Dosis efektif ( $\mu\text{Sv}/\text{th}$ ) | Konsentrasi (Bq/kg berat-segar) | Intake (Bq/th) | Dosis efektif ( $\mu\text{Sv}/\text{th}$ ) | Konsentrasi (Bq/kg berat-segar) | Intake (Bq/th) | Dosis efektif ( $\mu\text{Sv}/\text{th}$ ) |
| Ekor kuning     | 0,36                  | $0,80 \pm 0,11$                 | 0,29           | 0,08                                       | $0,46 \pm 0,10$                 | 0,17           | 0,04                                       | $38,83 \pm 3,89$                | 14,98          | 0,09                                       |
| Kembung         | 0,16                  | $0,36 \pm 0,01$                 | 0,06           | 0,02                                       | $0,74 \pm 0,14$                 | 0,12           | 0,03                                       | $45,24 \pm 12,10$               | 7,24           | 0,05                                       |
| Bandeng         | 1,14                  | < 0,01                          | -              | -  | $17,81 \pm 4,21$                | 20,30          | 4,47                                       | $64,58 \pm 6,20$                | 73,62          | 0,46                                       |
| Nila            | 1,25                  | $11,11 \pm 1,44$                | 13,89          | 3,89                                       | $44,62 \pm 4,41$                | 55,78          | 12,27                                      | $36,48 \pm 3,51$                | 45,60          | 0,28                                       |
| Lele            | 1,09                  | $3,81 \pm 0,71$                 | 4,15           | 1,16                                       | $2,81 \pm 0,64$                 | 3,06           | 0,67                                       | $20,97 \pm 2,01$                | 22,86          | 0,14                                       |
| Kakap Merah     | 0,21                  | $0,12 \pm 0,01$                 | 0,03           | 0,01                                       | $0,23 \pm 0,05$                 | 0,05           | 0,01                                       | $47,60 \pm 5,57$                | 10,00          | 0,06                                       |
| Udang           | 3,28                  | $4,27 \pm 1,04$                 | 14,01          | 3,92                                       | $18,36 \pm 2,32$                | 60,22          | 13,25                                      | $57,60 \pm 5,57$                | 188,9          | 1,17                                       |
| Kepiting lumpur | 0,05                  | $0,17 \pm 0,05$                 | 0,01           | 0,002                                      | $8,06 \pm 1,54$                 | 0,40           | 0,09                                       | $90,84 \pm 8,61$                | 4,54           | 0,03                                       |
| Kerang          | 0,10                  | $0,10 \pm 0,01$                 | 0,01           | 0,003                                      | $2,50 \pm 0,74$                 | 0,25           | 0,06                                       | $15,02 \pm 1,45$                | 1,50           | 0,01                                       |
| Total           |                       |                                 | 32,44          | 9,09                                       |                                 | 140,4          | 30,89                                      |                                 | 368,3          | 2,29                                       |

Tabel 5. Konsentrasi  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  dan  $^{40}\text{K}$  air sumur serta dosis efektif tahunan

| No. Sampel | $^{226}\text{Ra}$ |  | $^{232}\text{Th}$ |  | $^{40}\text{K}$   |  |
|------------|-------------------|--|-------------------|--|-------------------|--|
|            | Kosentrasi (Bq/L) | Dosis efektif ( $\mu\text{Sv}/\text{th}$ ) | Kosentrasi (Bq/L) | Dosis efektif ( $\mu\text{Sv}/\text{th}$ ) | Kosentrasi (Bq/L) | Dosis efektif ( $\mu\text{Sv}/\text{th}$ ) |
| AS1        | $1,56 \pm 0,26$   | 351  | $4,00 \pm 0,52$   | 707  | $1,06 \pm 0,33$   | 5,36                                       |
| AS2        | $1,76 \pm 0,26$   | 396  | $3,31 \pm 0,91$   | 585  | $0,98 \pm 0,01$   | 4,96                                       |
| AS3        | $1,58 \pm 0,32$   | 355  | $2,85 \pm 0,48$   | 504  | $0,77 \pm 0,44$   | 3,90                                       |
| AS4        | $1,25 \pm 0,25$   | 281  | $2,02 \pm 0,30$   | 357  | $0,88 \pm 0,02$   | 4,45                                       |
| AS5        | $0,86 \pm 0,24$   | 193  | $2,95 \pm 0,50$   | 521  | $0,28 \pm 0,10$   | 1,42                                       |
| AS6        | $0,63 \pm 0,06$   | 142  | $1,01 \pm 0,13$   | 178  | $0,10 \pm 0,05$   | 0,51                                       |
| Rata-rata  | 1,27              | 286  | 2,69              | 475  | 0,68              | 3,43                                       |

Tabel 6. Laju dosis gamma dan konsentrasi  $^{222}\text{Rn}$  serta  $^{220}\text{Rn}$  dalam rumah di Bangka

| Lokasi                             | Jumlah Rumah | Laju dosis gamma eksternal |                          | Konsentrasi ( $\text{Bq.m}^{-3}$ ) |                   | Dosis efektif ( $\text{mSv.th}^{-1}$ ) |                   | Total $^{222}\text{Rn}$ & $^{220}\text{Rn}$ ( $\text{mSv.th}^{-1}$ ) |
|------------------------------------|--------------|----------------------------|--------------------------|------------------------------------|-------------------|--|-------------------|--|
|                                    |              | (nSv/jam)                  | ( $\text{mSv.th}^{-1}$ ) | $^{222}\text{Rn}$                  | $^{220}\text{Rn}$ | $^{222}\text{Rn}$                      | $^{220}\text{Rn}$ |  |
| Sungai liat, Riau Silip            | 8            | 116                        | 0,82                     | $52,56 \pm 3,72$                   | $69,93 \pm 4,87$  | 1,32                                   | 1,74              | 3,06   |
| Belinyu, Namang, Belilik           | 9            | 124                        | 0,87                     | $53,97 \pm 3,83$                   | $66,15 \pm 4,68$  | 1,36                                   | 1,67              | 3,03   |
| Koba, Lubuk Besar                  | 8            | 99                         | 0,69                     | $50,99 \pm 3,61$                   | $58,05 \pm 3,47$  | 1,28                                   | 1,24              | 2,52   |
| Bukit Terap, Toboali               | 8            | 107                        | 0,75                     | $41,51 \pm 2,94$                   | $50,39 \pm 3,56$  | 1,05                                   | 1,24              | 2,29   |
| Air gegas, Nyilanding, Sebagian    | 7            | 131                        | 0,92                     | $56,32 \pm 3,98$                   | $40,27 \pm 2,85$  | 1,42                                   | 1,07              | 2,49   |
| Pulau Besar, Payung                | 6            | 71                         | 0,50                     | $60,04 \pm 4,25$                   | $36,07 \pm 2,55$  | 1,51                                   | 0,61              | 2,12   |
| Sungai Selan, Gerunggung           | 12           | 76                         | 0,53                     | $36,50 \pm 2,58$                   | $31,68 \pm 2,24$  | 0,92                                   | 0,80              | 1,72   |
| Mendo Barat, Pangkal Beras, Tritip | 8            | 107                        | 0,75                     | $47,77 \pm 3,38$                   | $41,53 \pm 2,94$  | 1,2                                    | 1,05              | 2,25   |
| Bakam, Kelapa                      | 10           | 82                         | 0,57                     | $35,37 \pm 2,50$                   | $30,84 \pm 2,18$  | 0,89                                   | 0,78              | 1,67   |
| Parit III, Simp. Tritip, Mentok    | 9            | 154                        | 1,10                     | $48,44 \pm 3,42$                   | $95,33 \pm 6,74$  | 1,22                                   | 2,40              | 3,62   |
| Rata-rata                          |              | 107                        | 0,75                     | 48,35                              | 52,02             | 1,22                                   | 1,26              | 2,48   |

Tabel 7. Laju dosis gamma dan konsentrasi  $^{222}\text{Rn}$  serta  $^{220}\text{Rn}$  dalam rumah di Belitung

| Lokasi               | Jumlah Rumah | Laju dosis gamma eksternal |                          | Konsentrasi ( $\text{Bq.m}^{-3}$ ) |                   | Dosis efektif ( $\text{mSv.th}^{-1}$ ) |                   | Total $^{222}\text{Rn}$ & $^{220}\text{Rn}$ ( $\text{mSv.th}^{-1}$ ) |
|----------------------|--------------|----------------------------|--------------------------|------------------------------------|-------------------|--|-------------------|--|
|                      |              | (nSv/jam)                  | ( $\text{mSv.th}^{-1}$ ) | $^{222}\text{Rn}$                  | $^{220}\text{Rn}$ | $^{222}\text{Rn}$                      | $^{220}\text{Rn}$ |  |
| Badau                | 17           | 90                         | 0,63                     | $29,55 \pm 2,09$                   | $31,57 \pm 2,19$  | 0,74                                   | 0,80              | 1,54   |
| Membalong            | 27           | 73                         | 0,51                     | $28,64 \pm 2,03$                   | $31,21 \pm 2,21$  | 0,72                                   | 0,82              | 1,54   |
| Tj. Pandan           | 10           | 122                        | 0,86                     | $49,50 \pm 3,50$                   | $40,57 \pm 2,87$  | 1,25                                   | 1,02              | 2,27   |
| Sijuk                | 10           | 131                        | 0,92                     | $63,22 \pm 4,47$                   | $53,86 \pm 3,81$  | 1,59                                   | 1,36              | 2,95   |
| Klp. Kampit, Dendang | 10           | 97                         | 0,68                     | $44,37 \pm 3,14$                   | $65,14 \pm 4,61$  | 1,12                                   | 1,46              | 2,58   |
| Sp. Pesak            | 7            | 75                         | 0,53                     | $58,16 \pm 4,11$                   | $31,94 \pm 2,26$  | 1,47                                   | 0,80              | 2,27   |
| Gantung, Sp. Ringgan | 8            | 55                         | 0,38                     | $39,81 \pm 2,81$                   | $38,26 \pm 2,71$  | 1,01                                   | 0,76              | 1,78   |
| Manggar              | 10           | 57                         | 0,40                     | $51,53 \pm 3,64$                   | $30,71 \pm 2,17$  | 1,3                                    | 0,77              | 2,07   |
| Damas, Renggiang     | 9            | 90                         | 0,63                     | $49,39 \pm 3,49$                   | $57,77 \pm 4,09$  | 1,24                                   | 1,18              | 2,42   |
| Rata-rata            |              | 88                         | 0,62                     | 46,02                              | 42,34             | 1,16                                   | 1,00              | 2,16   |

Akibatnya pembentukan cebakan sekunder di Belitung tidak seintensif seperti di pulau Bangka.

Bila dibandingkan dengan daerah-daerah pertambangan timah di negara lain seperti Nigeria dan Malaysia, tingkat konsentrasi  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  dan  $^{40}\text{K}$  dalam tanah Kepulauan Bangka Belitung dalam rentang

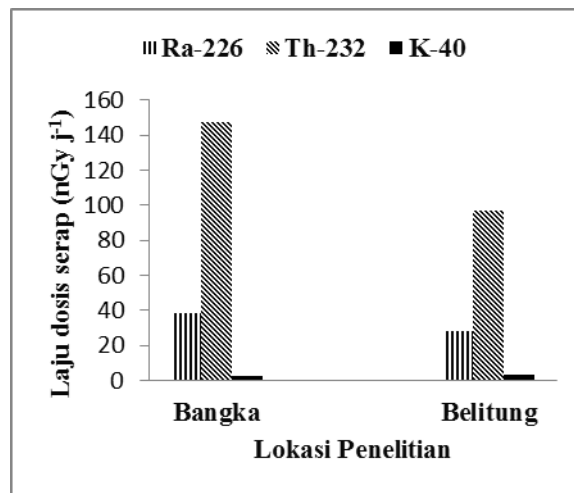
dan rata-rata relatif lebih rendah seperti yang ditampilkan pada tabel 8. Akan tetapi lebih tinggi bila dibandingkan dengan nilai rata-rata dunia untuk tanah lingkungan normal yang dilaporkan oleh UNSCEAR 2000.

Tabel 8. Perbandingan konsentrasi  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  dan  $^{40}\text{K}$  Tanah Bangka-Belitung dengan negara lain

| Negara                    | Konsentrasi ( $\text{Bq kg}^{-1}$ ) |                      |                      | Pustaka               |
|---------------------------|-------------------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
|                           | $^{226}\text{Ra}$                   | $^{232}\text{Th}$    | $^{40}\text{K}$      |                       |
| <b>Nigeria</b>            |                                     |                      |                      |                       |
| Bitsichi, Bukuru and Ropp | 109-163                             | 147-451              | 466-1062             | (Jibiri dkk., 2007a)  |
| Bitsichi                  | 109 – 470,6                         | 122,7 – 2189,5       | BDL – 166,4          | (Jibiri dkk., (2007b) |
| <b>Malaysia</b>           |                                     |                      |                      |                       |
| Kg. Sg. Durian            | 32 – 554<br>(196)                   | 64 – 1806<br>(628)   | 21 – 2522<br>(475)   | (Ramli dkk., 2009)    |
| Kinta                     | 112                                 | 246                  | 277                  | (Lee dkk., 2009)      |
| Selama                    | 178                                 | 353                  | 296                  | (Ramli dkk., 2009)    |
| <b>Indonesia</b>          |                                     |                      |                      |                       |
| Bangka                    | 16,8 – 544<br>(83,8)                | 21,3 – 2170<br>(244) | 14,4 – 191<br>(55,1) | Penelitian ini        |
| Belitung                  | 4,8 – 258<br>(60,87)                | 7,3 – 742<br>(161)   | 5.3 – 368<br>(84,96) |                       |
| Rata-rata Dunia           | 33                                  | 45                   | 420                  | (UNSCEAR, 2000)       |

Di antara ke tiga radionuklida alam yang terdeteksi di dalam tanah di pulau Bangka dan Belitung,  $^{232}\text{Th}$  mempunyai nilai laju dosis serap rata-rata tertinggi seperti yang ditampilkan pada Gambar 2. Persentase

laju dosis eksternal dari  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  dan  $^{40}\text{K}$  adalah berturut-turut 21 %, 77 % and 2 %. Hal ini menunjukkan bahwa kontributor utama paparan radiasi gamma eksternal di Bangka-Belitung adalah  $^{232}\text{Th}$ .



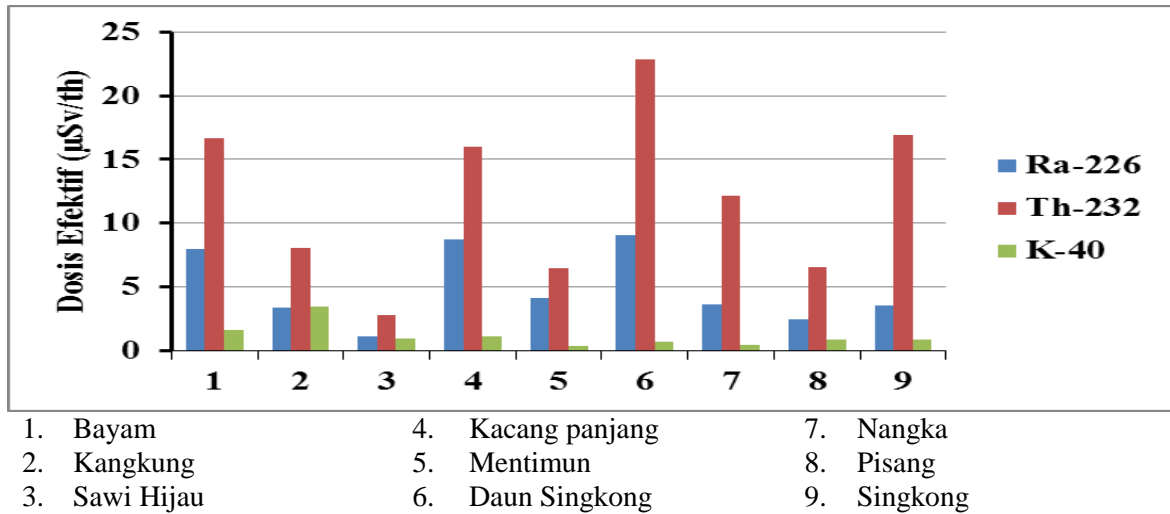
Gambar 2. Laju dosis serap rata-rata  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ , dan  $^{40}\text{K}$  di Pulau Bangka dan Belitung

Radionuklida  $^{232}\text{Th}$  juga merupakan kontributor utama dosis efektif internal yang

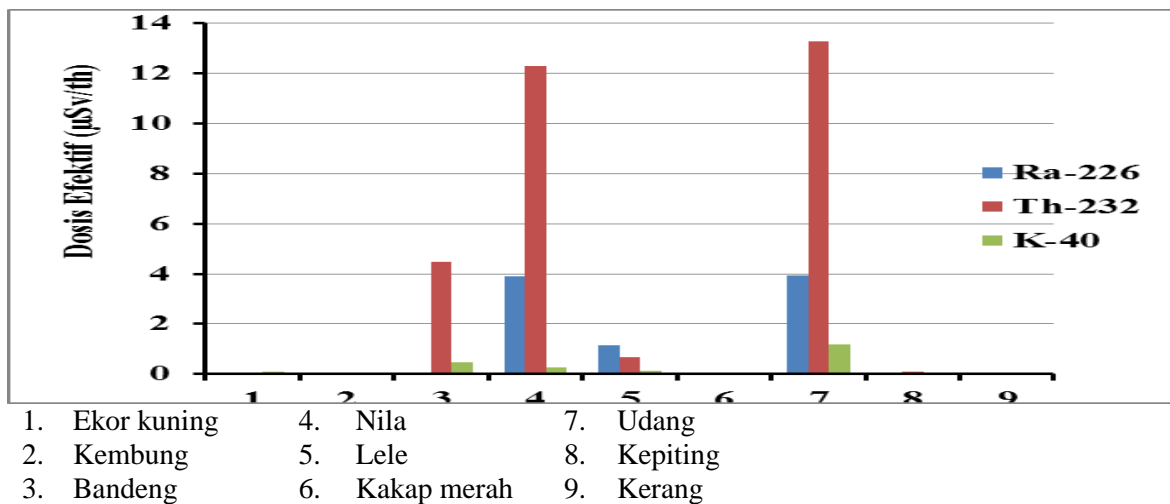
diterima publik Bangka Belitung. Hal ini terlihat dari hasil perbandingan dosis efektif

yang diterima publik dari intake radionuklida  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  dan  $^{40}\text{K}$  melalui sayur-sayuran, buah-buahan, umbi-umbian dan ikan seperti yang ditampilkan dalam Gambar 3 dan 4. Untuk jenis bahan tanaman pangan, jenis yang memberikan dosis efektif tertinggi adalah daun singkong, kacang panjang, bayam dan ubi singkong. Jenis biota ikan yang dominan memberikan dosis efektif adalah udang dan nila. Udang termasuk jenis ikan yang habitatnya di dasar air, pergerakannya tidak jauh dan sering kontak dengan sedimen sehingga menyerap

radionuklida alam yang terkandung di dalam sedimen lebih tinggi. Nila adalah jenis ikan air tawar yang hidup di sungai-sungai. Umumnya sungai-sungai menerima aliran limbah dari kegiatan penambangan timah yang kaya dengan radionuklida alam  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  and  $^{40}\text{K}$ . Kemungkinan sungai-sungai sudah terkontaminasi dengan radionuklida-radionuklida ini. Oleh karena itu radionuklida-radionuklida tersebut akan memasuki rantai makanan dalam sistim kehidupan akuatik sungai diantaranya ikan Nila (Jwanbot, 2012, Yusof, 2001).



Gambar 3. Perbandingan dosis efektif dari tanaman pangan



Gambar 4. Perbandingan dosis efektif dari biota ikan.

Kondisi rumah dan bahan konstruksi rumah di Bangka Belitung sangat mempengaruhi laju dosis gamma di dalamnya baik di ruang keluarga maupun

kamar tidur. Laju dosis gamma berkisar dari 50 sampai 300 nSv/jam di dalam rumah penduduk di Pulau Bangka dan 21 sampai 242 nSv/jam di Pulau Belitung. Namun bila



dirata-ratakan berdasarkan lokasi maka nilai laju dosis dalam rumah penduduk hampir merata seperti yang diperlihatkan pada tabel 6 dan 7.

Konsentrasi gas radon maupun gas toron di dalam rumah-rumah penduduk di Kepulauan Bangka Belitung juga bervariasi bergantung kepada kondisi rumah dan struktur bangunan. Di Pulau Bangka konsentrasi radon terendah 9,76 Bq/m<sup>3</sup> dan tertinggi 84,21 Bq/m<sup>3</sup>. Sedangkan toron konsentrasi terendah 4,96 Bq/m<sup>3</sup> dan tertinggi 202 Bq/m<sup>3</sup>. Di Pulau Belitung konsentrasi radon terendah 4,0 Bq/m<sup>3</sup> dan tertinggi 98 Bq/m<sup>3</sup>. Sedangkan untuk toron konsentrasi terendah 5,0 Bq/m<sup>3</sup> dan tertinggi 192 Bq/m<sup>3</sup>. Akan tetapi secara rata-rata konsentrasi radon dan toron di Bangka dan Belitung tidak terlalu bervariasi antara satu lokasi dengan yang lain seperti yang dapat dilihat pada tabel 6 dan 7. Konsentrasi radon

maupun toron yang tertinggi masih jauh lebih rendah, jika dibandingkan dengan nilai batas konsentrasi maksimum yang diizinkan (MPC), yaitu 200 Bq/m<sup>3</sup> untuk konsentrasi gas radon dan 600 Bq/m<sup>3</sup> untuk konsentrasi gas toron di dalam rumah (ICRP, 1999).

Berdasarkan hasil pengukuran dan perkiraan dosis efektif masing-masing jalur paparan yang diterima publik, pada tabel 9 disajikan total perkiraan dosis efektif baik dari paparan eksternal radiasi gamma di dalam dan luar rumah, maupun paparan internal dari rantai makanan dan inhalasi gas radon-toron di dalam rumah. Total dosis efektif yang diterima publik Provinsi Kepulauan Bangka Belitung adalah 5,14 mSv per tahun. Jalur paparan yang memberikan kontribusi terbesar adalah gas radon – toron, kemudian jalur rantai makanan (ingesti), setelah itu paparan radiasi gamma di luar dan di dalam rumah.

Tabel 9. Total dosis efektif yang diterima publik per tahun dari jalur eksternal dan internal

| No                          | Jalur paparan                                     | Rata-rata dosis efektif (mSv/th) | Presentase kontribusi (%) |
|-----------------------------|---|----------------------------------|---------------------------|
| 1                           | Paparan gamma eksternal di luar rumah             | 1,17                             | 23                        |
| 2                           | Paparan gamma eksternal di dalam rumah            | 0,69                             | 13                        |
| 3                           | Ingesti sayur-sayuran, ubi-ubian, dan buah-buahan | 0,16                             | 3                         |
| 4                           | Ingesti biota ikan                                | 0,04                             | 1                         |
| 5                           | Ingesti air minum                                 | 0,76                             | 15                        |
| 6                           | Inhalasi gas radon dan toron                      | 2,32                             | 45                        |
| Total dosis efektif tahunan |   | 5,14                             | ~ 100                     |

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Perkiraan dosis efektif yang diterima anggota masyarakat (publik) Provinsi Kepulauan Bangka Belitung telah dilakukan berdasarkan nilai konsentrasi dari radionuklida alam primordial <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th dan <sup>40</sup>K dalam komponen-komponen lingkungan yang disampling dari daerah Kepulauan Bangka Belitung seperti tanah permukaan, tanaman pangan, biota ikan, air minum serta pengukuran secara langsung (in-situ) laju dosis gamma di dalam rumah dan pengukuran konsentrasi radon (<sup>222</sup>Rn) dan (<sup>220</sup>Rn) toron secara kontinyu selama 3 (tiga) bulan di dalam rumah-rumah penduduk.

Dari hasil pengukuran yang diperoleh, radionuklida <sup>232</sup>Th merupakan

radionuklida yang paling tinggi memberikan kontribusi dosis efektif baik eksternal maupun internal, kemudian <sup>226</sup>Ra dan terakhir <sup>40</sup>K. Hal ini menunjukkan bahwa <sup>232</sup>Th adalah merupakan unsur utama dalam tanah dan batuan yang terdapat di Kepulauan Bangka Belitung. Jalur paparan yang paling dominan memberikan kontribusi dosis efektif kepada publik adalah inhalasi gas radon – toron di dalam rumah dan paparan radiasi gamma di luar dan dalam rumah.

Dari penelitian ini, ditemukan bahwa anggota masyarakat (publik) di Provinsi Kepulauan Bangka-Belitung menerima dosis efektif total tahunan lebih tinggi dari nilai rata-rata lingkungan latar normal di dunia.

## Saran

Perlu diberikan edukasi pada masyarakat bahwa kepulauan Bangka Belitung selain memiliki sumber daya alam timah, juga mengandung zat radioaktif alamiah yang berpotensi memberikan kontribusi dosis radiasi terhadap masyarakat. Mengingat yang paling dominan memberikan radiasi adalah gas radon, toron, dan paparan gamma di dalam rumah, maka sebaiknya diusahakan bahan yang digunakan untuk membangun rumah adalah bahan-bahan dengan kandungan radioaktif lebih rendah. Selain itu, rumah harus memiliki ventilasi yang bagus, sehingga gas radon dan toron dapat mengalir ke luar rumah.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PTKMR BATAN yang telah mendukung terlaksananya kegiatan penelitian ini melalui anggaran penelitian PTKMR. Penulis juga tak lupa berterima kasih kepada semua pihak khususnya semua staf Bidang Radioekologi PTKMR BATAN yang telah memberikan dukungan dan bantuan dalam penyelesaian penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim (2013) Ringkasan Eksekutif Pengeluaran dan Konsumsi Penduduk Indonesia, Survei Sosial Ekonomi Nasional, Berdasarkan Hasil Susenas September 2012, BPS, Jakarta.
- Hazrati, S., Sadeghi, H., Amani, M., Alizadeh, B., Fakhimi H. and Rahimzadeh, S. (2010) Assesment of Gamma Dose Rate in Indoor Environments in Selected District of Ardabil Province, Northwestern Iran, *International Journal of Occupational Hygiene*, 2 (1) pp. 42-45 <http://www.babelprov.go.id/content/kependudukan>, [akses 18 Agustus 2015]
- IAEA (1989) *Measurement of Radionuclides in Food and the Environment*, Technical Reports Series No. 295, Vienna, Austria 22.
- IAEA (2004) *Soil Sampling for Environmental Contaminants*, IAEA-TECDOC-1415, Vienna, Austria.
- IAEA (2013) Review of Methodology and Measurement Technique, IAEA Analytical Quality in Nuclear Applications No. IAEA/AQ/33, Viena.
- ICRP (1999) The System of Radiological Protection Revised Protection of the Public Against Prolonged Exposure, ICRP Publication 82, International Commission on Radiological Protection, New York.
- ICRP (2012) International Commission on Radiological Protection. Compendium of Dose Coefficients based on ICRP Publication 60. ICRP Publication 119, Elsevier Ltd.
- Jibiri, N. N., Farai, I. P (2007) Activity Concentrations of  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Th}$  and  $^{40}\text{K}$  in Different Food Crops from a High Background Radiation Area in Bitsichi, Jos Plateau, Ngeria. *Radiation and Environmental Biophysics*, 46 pp. 53-59
- Jibiri, N. N., Farai, I. P., Alausa, S. K (2007) Estimation of Annual Effective Dose due to Natural Radioactive Elements in Ingestion of Foodstuffs in Tin Mining area of Jos-Plateau, Nigeria, *J. Environmental Radioactivity*, 94 pp. 31 – 40.
- Jibiri, N. N., Obarhua, S. T. U (2013) Indoor and Outdoor Gamma Dose Rate Exposure Levels in Major Commercial Building Material Distribution Outlets and Their Radiological Implications to Occupants in Ibadan, Nigeria, *Journal of Natural Sciences Research*, 3 (3) pp. 25-31
- Jwanbot, D. L., Izam, M. M. and Nyam, G. G (2012) Radioactivity in Some Food Crops from High Background Radiation Area on the Jos-Plateau, Nigeria, *Journal of Natural Science Research*, 2 (6) pp. 76 -78.
- Kumar, A., Chauhan, R. P (2014) Measurement of Indoor radon-thoron Concentration and radon soil gas in some North Indian dwellings, *J. Geochem. Exploration* 143 pp. 155 - 162
- Lee, S. K., Wagiran, H., Ramli, A. T., Apriantoro, N. H., Wood, A. K (2009) Radiological Monitoring : Terrestrial Natural Radionuclides in Kinta Distric, Perak, Malaysia, *Journal of Environmental Radioactivity* 100 pp. 368 – 374.
- Ramli, A.T., Apriantoro, N.H., Wagiran, H (2009) Assessment of Radiation Dose Rates in the High Terrestrial Gamma Radiation Area of Selama District, Perak, Malaysia *Applied Physics Research*, 1 pp. 45
- Ramli, A.T., Apriantoro, N.H., Wagiran, H., Lee, S.K. and Wood A.K (2009) Health Risk Implications of High Background Radiation Dose Rate in Kampung Sungai Durian, Kinta District, Perak, Malaysia. *Global Journal of Health Science*, 1, pp. 140
- Schwartz, M. O., Rajah, S. S., Askury, A. K., Putthapiban, P., Djaswadi, S., (1995) The Sotheast Asian Tin Belt, *Earth-Science, Reviews* 38 pp. 95 – 293.
- Syarbaini, Warsona A, Iskandar, D. (2014) Natural Radioactivity in Some Food Crops from Bangka-Belitung Islands, Indonesia, *Atom Indonesia*, 40 (1) pp. 27 – 32.
- Syarbaini, Kusdiana, Iskandar, D. (2015a) Concentration of Natural Radionuclides in Soil and Assessment of External Exposure to The Public in Bangka – Belitung Islands Indonesia, *International Journal of Sustainable Energy and Environment*, 3 (1), pp. 1 – 11.
- Syarbaini, Pudjadi, E. (2015b) Radon and Thoron Exhalation Rates from Surface Soil of Bangka-Belitung Islands, Indonesia,

- Indonesian Journal on Geoscience*, 2 (1) pp. 35-42
- Syarbaini, Setiawan, A. (2015c) Terrestrial Gamma Radiation Exposure in Bangka-Belitung Islands, Indonesia, *Atom Indonesia*, 41(1) pp. 10-15
- Tahir, S. N. A., Ayub, M. and Khan, M. Z (2010) Radiometric analysis of Samples of Domestic Fish species and Radiological Implications, *Health Physics*, 98 (5) pp. 741.
- UNSCEAR (1993) Sources and Effects of Ionizing Radiation, Report to the General Assembly with Scientific Annexes, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, United Nations publication, New York.
- UNSCEAR (2000) Sources and Effects of Ionizing Radiation, *United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation*, United Nations publication, New York.
- Yusof, A.M., Mahat, M.N., Omar, N., Wood, A.K.H (2001) Water quality studies in an aquatic environment of disused tin-mining pools and in drinking water, *Ecological Engineering* 16 pp. 405 – 414.