

EVALUASI RADIOAKTIVITAS GROSS BETA DAN IDENTIFIKASI RADIONUKLIDA PEMANCAR GAMMA DALAM BUAH-BUAHAN IMPOR DAN LOKAL

H. Muryono

P3TM – BATAN

ABSTRAK

EVALUASI RADIOAKTIVITAS GROSS BETA DAN IDENTIFIKASI RADIONUKLIDA PEMANCAR GAMMA DALAM BUAH-BUAHAN IMPOR DAN LOKAL. Telah dilakukan evaluasi tentang radioaktivitas gross beta dan identifikasi radionuklida pemancar gamma dalam buah-buahan impor dan lokal. Di era globalisasi terjadi persaingan yang sangat ketat terhadap kualitas produk lokal dan produk impor, termasuk produk buah-buahan. Radioaktivitas yang terdapat dalam buah-buahan, sebagian berasal dari radionuklida yang ada di lingkungan tempat hidupnya dan diserap lewat sistem perakarannya serta didistribusikan ke organ-organ tumbuhan termasuk buah. Sedangkan sebagian lain berasal dari partikulat debu radioaktif yang ada di udara dan menempel pada kulit buah selama proses pemasaran. Dipilih sampel buah-buahan lokal dan impor antara lain anggur, apel, jeruk, lengkeng, nanas, pepaya dan pisang. Sampel buah dipisahkan bagian kulit buah dan daging buah. Partikulat debu di kulit buah, kulit buah dan daging buah dicacah untuk mengetahui tingkat radioaktivitasnya dan untuk identifikasi radionuklida pemancar gamma. Rerata radioaktivitas pada buah impor lebih besar daripada buah lokal. Masing-masing besarnya adalah 114,53 Bq/kg untuk buah-buahan impor dan 100,97 Bq/kg untuk buah-buahan lokal. Dalam buah-buahan impor dan lokal teridentifikasi radionuklida Tl-208, Bi-214, Ac-228 dan K-40, yang masing-masing dengan aktivitas 3,8-8,82 Bq/kg, 0,30-2,02 Bq/kg, 0,03-1,42 Bq/kg dan 0,32-0,66 Bq/kg. Radioaktivitas yang terdeteksi dalam sampel buah-buahan impor dan lokal masih di bawah ambang batas yang membahayakan bagi manusia.

ABSTRACT

THE EVALUATION OF GROSS BETA RADIOACTIVITIES AND THE IDENTIFICATION OF GAMMA EMITTER RADIONUCLIDES IN IMPORT AND LOCAL FRUITS. The evaluation of gross beta radioactivities and gamma emitter radionuclides identification were done. In the globalization era there was a high competition between import product quality and local product quality, especially on the fruits products. Radioactivity in the fruit products come from radionuclide that was in his life system and absorbed to the inside of the plant by roots, and then distributed to all plant organ, especially to fruits. Other radioactivities source come from radioactive fall out that clinked and covered fruit skin surface along the marketing process. Fruits import and local sample choosed were grape, apple, citrus, longan, pineapple, papaya, and banana. Each fruit samples separated to the flesh fruit and skin fruit. Fall out in the skin fruit, skin fruit and flesh fruit prepared and counted to know the level of radioactivity and to identify gamma emitter radionuclides. Average of imported fruit radioactivities higher than local fruits radioaktivities. There were 114,53 Bq/kg of imported fruits and 100,97 Bq/kg of local fruits. Radionuclides of Tl-208, Bi-214, Ac-228 and K-40 identified in the imported and local fruits. The activities of the radionuclides were 3,8-8,82 Bq/kg, 0,30-2,02 Bq/kg, 0,03-1,42 Bq/kg and 0,32-0,66 Bq/kg..The radioactivities of the local and imported fruits samples are lower than the threshold value.

PENDAHULUAN

Di era globalisasi tidak lagi terdapat batas antar negara, sehingga dalam bidang perdagangan terjadi persaingan yang sangat ketat antara kualitas produk lokal dan kualitas produk impor, termasuk produk buah-buahan. Konsumen di dalam negeri akan tetap memilih produk yang

paling baik, sehingga produk dengan kualitas rendah akan tidak laku di pasaran. Radioaktivitas dan jenis radionuklida dalam suatu produk merupakan salah satu mata uji kualitas dari semua produk yang dikonsumsi (1,2).

Radioaktivitas yang terdapat dalam buah-buahan, sebagian berasal dari radionuklida yang

ada di lingkungan tempat hidupnya. Radionuklida diserap lewat sistem perakaran dan didistribusikan ke organ-organ tumbuhan termasuk buah. Sebagian radionuklida yang lain berasal dari partikulat debu radioaktif yang ada di udara dan menempel pada kulit buah selama proses pemasaran. Radionuklida yang ada di dalam buah dan yang menempel di kulit buah, keduanya akan memberikan kontribusi terhadap radioaktivitas total dari buah-buahan (3,4). Dipilih sampel buah-buahan lokal dan impor antara lain anggur, apel, jeruk, lengkeng, nanas, pepaya, dan pisang. Sampel buah dipisahkan bagian kulit buah dan daging buah. Partikulat debu radioaktif di kulit buah, kulit buah dan daging buah dicacah untuk mengetahui tingkat radioaktivitasnya dan untuk mengidentifikasi radionuklida pemancar gamma.

Bahan pangan yang berasal dari biji padi-padian mengandung radioaktivitas total sebesar 4,52-6, 78 Bq/g (3). Di dalam sayuran daun kacang-kacangan yang termasuk kelompok tumbuhan dikotil terdeteksi radioaktivitas gross beta sebesar 1,99-7,01 Bq/g. Beberapa jenis rumput pakan ternak terdeteksi radioaktivitas gross beta sebesar 2,49-7,97 Bq/g. Radionuklida Ac-228, Bi-207, Bi-214, K-40, Pb-212 dan Pb-214 terdeteksi baik dalam daun sayuran dari kelompok tumbuhan dikotil, maupun tumbuhan rumput pakan ternak dari kelompok tumbuhan monokotil (5).

Hipotesis dari penelitian ini ialah bahwa buah-buahan impor mengandung radioaktivitas yang lebih tinggi daripada buah-buahan lokal. Hal ini didasarkan pada asumsi bahwa kegiatan penggunaan bahan nuklir di luar negeri baik jumlah maupun frekuensinya lebih besar daripada di Indonesia (misalnya percobaan senjata nuklir, penggunaan dalam bidang pertanian, medis dll.). Akibatnya pencemaran terhadap lahan pertanian juga relatif lebih besar daripada di Indonesia. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat radioaktivitas dan untuk mengidentifikasi radionuklida pemancar gamma dalam buah-buahan impor maupun buah lokal

LANDASAN TEORI

Sumber radiasi yang ada di alam dapat berasal dari sumber radiasi alam dan sumber radiasi buatan. Sumber radiasi alam berasal dari sinar kosmis, radon-222, K-40 dan radionuklida alam lainnya. Sumber radiasi buatan berasal dari penggunaan radiasi dalam bidang medis, percobaan senjata nuklir, hasil produksi dari instalasi nuklir dan reaktor daya. Sinar kosmis yang berasal dari angkasa luar ikut andil dalam

meningkatkan radioaktivitas dalam suatu produk. Demikian juga halnya dengan debu radioaktif jatuhan atau *fall out* yang sebagian besar mengandung radionuklida buatan dan menyebar di sekitar lokasi percobaan bom nuklir. Adanya angin menyebabkan *fall out* menyebar dan secara perlahan akan jatuh ke bumi dan mencemari tanah-tanah pertanian. Bersama aliran air hujan, radionuklida akan masuk ke dalam tanah dan berada dalam sistem perakaran tumbuhan. Radionuklida yang ada di dalam sistem perakaran tumbuhan akan diserap oleh akar tumbuhan melalui beberapa proses fisis dan khemis. Radionuklida yang ada di dalam tubuh tumbuhan akan didistribusikan ke organ-organ tumbuhan dan salah satu diantaranya adalah buah. Dalam proses turun menuju ke bumi, debu radioaktif jatuhan juga akan menempel pada benda-benda yang dilaluinya, seperti buah-buahan yang sedang dalam proses pemasakan atau buah-buahan paska panen yang sedang dalam proses pemasaran. (3,4,5).

BAHAN DAN TATAKERJA

Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian menggunakan *Complete Randomized Design* (CRD) dengan 4 variabel, yaitu variabel jenis buah-buahan, variabel asal buah (buah lokal dan buah impor), variabel bagian-bagian dari buah (kulit buah, daging buah dan partikel debu yang menempel pada kulit buah), dan variabel jenis radionuklida yang teridentifikasi.

Pengumpulan Cuplikan

Bahan penelitian yang berupa buah-buahan lokal dan buah impor dikumpulkan dari pasar tradisional di beberapa lokasi di kota Yogyakarta, pada bulan Februari 2004. Buah-buahan yang dikumpulkan antara lain anggur (*Vitis vinifera* L.), apel (*Molus sylvestris* Mill.), jeruk (*Citrus sinensis* Osb.), lengkeng (*Euphoria longan* Lour.), nanas (*Ananas comosus* Merr.), pepaya (*Carica papaya* L.) dan *pisang* (*Musa paradisiaca* L.). Masing-masing sampel dikumpulkan sebanyak 1 kg.

Preparasi Cuplikan

Debu yang menempel pada buah diusap/dibersihkan dengan kertas tisu sampai bersih. Kertas tisu yang mengandung partikel debu dimasukkan ke dalam wadah sampel dan ditimbang. Buah kemudian dikupas dan dipisahkan antara kulit buah dan daging buah. Kertas tisu, kulit buah dan daging buah masing-masing diabukan dan abunya dicacah dengan alat cacah beta latar rendah (LBC) untuk mengetahui

radioaktivitas total. Sebagian abunya dicacah dengan spektrometri gamma untuk mengetahui distribusi radionuklida di dalam buah. Preparasi cuplikan mengacu pada KUSTIONO dkk. 1992.

Jaminan Mutu dan Kalibrasi Efisiensi vs Energi

Aplikasi jaminan mutu mengacu pada, AGUS SUBAGIO 1995, SUKARMAN 1995 dan SUDARTI dkk., 1996. Sebelum pencacahan, dilakukan optimasi efisiensi versus energi pada variabel jarak sampel dengan detektor, variabel tebal sampel dan variabel waktu pencacahan dengan menggunakan bahan standar SRM IAEA-373 (*Radionuclides in Grass*). Diperoleh hasil optimasi dari ketiga variabel tersebut yaitu jarak sampel dengan detektor 5,5 cm, tebal sampel 3 cm dan waktu cacah 20 jam. Lihat Gambar-1.

Pencacahan dan Pengukuran Radioaktivitas Cuplikan

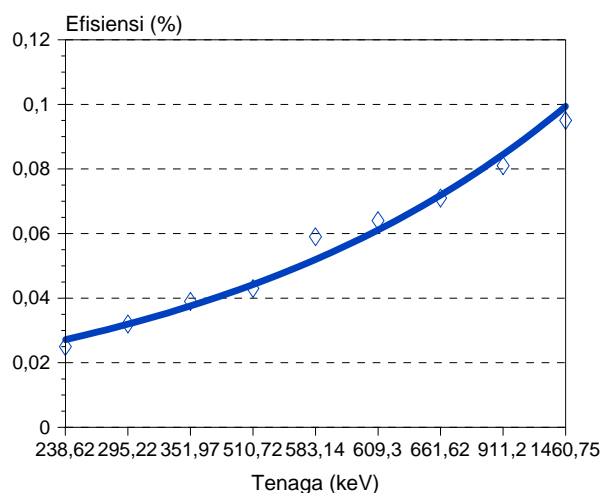
Sampel blangko berupa wadah sampel kosong diletakkan 5,5 cm dari detektor dan dilakukan

pencacahan selama 20 jam (=72000 detik). Sampel debu kulit buah, kulit buah dan daging buah masing-masing diperlakukan sama dengan sampel blangko. Pencacahan diulangi 3 kali.

Pencacahan dilakukan pada kondisi optimum dari sistem. Hasil pencacahan blangko merupakan cacah latar sehingga besarnya cacah bersih (*netto*) adalah cacah cuplikan dikurangi dengan cacah latar. Pengukuran aktivitas dilakukan dengan metode komparatif menggunakan bahan standar SRM IAEA-373. Setekah diperoleh cacah neto kemudian dihitung aktivitasnya. Perhitungan aktivitas dilakukan dengan mengacu pada KUSTIONO dkk. 1992., dan SUDARTI, 1995.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi jaminan mutu dalam bentuk kurva optimasi efisiensi versus energi dari 3 macam variabel disajikan pada Gambar-1. Variabel tersebut antara lain waktu pencacahan yang optimal adalah 20 jam, jarak sampel yang optimal dengan detektor 5,5 cm dan ketebalan sampel yang optimal 3 cm.



Gambar 1. Kurva Efisiensi Versus Energi Untuk Standar SRM 373-IAEA Grass pada Variabel Waktu Cacah (20 jam), Jarak Sampel (5,5 cm) dan Tebal Sampel (3 cm)

Hasil pengukuran radioaktivitas pada sampel buah-buahan lokal disajikan pada Tabel-1. Dari tabel tersebut terlihat bahwa pada buah-buahan lokal terdapat perbedaan yang signifikan antara radioaktivitas di dalam partikulat debu yang menempel pada kulit buah dengan radioaktivitas yang terdapat di dalam kulit buah dan daging buah. Perbandingan persentase radioaktivitas dalam partikulat debu kulit buah, kulit buah dan

daging buah masing-masing adalah 40,86%, 34,31% dan 24,83%. Selain itu, radioaktivitas yang terdapat di dalam kulit buah lebih besar bila dibandingkan dengan radioaktivitas yang ada di dalam daging buah. Buah-buahan apel, nanas, pepaya dan pisang tergolong buah-buahan lokal yang kulit buah dan daging buahnya mengandung radioaktivitas yang tinggi. Hal ini memberikan informasi bahwa sumber

radioaktivitas pada buah-buahan lokal sebagian besar berasal dari partikulat debu yang menempel pada permukaan kulit buah, sedangkan sebagian kecil radioaktivitas berasal dari kulit buah dan daging buah. Radioaktivitas pada buah-buahan lokal apel ($111,7 \pm 1,04$

Bq/kg), nanas ($106,9 \pm 3,09$ Bq/kg), pepaya ($106,2 \pm 1,20$ Bq/kg) dan pisang ($102,9 \pm 2,43$ Bq/kg) menunjukkan angka radioaktivitas yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan jenis buah lainnya. Meskipun demikian perbedaan tersebut tidak signifikan.

Tabel 1. Radioaktivitas Gross Beta pada Buah-buahan Lokal (Bq/kg)

No.	Jenis Buah	Debu Kulit buah	Kulit buah	Daging buah	Total
1	Anggur	$42,3 \pm 0,17$	$30,2 \pm 0,08$	$21,2 \pm 0,11$	$93,7 \pm 1,21$
2	Apel	$43,4 \pm 0,11$	$39,6 \pm 0,13$	$28,7 \pm 0,08$	$111,7 \pm 1,04$
3	Jeruk	$41,0 \pm 0,09$	$31,8 \pm 0,09$	$20,3 \pm 0,07$	$93,1 \pm 1,12$
4	Lengkeng	$40,8 \pm 0,10$	$29,7 \pm 0,08$	$21,8 \pm 0,10$	$92,3 \pm 2,02$
5	Nanas	$41,1 \pm 0,12$	$36,5 \pm 0,10$	$29,3 \pm 0,11$	$106,9 \pm 3,09$
6	Pepaya	$40,0 \pm 0,08$	$38,4 \pm 0,13$	$27,8 \pm 0,13$	$106,2 \pm 1,20$
7	Pisang	$40,2 \pm 0,09$	$36,3 \pm 0,16$	$26,4 \pm 0,09$	$102,9 \pm 2,43$
	Rerata	$41,26 \pm 0,16$	$34,64 \pm 0,13$	$25,07 \pm 0,10$	$100,97 \pm 2,16$

Catatan. Baku mutu radioaktivitas untuk buah-buahan adalah 150 Bq/kg (3)

Tabel 2. Radioaktivitas Gross Beta pada Buah-buahan Impor (Bq/kg)

No.	Jenis Buah	Debu Kulit buah	Kulit buah	Daging buah	Total
1	Anggur	$41,4 \pm 1,12$	$36,7 \pm 1,81$	$29,8 \pm 1,30$	$107,9 \pm 1,15$
2	Apel	$47,8 \pm 0,95$	$41,2 \pm 1,43$	$32,1 \pm 2,12$	$121,1 \pm 2,10$
3	Jeruk	$40,1 \pm 1,50$	$32,2 \pm 1,26$	$29,7 \pm 1,60$	$102,0 \pm 1,21$
4	Lengkeng	$46,1 \pm 1,71$	$38,4 \pm 1,19$	$29,5 \pm 2,41$	$114,0 \pm 2,05$
5	Nanas	$47,2 \pm 1,52$	$40,2 \pm 1,62$	$31,4 \pm 1,15$	$118,8 \pm 1,32$
6	Pepaya	$46,7 \pm 1,34$	$41,4 \pm 2,02$	$32,8 \pm 1,31$	$120,9 \pm 1,19$
7	Pisang	$45,5 \pm 1,26$	$40,0 \pm 1,70$	$31,5 \pm 1,32$	$117,0 \pm 2,18$
	Rerata	$44,97 \pm 1,14$	$38,59 \pm 1,06$	$30,97 \pm 1,20$	$114,53 \pm 2,05$

Catatan. Baku mutu radioaktivitas untuk buah-buahan adalah 150 Bq/kg (3)

Hasil pengukuran radioaktivitas pada sampel buah-buahan impor disajikan pada Tabel-2. Dari tabel tersebut terlihat bahwa pada buah-buahan impor terdapat perbedaan yang signifikan antara radioaktivitas di dalam partikulat debu yang menempel pada kulit buah dengan radioaktivitas yang terdapat di dalam kulit buah dan daging buah. Perbandingan persentase radioaktivitas dalam partikulat debu kulit buah, kulit buah dan daging buah masing-masing adalah 39,26%, 33,69% dan 27,04%. Sedangkan radioaktivitas yang terdapat di dalam kulit buah lebih besar bila dibandingkan dengan radioaktivitas yang ada di dalam daging buah. Apel, nanas, pepaya dan pisang tergolong buah-buahan impor yang kulit buah dan daging buahnya mengandung radioaktivitas yang tinggi. Hal ini memberikan informasi bahwa sumber radioaktivitas pada buah-buahan impor sebagian besar berasal dari partikulat debu yang menempel pada permukaan kulit buah, sedangkan sebagian kecil

radioaktivitas berasal dari kulit buah dan daging buah. Radioaktivitas pada buah-buahan impor apel ($121,1 \pm 2,10$ Bq/kg), nanas ($118,8 \pm 1,32$ Bq/kg), pepaya ($120,9 \pm 1,19$ Bq/kg) dan pisang ($117,0 \pm 2,18$ Bq/kg) menunjukkan angka radioaktivitas yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan jenis buah lainnya. Meskipun demikian perbedaan tersebut tidak signifikan.

Buah impor pada umumnya menunjukkan radioaktivitas yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan buah lokal. Hal ini disebabkan karena lokasi tempat penanaman buah-buahan lebih dekat dengan daerah-daerah lokasi percobaan bom nuklir sehingga radionuklida sumber radiasi lebih banyak yang diserap oleh akar tanaman. Hal ini dapat dilihat dari tingkat radioaktivitas daging buah impor yang menunjukkan angka yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan daging buah lokal. Dalam buah-buahan lokal maupun buah-buahan impor, sebagian besar sumber berasal dari

partikulat debu radioaktif yang menempel pada kulit buah. Hal ini memberikan informasi bahwa dengan mencuci permukaan kulit buah akan sangat mengurangi kontaminasi radioaktivitas bagi konsumen. Radioaktivitas total dalam buah lokal maupun buah impor masih lebih rendah bila

dibandingkan angka baku mutu untuk buah-buahan sebesar 150 Bq/kg.

Hasil identifikasi puncak radionuklida pada sampel buah-buahan lokal dan impor disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Puncak Energi Radionuklida yang terdapat dalam Buah-buahan Lokal dan Impor

No. Puncak	Radionuklida yang terdeteksi pada buah-buahan Lokal	Energi (keV)	Radionuklida yang terdeteksi pada buah-buahan impor	Energi (keV)
1	Tl-208	510,72	Tl-208	511,05
2	Tl-208	583,14	Tl-208	583,97
3	Bi-214	609,30	Bi-214	610,80
4	Bi-214	1120,40	Bi-214	1122,50
50	Ac-228	911,20	Ac-228	912,90
6	Ac-228	964,40	Ac-228	964,70
7	K-40	1460,75	K-40	1461,46

Dari Tabel 3, terlihat bahwa puncak-puncak energi yang muncul diindikasikan sebagai radionuklida Tl-208 (510,72-511,05 keV), Tl-208 (583,14-583,97 keV), Bi-214 (609,30-610,80 keV), Bi-214 (1120,40-1122,50 keV), Ac-228 (911,20-912,90 keV), Ac-228 (964,40-964,70 keV) dan K-40 (1460,75-1461,46 keV).

Radionuklida tersebut teridentifikasi pada sampel partikulat debu yang menempel pada kulit buah, dalam kulit buah dan juga dalam daging buah.

Hasil pengukuran radioaktivitas dari masing-masing radionuklida yang teridentifikasi pada sampel buah-buahan lokal disajikan pada Tabel 4.

Tabel-4. Rerata Aktivitas Radionuklida yang Teridentifikasi pada Buah-buahan Lokal (Bq/kg)

Radionuklida (keV)	Radioaktivitas radionuklida (Bq/kg) dalam sampel :			Total
	Debu kulit buah	Kulit buah	Daging buah	
Tl-208 510,72	0,84±0,098	0,55±0,20	0,37±0,07	1,76±0,21
Tl-208 583,14	4,43±0,43	3,08±0,60	2,11±0,52	9,62±1,43
Bi-214 609,3	2,49±0,41	1,91±0,15	1,20±0,19	5,60±0,97
Bi-214 1120,4	0,40±0,11	0,29±0,05	0,20±0,02	0,89±0,13
Ac-228 911,2	1,70±0,12	1,28±0,18	1,12±0,11	4,10±0,19
Ac-228 964,40	0,05±0,03	0,03±0,015	0,02±0,01	0,10±0,04
K-40 1460,75	0,65±0,08	0,56±0,07	0,32±0,06	1,53±0,15
Rerata	1,51±0,06	1,19±0,10	0,76±0,09	3,46±0,13

Catatan. Baku mutu untuk Bi-214, Ac-228, dan K-40 adalah 75 Bq/kg, 85 Bq/kg, dan 148 Bq/kg (12).

Tabel-5. Rerata Aktivitas Radionuklida yang Teridentifikasi pada Buah-buahan Impor (Bq/kg)

Radionuklida (keV)	Radioaktivitas radionuklida (Bq/kg) dalam sampel :			Total
	Debu kulit buah	Kulit buah	Daging buah	
Tl-208 511,05	1,99±0,12	1,66±0,15	1,80±0,06	5,45±1,11
Tl-208 583,97	5,62±0,35	3,43±0,46	2,34±0,47	11,39±2,04
Bi-214 610,80	2,58±0,27	2,02±0,12	1,45±0,11	6,05±1,03
Bi-214 1122,50	0,52±0,17	0,36±0,08	0,28±0,04	1,16±0,10
Ac-228 912,90	1,68±0,13	1,35±0,21	1,22±0,18	4,25±0,31
Ac-228 963,74	0,07±0,02	0,04±0,02	0,02±0,02	0,13±0,02
K-40 1461,46	0,85±0,10	0,62±0,09	0,51±0,07	1,98±0,15
Rerata	1,90±0,12	1,35±0,09	1,09±0,05	4,34±0,19

Catatan. Baku mutu untuk Bi-214, Ac-228, dan K-40 adalah 75 Bq/kg, 85 Bq/kg, dan 148 Bq/kg (12).

Dari Tabel-4 tersebut terlihat bahwa sebagian besar radionuklida yang teridentifikasi berada di dalam partikulat debu yang menempel pada kulit buah-buahan lokal. Sebagian kecil berada pada kulit buah dan daging buah. Persentase radionuklida di dalam partikulat debu yang menempel pada kulit buah, di dalam kulit buah dan di dalam daging buah masing-masing adalah 43,64%, 34,39 dan 21,97%. Sumbangan radioaktivitas dari yang terbesar berturut-turut adalah dari radionuklida TI-208, Bi-214, Ac-228 dan K-40. Namun demikian, kontribusi radioaktivitas dari radionuklida tersebut masih jauh di bawah baku mutunya.

Hasil pengukuran radioaktivitas dari masing-masing radionuklida yang teridentifikasi pada sampel buah-buahan impor disajikan pada Tabel 5. Dari Tabel-5 tersebut terlihat bahwa sebagian besar radionuklida yang teridentifikasi berada di dalam partikulat debu yang menempel pada kulit buah-buahan impor. Sebagian kecil berada pada kulit buah dan daging buah. Persentase radionuklida di dalam partikulat debu yang menempel pada kulit buah, di dalam kulit buah dan di dalam daging buah masing-masing adalah 43,78%, 31,10% dan 25,12%. Sumbangan radioaktivitas dari yang terbesar berturut-turut adalah dari radionuklida TI-208, Bi-214, Ac-228 dan K-40. Namun demikian, kontribusi radioaktivitas dari radionuklida tersebut masih jauh di bawah baku mutunya.

KESIMPULAN

1. Radioaktivitas buah-buahan impor relatif lebih tinggi bila dibandingkan dengan buah-buahan lokal. Masing-masing besarnya adalah 114,53 Bq/kg untuk buah-buahan impor dan 100,97 Bq/kg untuk buah-buahan lokal. Dari total radioaktivitas tersebut, 41% berasal dari partikel debu yang menempel pada kulit buah, 34% berasal dari bagian kulit buah dan 25% berasal dari bagian daging buah.
2. Dalam buah-buahan impor dan buah-buahan lokal teridentifikasi radionuklida TI-208, Bi-214, Ac-228 dan K-40, masing-masing dengan aktivitas 3,8-8,82 Bq/kg, 0,39-2,02 Bq/kg, 0,04-1,42 Bq/kg dan 0,66 Bq/kg untuk buah-buahan impor dan aktivitas 0,59-3,21 Bq/kg, 0,30-1,87 Bq/kg, 0,03-1,37 Bq/kg dan 0,32 Bq/kg untuk buah-buahan lokal.
3. Radioaktivitas total dalam buah-buahan lokal masing masing adalah $93,7 \pm 1,21$

Bq/kg untuk anggur, $111,7 \pm 1,04$ Bq/kg untuk apel, $93,1 \pm 1,12$ Bq/kg untuk jeruk, $92,3 \pm 2,02$ Bq/kg untuk lengkeng, $106,9 \pm 3,09$ Bq/kg untuk nanas, $106,2 \pm 1,20$ Bq/kg untuk pepaya, dan $102,9 \pm 2,43$ Bq/kg untuk pisang. Radioaktivitas dalam buah-buahan impor masing masing adalah $107,9 \pm 1,15$ Bq/kg untuk anggur, $121,1 \pm 2,10$ Bq/kg untuk apel, $102,0 \pm 1,21$ Bq/kg untuk jeruk, $114,0 \pm 2,05$ Bq/kg untuk lengkeng, $118,8 \pm 1,32$ Bq/kg untuk nanas, $120,9 \pm 1,19$ Bq/kg untuk pepaya, dan $117,0 \pm 2,18$ Bq/kg untuk pisang. Radioaktivitas total dalam buah-buahan tersebut masih di bawah angka baku mutu sebesar 150 Bq/kg.

4. Disarankan untuk selalu mencuci buah dan menghilangkan kulit buah sebelum dikonsumsi agar radioaktivitas yang masuk ke dalam tubuh menjadi minimal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Sdr. Awan Kurniawan dan Artiningsih atas bantuannya dalam pengumpulan sampel, preparasi dan pencacahan cuplikan. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada semua staf dan teknisi laboratorium lingkungan yang telah membantu dalam penyelesaian makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. DEPTAN, 2004. Data Statistik Impor Buah Indonesia. Dirjen Tanaman Buah, Deptan, Jakarta.
2. SIBUEA, P. 2000. Buah-buahan Tropis Menjadi Unggulan Indonesia. Harian Kompas Jakarta, Senin tgl. 25 Mei 2000.
3. WINTERINGHAM. F.P. 1999. Radioactive Fallout in Soils, Crop and Food. FAO Soil Bulletin No.61 IAEA, Rome.
4. ANONIM. 1986. Facts About Low Level Radiation. IAEA, Vienna.
5. MURYONO, H. 1999. Pemantauan Radioaktivitas Total dalam Bahan Sayuran dan Bahan Pangan Di Sekitar Daerah Pemantauan Reaktor Kartini. Laporan Teknis P3TM BATAN Yogyakarta.
6. KUSTIONO, ARIFIN.S. 1992. Metode Pengukuran Aktivitas Sangat Rendah. Prosiding Lokakarya "Kimia dan Teknologi Pemurnian bahan Bakar Nuklir " dan Pertemuan Ilmiah Bahan Murni Fisika Reaktor dan Instrumentasi" BATAN, Yogyakarta.

7. SUDARTI, S., DEWITA, S., DJOKO, S., H. MURYONO, WIJIYONO. 2000. Kalibrasi Efisiensi Fotolistrik Untuk Matrik Cuplikan Lingkungan. Prosiding PPI, PPNY, BATAN, Yogyakarta.
8. SUKARMAN. 1995. Jaminan Kualitas Sistem Spektrometer Gamma Untuk Pencacah Latar Rendah. upressi . PATN, BATAN, Yogyakarta.
9. AGUS SUBAGIO. 1995. Optimasi Peralatan Sistem Supresi Compton Untuk Pengukuran Cuplikan Lingkungan. FMIPA UNDIP, Semarang
10. SUDARTI, S. DEWITA, S. 1996. Uji Kualitas Sistem Supresi Compton. Prosiding PPI, PPNY, BATAN, Yogyakarta.
11. SUDARTI, S. DEWITA, S., SUDIYANTO. 1998. Limit Deteksi Pada Sistem Supresi Compton. Prosiding PPI, PPNY, BATAN, Yogyakarta.
12. GINDO, AGUS, LUBIS, 2000. Keradioaktifan Lingkungan Kawasan PPTN, Serpong dalam Radius 5 km, Periode 1994-1999. Bidang Keselamatan Kerja dan Lingkungan, Pusat Pengembangan Pengelolaan Limbah Radioaktif, BATAN, Jakarta.

TANYA JAWAB**Sigit**

- Apakah mengkonsumsi buah-buahan dari luar negeri berbahaya?
- Berapa batas radioaktivitas buah-buahan yang dapat dikonsumsi?
- Berapa ketelitian alat ukur dan apakah sudah dikalibrasi?

H. Muryono

- Tidak berbahaya bila cemaran radioaktif yang ada di dalam buah masih di bawah ambang batas yang diijinkan.
- Batas radioaktivitas buah-buahan yang masih dapat dikonsumsi adalah di bawah 150 Bq/kg.
- Ketelitian alat ukur untuk LBC adalah $1,90E-01 - 4,47E-01$ cacah/menit/keV untuk tenaga antara 50 – 1000 keV. Sedangkan untuk spektrometri gamma dengan supresi Compton adalah $1,13E-04 - 3,52E-01$ cacah/menit/keV. Sudah dilakukan kalibrasi secara rutin.

Ch. Wariyah

- Bagaimana aplikasi dari penelitian ini di dalam industri?
- Apa manfaat dari penelitian ini?

H. Muryono

- Industri yang terkait adalah industri pengolahan/pengawetan buah. Oleh karena itu, bahan baku buah sebelum diproses dalam industri sebaiknya diseleksi cemaran radioaktifnya sehingga produk akhir dari industri tidak mengandung cemaran radioaktif yang melebihi ambang batas yang diijinkan.
- Penelitian ini bermanfaat untuk meningkatkan keselamatan konsumen buah-buahan.

Sri Hardjanti

- Mengapa buah-buahan impor lebih tinggi cemaran radioaktivitasnya?

H. Muryono

- Instalasi nuklir dan frekuensi kegiatan nuklir lebih tinggi di luar negeri daripada di Indonesia. Falloutnya besar sehingga pencemaran pada tanah perkebunan buah-buahan juga meningkat.