

PENGUKURAN TINGKAT RADIOAKTIVITAS ^{210}Pb DAN ^{40}K PADA TEMBAKAU ROKOK SERTA ESTIMASI DOSIS EFEKTIF YANG DITERIMA DARI MEROKOK

Achmad Chalid Afif¹⁾, Eko Hidayanto¹⁾, Zaenal Arifin¹⁾, Poppy Intan Tjahaja²⁾ dan Putu Sukmabuana²⁾

¹⁾ Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang

²⁾ Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan (PSTNT-BATAN), Bandung

Email: chalidafif@st.fisika.undip.ac.id

ABSTRACT

The radioactivity in tobacco leaves assessment collected from 14 popular brand in Indonesia. Cigarette was studied in order to find activity concentration of ^{210}Pb and ^{40}K in a cigarette sample, and the effective dose induced to smokers from cigarette tobacco due to the naturally occurring radionuclides, such as ^{210}Pb and ^{40}K . It was concluded that the activity concentration of radioisotope ^{210}Pb varied from 2,22 Bq/kg to 5,56 Bq/kg with average $3,968 \pm 1,042$ Bq/kg, ^{210}Pb originated from the air and was deposited onto the tobacco leaves and trapped by trichomes, while for ^{40}K from 8,89 Bq/kg to 15,56 Bq/kg with average $11,75 \pm 1,782$ Bq/kg. ^{40}K in the tobacco leaves was due to root uptake either from soil or fertilizer. The annual effective dose do to inhalation for adults smokers for ^{210}Pb from 16,47 $\mu\text{Sv}/\text{year}$ to 41,18 $\mu\text{Sv}/\text{year}$ with average $29,42 \pm 7,772$ $\mu\text{Sv}/\text{year}$. This dose must be compared with the average worldwide exposure to natural radiation source 2,4 mSv/year and especially the part due to inhalation which is 1,26 mSv/year.

Keywords: Radioactivity, tobacco leaves, effective dose, smoking

ABSTRAK

Pengukuran radioaktivitas pada daun tembakau diperoleh dari 14 merek rokok yang sering dikonsumsi di Indonesia. Penelitian dilakukan untuk mengetahui konsentrasi aktivitas ^{210}Pb dan ^{40}K yang terdapat dalam tembakau pada rokok, kemudian mengestimasi nilai dosis efektif yang diterima oleh perokok dari tembakau rokok yang mungkin diterima dari radionuklida alam ^{210}Pb dan ^{40}K . Dari hasil pengukuran diperoleh nilai konsentrasi aktivitas ^{210}Pb berkisar antara 2,22 Bq/kg hingga 5,56 Bq/kg dengan rata-rata $3,968 \pm 1,042$ Bq/kg, hal ini menunjukkan bahwa ^{210}Pb yang sebenarnya berasal dari udara tersimpan dalam daun tembakau dan terjebak dalam trichoma. Sedangkan ^{40}K berkisar antara 8,89 Bq/kg hingga 15,56 Bq/kg dengan rata-rata $11,75 \pm 1,782$ Bq/kg. ^{40}K berasal dari serapan akar ataupun dari pemukiman. Berdasarkan nilai konsentrasi aktivitas yang telah diperoleh maka estimasi dosis efektif yang diterima oleh perokok berkisar antara 16,47 $\mu\text{Sv}/\text{tahun}$ hingga 41,18 $\mu\text{Sv}/\text{tahun}$ dengan rata-rata dosis efektif $29,42 \pm 7,772$ $\mu\text{Sv}/\text{tahun}$. Nilai dosis ini harus dibandingkan dengan rata-rata paparan di seluruh dunia terhadap sumber radiasi alam yaitu 2,4 mSv/tahun dan khususnya yang diperoleh dari pernafasan yaitu 1,26 mSv/tahun. Maka dosis efektif yang diterima dari merokok masih jauh dibawah nilai tersebut diatas.

Kata kunci: Radioaktivitas, tembakau, dosis efektif, merokok.

PENDAHULUAN

Dalam kehidupan sehari-hari disamping bahan radioaktif buatan manusia, alam juga menyimpan kandungan bahan radioaktif dengan konsentrasi beragam yang dikenal sebagai bahan radioaktif alam. Radiasi kosmik paling besar terdapat pada matahari yang dikenal sebagai reaktor nuklir terbesar di alam semesta. Sementara bahan radioaktif terkecil ialah partikel yang banyak bertebaran di sekitar kita, di antaranya dalam bentuk debu.

Meskipun berukuran kecil, bahan-bahan radioaktif tetap beresiko tinggi diantaranya karena bersifat karsinogenik.

Tembakau mengandung beberapa jenis isotop radioaktif seperti isotop seri uranium dan isotop seri thorium (^{210}Pb , ^{210}Po , dan ^{210}Ra) yang merupakan bahan radioaktif yang bersifat karsinogenik dan dapat ditemukan pada rokok dari tembakau yang dibakar. Perokok aktif maupun perokok pasif terpapar radioaktivitas dengan konsentrasi yang lebih besar daripada

orang yang tidak merokok. Selain itu pada tembakau juga terdapat ^{40}K yang berasal dari serapan akar maupun dari pupuk fosfat [5].

Pada penelitian ini akan dilakukan pengukuran tingkat radioaktivitas ^{210}Pb dan ^{40}K pada beberapa merek rokok terkenal di Indonesia, kemudian dilakukan pencacahan radiasi menggunakan detektor HPGe. Nantinya hasil pencacahan tersebut dapat dihunakan untuk mengestimasi dosis serap yang diterima oleh perokok dalam setahun.

Penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh Constantin Papastefanou dari Aristotle University of Thessaloniki pada tahun 2009. Mereka melakukan penelitian terhadap lima belas jenis daun tembakau yang dikumpulkan dari daerah yang berbeda di Yunani. Penelitian dilakukan untuk mengetahui hubungan antara serapan akar tanaman tembakau terhadap radionuklida dari tanah, dan mengetahui dosis efektif yang diterima oleh perokok yang berasal dari radionuklida alam seperti ^{226}Ra dan ^{210}Pb yang merupakan radionuklida alam seri uranium dan ^{228}Ra pada seri thorium serta radionuklida buatan manusia. Spektrometri gamma dilakukan menggunakan detector jenis Ge planar dan coaxial yang beresolusi dan berefisiensi tinggi. Dari hasil penelitian disimpulkan bahwa aktivitas dari radioisotope radium, ^{226}Ra dan ^{228}Ra pada daun tembakau lebih tampak dari hasil serapan akar dari tanah daripada pupuk yang digunakan selama penanaman tembakau. Timbal-210 sebenarnya berasal dari udara dan terserap kedalam daun tembakau melalui trikoma. Potassium-40 pada daun tembakau muncul karena serapan akar dari tanah atau dari pemupukan. Hasil dari penelitian tersebut diperoleh besarnya estimasi dosis efektif dari penghisapan asap rokok untuk perokok dewasa pertahunnya untuk untuk ^{210}Pb dari 47.0 $\mu\text{Sv}/\text{tahun}$ hingga 134.9 $\mu\text{Sv}/\text{tahun}$ (rata-rata 104.7 $\mu\text{Sv}/\text{tahun}$), sedangkan untuk ^{40}K tidak diperhitungkan nilai dosis efektifnya karena merupakan radioaktif yang melimpah dilingkungan dan lazim terdapat dalam makanan [5].

Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan rekomendasi kepada perokok aktif agar lebih bijaksana dalam merokok karena membahayakan dirinya sendiri maupun orang yang disekitarnya.

DASAR TEORI

Dosis Efektif

Hubungan antara peluang timbulnya efek biologi tertentu akibat penerimaan dosis ekuivalen pada suatu jaringan juga bergantung pada organ atau jaringan yang tersinari. Untuk menunjukkan keefektifan radiasi dalam menimbulkan efek tertentu pada suatu organ diperlukan besaran baru yang disebut besaran *dosis efektif*. Besaran ini merupakan penurunan dari besaran dosis ekuivalen yang dibobot. Faktor pembobot dosis ekuivalen untuk organ T disebut *faktor bobot jaringan*, w_T . Nilai w_T dipilih agar setiap dosis ekuivalen yang diterima seragam diseluruh tubuh menghasilkan dosis efektif yang dinilai sama dengan dosis ekuivalen yang seragam itu. Jumlah factor bobot jaringan untuk tubuh samadengan satu [1].

Timbal - 210 (^{210}Pb)

Karakteristik fisik :

Waktu paruh : 20,4 tahun

Tipe peluruhan : beta-, beta -, alpha (Pb,Bi dan Po, berturut-turut.)

Energi : beta -(Pb) 0,061, beta -(Bi) 1,16, alpha (Po) 5,35 MeV, gamma(Pb) 46,5 keV [2].

Potassium – 40 (^{40}K)

Karakteristik fisik :

Kelimpahan di alam : 0,0117

Waktu paruh : $1,248 \times 10^9$ tahun

Energi : gamma – 1460,8 keV [3].

METODE PENELITIAN

Data spektrometri gamma pada daun tembakau diperoleh dari 14 merek rokok yang sering dikonsumsi di Indonesia yang telah di

uji menggunakan detektor High Purity Germanium (HPGe).

Sampel rokok dibongkar untuk memisahkan tembakau dari filter pembungkusnya. Tembakau dikeringkan menggunakan oven pada suhu 100⁰ C hingga massa tembakau mencapai kestabilan dan tidak menyusut lagi karena kadar air dalam tembakau telah hilang selama proses pengeringan. Hal ini dilakukan agar tidak ada zat radioaktif yang terdapat pada air ikut tercacah nantinya.

Tembakau yang telah kering dihaluskan menggunakan blender, agar potongan tembakau menjadi potongan yang lebih halus dan homogen.

Potongan tembakau yang telah dihaluskan menggunakan blender, ditimbang masing-masing 50 gram dan dimasukkan kedalam botol. Sebelum botol ditutup, permukaan tembakau yang telah dimasukkan dalam botol dilapisi dengan charcoal aktif sebanyak 30 gram, yang berguna untuk menyerap radioaktifitas yang berupa gas sehingga tidak ada radioaktifitas yang terlepas ke udara. Lalu dilakukan *sealed* pada botol yang telah terisi dengan tembakau dan charcoal aktif menggunakan plester listrik beberapa lapisan, sehingga hasil peluruhan yang berupa gas terkungkung didalam botol, tidak lepas keluar ke lingkungan, dan dapat diserap oleh charcoal aktif.

Setelah semua jenis rokok dimasukkan kedalam botol, dan botol di *sealed* ,maka sampel diperam selama empat minggu agar unsur yang terdapat didalam tembakau tersebut meluruh sehingga bisa diketahui energy aktivasi sinar gamma hasil peluruhan tersebut. Hal ini dilakukan karena waktu paruh untuk radionuklida alam berkisar antara tiga minggu, berdasarkan prinsip secular equilibrium yang menyatakan bahwa pada rentang waktu tersebut telah terjadi kesetimbangan peluruhan antara radionuklida induk dengan anak luruhannya.

Sampel yang telah dipreparasi dicacah menggunakan spektrometer gamma dengan

detektor *High Purity Germanium* (HPGe) dengan waktu pencacahan 50.000 detik setiap sampel untuk perulangan pencacahan pertama dan kedua, 80.000 detik untuk pencacahan ketiga.

Konsentrasi aktivitas radionuklida (A=Bq/kg) diperoleh menggunakan persamaan 3.1

$$A = \frac{cps_s - cps_b}{Y \epsilon m} \quad (3.1)$$

Dengan A (Bq/kg) adalah konsentrasi aktivitas tembakau, cps adalah nilai cacah per detik, Y (yield) probabilitas kemunculan sinar gamma, ϵ adalah efisiensi alat, dan m adalah massa kering tembakau.

Kemudian dari nilai konsentrasi aktivitas yang telah diperoleh maka dapat dihitung nilai dosis efektif yang diterima oleh perokok dari merokok dengan persamaan berikut [5].

$$H_E = 0.75 M_T A F \quad (3.2)$$

Dengan M_T (kg/tahun) adalah jumlah konsumsi tembakau tahunan, A (Bq/kg) adalah konsentrasi radionuklida pada sampel, dan F(Sv/Bq) merupakan faktor konversi dosis.Faktor konversi dosis penghirupan asap rokok pada perokok dewasa dari radionuklida ²¹⁰Pb adalah 1,1x10⁻⁶ Sv/Bq [4].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Konsentrasi Radionuklida

Pada tabel konsentrasi aktivitas ²¹⁰Pb dan ⁴⁰K sampel rokok tersebut konsentrasi aktivitas ²¹⁰Pb berkisar antara 2,22 Bq/kg hingga 5,56 Bq/kg dengan rata-rata 3,968 ± 1.042 Bq/kg. Hal ini menunjukkan bahwa atom ²¹⁰Pb merupakan hasil peluruhan dari gas radon (²²²Rn). Gas Radon berasal dari kerak bumi dan terlepas ke atmosfer, kemudian tersimpan dalam daun tanaman tembakau.

Tabel 4.1 Konsentrasi Aktivitas ^{210}Pb dan ^{40}K pada 14 merek rokok (Bq/kg)

Merek	Konsentrasi aktivitas (Bq/kg) tembakau kering	
	^{210}Pb	^{40}K
A	4,44	13,33
B	4,44	8,89
C	3,33	11,11
D	4,44	11,11
E	4,44	11,11
F	3,33	13,33
G	3,33	11,11
H	2,22	11,11
I	4,44	13,33
J	2,22	10,00
K	5,56	15,56
L	5,56	13,33
M	4,44	11,11
N	3,33	10,00

Pada prinsipnya mekanisme penggabungan antara bahan radioaktif dengan tumbuhan tembakau terjadi akibat serapan akar dari tanah. Tanah sebagai media tumbuh tanaman tembakau yang merupakan bahan utama rokok, mengandung radium (^{226}Ra). Radium ini adalah induk yang nantinya dapat meluruh menjadi Radon (^{222}Rn) dan akhirnya menjadi ^{210}Pb . Melalui akar ^{210}Pb pun terserap oleh tanaman tembakau. Mekanisme lainnya yang utama, adalah melalui daun. ^{210}Pb terendapkan pada permukaan daun tembakau sebagai hasil luruh dari gas radon (^{222}Rn) yang berasal dari kerak bumi dan lolos ke atmosfer. Daun tembakau memiliki kemampuan tinggi untuk menahan unsur radioaktif tersebut, kemudian mengakumulasi ^{210}Pb karena adanya bulu-bulu tipis pada daun yang disebut trichoma yang berfungsi sebagai kolektor dari partikel kecil.

Estimasi Dosis Efektif

Pengestimasi nilai dosis efektif dilakukan dengan asumsi bahwa massa untuk

tiap batang rokok di Indonesia adalah 0,82 g dan perokok merokok 30 batang rokok perhari atau 24,6 g tembakau perhari. Kemudian estimasi konsumsi tahunan tembakau dari rokok menjadi 8,985 kg/tahun. Berdasarkan data konsentrasi radionuklida (Bq/kg) pada tabel 1 yang diperoleh dari daun tembakau kering, Pembagian konsentrasi aktivitas radionuklida yang diperoleh dari asap rokok adalah 0.75 (75%), kira-kira 75% radioisotope pada rokok terkandung dalam asap rokok, yang sebagian terhisap dan tersimpan pada jaringan paru-paru dan kira-kira 25% tersimpan pada filter dan abu rokok, dan koefisien konversi radionuklida (Sv/Bq) pada kasus penghirupan asap rokok untuk perokok dewasa disajikan pada tabel 4.2, kemudian data pada tabel 4.2 menunjukkan estimasi dosis efektif tahunan, H_E (Sv/tahun), yang diperoleh dari persamaan 3.2 sebagai berikut:

Pada tabel 4.2 dapat dilihat bahwa estimasi dosis efektif tahunan ^{210}Pb untuk tiap merek rokok berkisar antara 16,47 $\mu\text{Sv}/\text{tahun}$ hingga 41,18 $\mu\text{Sv}/\text{tahun}$ dengan rata-rata dosis efektif $29,42 \pm 7,772 \mu\text{Sv}/\text{tahun}$. Nilai dosis ini harus dibandingkan dengan rata-rata paparan di seluruh dunia terhadap sumber radiasialam yaitu 2,4 mSv/tahun dan khususnya yang diperoleh dari pernafasan yaitu 1,26 mSv/tahun [6]. Maka dosis efektif yang diterima dari merokok masih jauh dibawah nilai tersebut diatas.

Dalam hal ini estimasi dosis efektif tahunan ^{40}K tidak dipertimbangkan atau diabaikan, meskipun konsentrasi aktivitas ^{40}K pada semua sampel cukup besar. Potassium merupakan salah satu elemen yang paling berlimpah pada setiap sampel yang berhubungan dengan lingkungan. Potassium-40 adalah salah satu komponen radioaktif yang umum terdapat pada makanan normal dan jaringan manusia serta didistribusikan pada tubuh manusia. Sehingga perhitungan dosis efektifnya dapat diabaikan

Tabel 4.2 Estimasi dosis efektif tahunan perokok jika merokok 30 batang rokok per hari.

Merek	^{210}Pb ($\mu\text{Sv}/\text{tahun}$)
A	32,95
B	32,95
C	24,71
D	32,95
E	32,95
F	24,71
G	24,71
H	16,47
I	32,95
J	16,47
K	41,18
L	41,18
M	32,95
N	24,71

[2] http://web.stanford.edu/dept/EHS/prod/researchlab/radlaser/RSDS_sheets/Pb-210.pdf diakses 4 Desember 2013

[3] <http://www.nds.iaea.org/relnsd/NdsEnsd/nuclide.jsp?NUCID=40K> diakses pada 24 Januari 2014

[4] ICRP.2012. *ICRP Publication 119 : Compendium of Dose Coefficients based on ICRP Publication 60.*

[5] Papastefanou, Constantine. 2009. *Radioactivity of Tobacco Leaves and Radiation Dose Induced from Smoking.* greece: IJERPH.

[6] UNSCEAR United Nations Scientific Comitee on the Effects of Atomic Radiation. 1993. *ANNEX B: Exposures from Natural Radiation Source.* New York:UNSCEAR.

KESIMPULAN

1. Nilai konsentrasi aktivitas ^{210}Pb dan ^{40}K berkisar antara 2,22 Bq/kg hingga 5,56 Bq/kg.
2. Estimasi dosis efektif tahunan ^{210}Pb untuk tiap merek berkisar antara 8,89 Bq/kg hingga 15,56 Bq/kg.
3. ^{210}Pb terdapat pada daun tembakau disebabkan karena adanya serapan akar, dan trichoma pada daun yang mengakumulasi ^{210}Pb , sedangkan ^{40}K pada daun tembakau akibat serapan akar dan penggunaan pupuk phospat.

Nilai estimasi dosis efektif yang diperoleh jauh lebih kecil dibandingkan dengan rata-rata paparan diseluruh dunia terhadap sumber radiasi alam, akan tetapi tidak dapat diabaikan karena ^{210}Pb bersifat karisnogen.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Akhadi, Mukhlis .2000. *Dasar – Dasar Proteksi Radiasi.* Jakarta: PT Rineka Cipta.