



KONSENTRASI GAS RADON DI PERMUKAAN TANAH DI DAERAH PPTN SERPONG DAN PUSPIPTEK

Terima Ginting, Budi Hari
Pusat Teknologi Limbah Radioaktif-BATAN

ABSTRAK

GAS RADON DI PERMUKAAN TANAH DI DAERAH PPTN SERPONG DAN PUSPIPTEK. Pengukuran konsentrasi radon dipermukaan tanah di daerah PPTN dan Puspipstek Serpong telah dilakukan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui konsentrasi radon di permukaan tanah di daerah PPTN dan Puspipstek Serpong. Pengukuran konsentrasi aktivitas gas radon dilakukan pada pagi hari (jam 6.00-7.00) dan siang hari (jam 12.00-13.00). Hasil yang diperoleh konsentrasi gas radon rerata di permukaan tanah di daerah PPTN pada **pagi hari** sebesar 538.50 Bq/m^3 dan pada **siang hari** (jam 12.00-13.00) sebesar 749.25 Bq/m^3 , sedangkan di daerah Puspipstek pada **pagi hari** (jam 6.00-7.00) rerata sebesar 705.08 Bq/m^3 dan pada **siang hari** rerata sebesar 783.61 Bq/m^3 . Konsentrasi gas radon di permukaan tanah di daerah PPTN Serpong untuk stasiun RO1, RO2, RO3, RO4 dan di daerah Puspipstek di stasiun PO1, PO2, PO3 rendah pada **pagi hari** tinggi pada siang hari, kecuali di stasiun PO2 di daerah Puspipstek **pagi hari** lebih tinggi daripada **siang hari**. Konsentrasi gas radon di permukaan tanah di daerah PPTN tidak menunjukkan perbedaan yang nyata dengan daerah Puspipstek dan berbeda nyata dengan daerah Cepu, Cirebon, Prabumulih pada taraf kepercayaan 90%.

ABSTRACT

THE RADON GAS CONCENTRATION IN SURFACES SOIL AT PPTN SERPONG AND PUSPIPTEK AREA. had been investigated. The objectives this investigation is to know the radon gas activity concentrations in surface soil at the PPTN Serpong and Puspipstek areas. Investigation time was done in the morning and the afternoon. The results of average radon gas concentrations in surface soil at the PPTN Serpong areas in the morning was 538.50 Bq/m^3 and in the afternoon was 749.25 Bq/m^3 . At the Puspipstek area in the morning was 705.08 Bq/m^3 and in the afternoon was 783.61 Bq/m^3 . The radon gas concentrations in surface soil for RO1, RO2, RO3, RO4 stations at the PPTN Serpong and for PO1, PO3, PO4 stations at the Puspipstek areas in the morning more smaller if compared to the afternoon, except for PO2 station at the Puspipstek areas in the morning more bigger if compared to the afternoon. The averages radon gas concentrations in surface soil at the PPTN Serpong areas if compared to the Puspipstek areas is not difference, and significant difference if compared to the other areas like Cepu areas, Prabumulih areas, Cirebon areas at confidence level of 90%.

PENDAHULUAN

Manusia sebagai anggota komunitas alam akan selalu terkena paparan radiasi yang berasal dari lingkungan sekitarnya. Sumber radiasi terbesar yang diterima oleh manusia berasal dari radiasi alam, diperkirakan sebesar 87 %. Dari 87 % radioaktivitas alam ini ternyata 47 % berasal dari radon dan sisanya berasal dari sumber radiasi lainnya [1,7, 9, 10, 11].

Ada 3 macam isotop radon di alam yakni ^{219}Rn yang disebut *Actinon* berasal dari deret peluruhan *Actinium* dengan $T_{1/2}$ 4 detik; ^{220}Rn yang disebut *thoron*

berasal dari deret peluruhan *thorium* (^{232}Th) dengan $T_{1/2}$ 55,6 detik dan (^{222}Rn) yang disebut radon berasal dari deret peluruhan uranium (^{238}U) dengan $T_{1/2}$ 3,824 hari. Dari ke 3 isotop radon tersebut, (^{222}Rn) menjadi perhatian utama karena memiliki $T_{1/2}$ yang paling panjang yakni 3,824 hari dibandingkan dengan isotop radon lainnya seperti ^{220}Rn (thoron) yang hanya memiliki $T_{1/2}$ 55 detik dan ^{219}Rn (actinon) $T_{1/2}$ hanya 4 detik [1, 10, 11]. Selain itu, bila radon (^{222}Rn) dan anak luruhnya terhisap oleh manusia pada saat bernafas masuk ke dalam paru-paru dapat menimbulkan penyakit kanker pada saluran pernafasan dan paru-paru [2, 4, 10, 11].

Berdasarkan laporan NCRP (*National Council on Protection and Measurement*) bahwa lebih dari 80 % gas radon yang terlepas ke atmosfer berasal dari lapisan tanah bagian atas dan sisanya 20 % berasal dari sumber lainnya. Dengan kata lain bahwa sumber terbesar gas radon di lingkungan berasal dari tanah [1, 3, 9, 1].

Di kawasan PPTN Serpong telah beroperasi reaktor GA. Siwabessy dan Instalasi Produksi Elemen Bakar Reaktor Riset, Instalasi Elemen Bakar Eksperimental dan Instalasi Daur Ulang Bahan Bakar Uranium sejak tahun 1986 sampai saat ini. Dalam pengoperasian instalasi nuklir tersebut diperkirakan dapat melepaskan bahan radioaktif ke lingkungan dalam jumlah relatif kecil dibawah nilai batas yang diizinkan. Namun berdasarkan ketentuan yang ditetapkan oleh Bapeten No. 02/Ka.BAPETEN/V-99, BATAN diwajibkan untuk melakukan evaluasi terhadap besarnya penerimaan dosis radiasi oleh masyarakat yang tinggal di sekitar instalasi nuklir tersebut [6].

Hal inilah yang melandasi pemikiran dilakukannya pengukuran konsentrasi gas radon di permukaan tanah di daerah PPTN-BATAN Serpong dan Puspipstek.

TATA KERJA

1. Lokasi

Lokasi pengukuran dilakukan di daerah PPTN-BATAN Serpong dan Puspipstek. Jumlah stasiun pengukuran pada masing-masing lokasi sebanyak 4 stasiun. Peta lokasi pengukuran ditunjukkan pada gambar 1 dan 2 terlampir.

2. Peralatan dan bahan

Peralatan yang digunakan terdiri dari : peralatan pembersihan rumput di atas permukaan tanah di setiap stasion pengukuran seperti pacul, pisau. Peralatan pengungkung lepasan gas radon di permukaan tanah seperti *Chamber stain steels* yang berukuran panjang 50 cm, lebar 20 cm, tinggi 5 cm. Peralatan pemvakuman *Lucas cell* seperti pompa vakum. Peralatan pencacahan radon seperti alat *Monitor Radiasi Portable*, model AB-5, Pylon yang telah terkalibrasi. Peralatan pengukur laju dosis seperti radiometer FAG dan peralatan penentuan titik koordinat stasion pengukuran di setiap lokasi seperti GPS.

Bahan yang digunakan adalah sumber standar ^{226}Ra dengan *Equilibrium Activity* radon (^{222}Rn) = 4256 dpm, yang akan digunakan untuk menentukan tegangan kerja alat (HV) dan efisiensi pencacahan *detector Lucas Cell model 300A*.

3. Metode pengukuran gas radon di permukaan tanah

Pengukuran gas radon dipermukaan tanah dilakukan dengan metoda pengungkungan dalam sebuah *Chamber*, yakni gas radon yang akan terlepas dari permukaan tanah dikungkung/dikumpulkan dalam sebuah *Chamber* empes persegi panjang selama 30 menit, kemudian dialirkan ke *detector Lucas Cell model 300 A*, yang telah divakumkan sebelumnya dan dibiarkan selama 3,5 jam untuk mencapai ketimbangan antara radon dan anak luruhnya. Gas radon yang telah mencapai

kesetimbangan yang terdapat dalam *Lucas Cell* dicacah dengan alat cacah Monitor Radiasi Portable, Model AB-5 yang telah terkalibrasi.

4. Cara pengukuran gas radon

Pengukuran gas radon dipermukaan tanah dengan alat monitor AB-5 dilakukan dengan beberapa langkah antara lain adalah :

a. Penentuan HV detektor *Lucas Cell A.300*

Penentuan tegangan kerja (HV) yang tepat bagi sebuah detektor radiasi sebelum digunakan adalah mutlak dilakukan agar detektor dapat bekerja secara optimal. Sebab bila HV-nya dipasang dibawah tegangan kerja yang seharusnya, maka detektor tersebut tidak dapat berinteraksi terhadap radiasi yang dipancarkan oleh sumber radiasi. Sebaliknya bila HV-nya dipasang melebihi tegangan kerja seharusnya, maka detektor tersebut terlalu peka terhadap pulsa listrik dan akan menghasilkan noise terlalu tinggi yang akan mempengaruhi cacahan radiasi yang dipancarkan oleh sumber radiasi. Selain itu, pemasangan HV yang terlalu tinggi juga dapat mengakibatkan kerusakan pada detektor.

Tegangan kerja (HV) detektor *Lucas Cell* ditentukan dengan mencacah sumber standar gas radon pada tegangan mulai dari 0 volt, 100 volt, 200 volt, 300 volt, 400 volt, 500 volt, 600 volt, 700 volt, 800 volt dan 900 volt, kemudian dibuat grafik antara tegangan dengan jumlah cacahan yang diperoleh sehingga didapat suatu kurva garis. Pada kurva garis dicari garis yang agak mendatar dan tidak terlalu terjal yang disebut *plateau* dan tegangan kerja detektor *Lucas Cell* yang akan digunakan untuk mencacah gas radon umumnya $\frac{1}{2}$ atau $\frac{1}{3}$ dari panjang *plateau*.

Cara untuk menentukan HV detektor Lucas Cell dilakukan sesuai dengan prosedur yang terdapat pada *INSTRUCTION MANUAL ALAT MONITOR RADIASI AB-5* [5, 8].

b. Penentuan efisiensi pencacahan detektor L.C. A.300

Dalam proses pencacahan radiasi, tidak semua radiasi yang dipancarkan cuplikan tercacah oleh detektor. Oleh karena itu, efisiensi pencacahan sebuah detektor perlu diketahui secara tepat, sebelum digunakan untuk mencacah radiasi yang dipancarkan oleh cuplikan. Efisiensi pencacahan merupakan hal yang sangat penting dalam menentukan besarnya aktivitas radiasi yang dipancarkan oleh cuplikan. Faktor penting yang perlu diperhatikan dalam penentuan efisiensi pencacahan sebuah detektor adalah kondisi pencacahan sumber standar dibuat sama dengan kondisi pencacahan cuplikan, baik faktor geometri maupun jarak antar sumber dengan detektor.

Efisiensi pencacahan detektor *Lucas Cell* ditentukan dengan mencacah sumber standar radon pada HV yang telah diketahui selama 5 menit. Efisiensi pencacahan dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} E &= \text{CPM/DPM} \dots\dots\dots (1) \\ E &= \text{efisiensi} \\ \text{CPM} &= \text{cacah permenit} \\ \text{DPM} &= \text{aktivitas standar gas radon} \end{aligned}$$

Cara untuk menentukan efisiensi detektor Lucas Cell dilakukan sesuai dengan prosedur yang terdapat pada *INSTRUCTION MANUAL ALAT MONITOR RADIASI AB-5* [5, 8].

c. Pencuplikan gas radon

Pencuplikan gas radon dipermukaan tanah di setiap stasiun di masing-masing daerah pemantauan dilakukan dengan menggunakan *Chamber* selama 30 menit. Cara mencuplik gas radon adalah sebagai berikut :

1. Rumput di atas permukaan tanah pada setiap stasiun dibersihkan dengan menggunakan pacul.
2. Pada permukaan tanah *Chamber* dipasang sedemikian rupa sehingga gas radon yang keluar dari permukaan tanah terkungkung seluruhnya dan lama pengungkungan 30 menit.
3. Gas radon yang telah terkumpul dalam *Chamber* dialirkan ke *Lucas Cell* yang telah divukumkan sebelumnya dan dibiarkan selama 3,5 jam untuk mencapai kesetimbangan.
4. Gas radon yang telah mencapai kesetimbangan langsung dicacah dengan monitor radiasi AB-5 [5, 8].

d. Pencacahan gas radon

Gas radon yang telah mencapai kesetimbangan langsung dicacah dengan alat Monitor Radiasi Portable AB-5 selama 50 menit dengan interval waktu 5 menit. Cara mencacah gas radon dalam *Lucas Cell* dengan Alat Monitor Radiasi Portable AB-5 adalah sebagai berikut :

1. Lucas Cell yang mengandung sampel gas radon dipasang ke AB-5.
2. Alat cacah AB-5 dihidupkan.
3. Tegangan kerja (HV) AB-5 dinaikkan secara perlahan-lahan hingga mencapai tegangan 500 volt.
4. Swith mode dipasang pada posisi "CONT"
5. Swith timebase dipasang pada posisi "MIN"
6. Monitor AB-5 diprogram untuk interval waktu pencacahan 5 menit
7. Hasil pencacahan dicatat dan direrata [5].

e. Perhitungan konsentrasi gas radon (^{222}Rn)

Konsentrasi gas radon di permukaan tanah dinyatakan dalam satuan Bq/m^3 . Besarnya konsentrasi gas radon (^{222}Rn) yang dicuplik di permukaan tanah dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$C_{\text{Rn}} = (\text{CPM})_{\text{Rn}} - (\text{CPM})_{\text{BG}} / E T V \text{ Bq/m}^3 (\text{pCi / L}), \dots \quad (2)$$

$$C_{\text{Rn}} = \text{Konsentrasi radon dipermukaan tanah } \text{Bq/m}^3 (\text{pCi / L})$$

$$\text{CPM}_{\text{Rn}} = \text{Cacah total radon per menit (CPM)}$$

$$\text{CPM}_{\text{BG}} = \text{Cacah total latar per menit (CPM)}$$

$$E = \text{Efisiensi pencacahan (CPM/pCi)}$$

$$T = \text{Lama pencacahan (menit)}$$

$$V = \text{Volume detector lucas cell (m}^3 \text{ atau L) [5].}$$

f. Batas Terendah Deteksi

Batas terendah deteksi menggambarkan kemampuan pengukuran suatu sistem. Konsentrasi terendah yang dapat dideteksi oleh suatu sistem dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{BTD cacah} = 3 \times \text{VBG} / T_c$$

$$\text{BTD Cacah} = \text{batas terendah deteksi (cpm)}$$

$$\text{BG} = \text{cacah latar/background (cacah)}$$

$$T_c = \text{waktu cacah (menit)}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

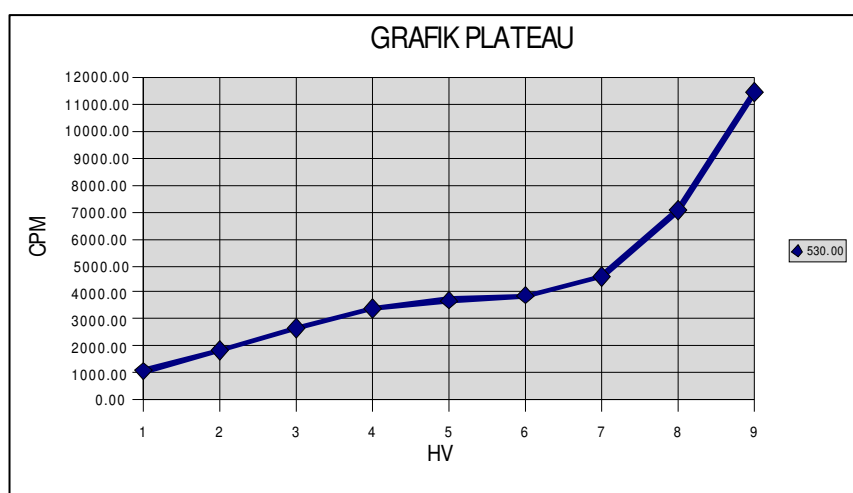
1 . Tegangan Kerja (HV) detektor Lucas Cell alat monitor AB-5

Data hasil pencacahan sumber standar isotop ^{226}Ra (*Equilibrium Activity Radon* (^{222}Rn) = 4256 dpm) mulai dari HV 0 s/d 900 volt , Disc = 4 ditunjukkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Data hasil pencacahan sumber standar isotop radon dengan AB-5

DISC	HV	COUNT			RAT A2 COUNT	CPM
		1	2	3		
4	0	2631	2634	2685	2650.00	530.00
	1	5427	5432	5390	5416.33	1083.27
	2	9266	9106	9060	9144.00	1828.80
	3	13454	13558	13263	13425.00	2685.00
	4	16829	16816	17155	16933.33	3386.67
	5	18630	18777	18397	18601.33	3720.27
	6	19321	19276	19559	19385.33	3877.07
	7	23186	22682	22968	22945.33	4589.07
	8	35957	35251	34647	35285.00	7057.00
9	56806	58462	56273	57180.33	11436.07	

Dari data hasil pencacahan ini dibuat grafik antara CPM dengan tegangan (HV). Grafik yang diperoleh antara CPM dengan HV dari (0 – 900) ditunjukkan pada **Gambar 3**.



Gambar 3 : Gambar plateau HV detektor *Lucas Cell*

Pada **Grafik 3**, terlihat bahwa garis yang agak mendatar dan tidak terlalu terjal mulai dari (400 – 600) volt. Panjang garis plateau tersebut antara 400 volt s/d 600 volt. Tegangan kerja (HV) detektor *Lucas Cell* yang akan digunakan dalam pengukuran gas radon adalah $\frac{1}{2}$ dari panjang plateau yakni sebesar **500** volt.

2 . Efisiensi pencacahan

Data hasil pencacahan sumber standar isotop ^{226}Ra (*Equilibrium Activity Radon* (^{222}Rn) = 4256 dpm) dengan detektor *Lucas Cell* pada Disc = 4 ; HV = 500 volt selama 25 menit dengan interval waktu 5 menit ditunjukkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Data hasil pencacahan sumber standard isotop radon

DISC	HV VLT	INTERV MNT	CACAH STD	CPM STD	AKT. STD DPM	EFF
4	500	5	17565	3513.00	4232	0.830
			17678	3535.60	4233	0.835
			17600	3520.00	4234	0.831
			17672	3534.40	4235	0.835
			17822	3564.40	4236	0.841
RATA2			17667.4	3533.48	4232	0.835
STDEV			98.82	19.76		0.004

Dari data hasil pencacahan sumber standard tersebut efisiensi pencacahan detektor *Lucas cell* ditentukan dengan menggunakan persamaan (1) maka diperoleh efisiensi pencacahan sebesar $(0,835 \pm 0,004)$ CPM/DPM.

3. Konsentrasi gas radon di permukaan tanah (Bq/m^3)

a. Daerah PPTN Serpong

Konsentrasi aktivitas radon dipermukaan tanah di daerah PPTN-BATAN Serpong di stasiun R01, R02, R03, R04 ditunjukkan dalam Tabel 3. Pada pagi hari (jam 6.00-7.00) konsentrasi Radon pada stasiun R01, R02, R03 dan R04 berturut-turut sebesar $(225.25 \pm 32.12) Bq/m^3$; $(1303.81 \pm 112.84) Bq/m^3$; $(386.88 \pm 36.89) Bq/m^3$; dan $(240.93 \pm 27.02) Bq/m^3$ dengan rerata $538.50 Bq/m^3$, sedangkan pada siang hari (jam 12.00-13.00) berturut-turut adalah $(336.84 \pm 22.17) Bq/m^3$; $(1603.12 \pm 91.45) Bq/m^3$; $(560.86 \pm 46.80) Bq/m^3$ dan $(498.54 \pm 56.37) Bq/m^3$ dengan rerata $749.25 Bq/m^3$. Konsentrasi gas radon hasil pengukuran ini ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Konsentrasi radon dipermukaan tanah daerah PPTN-BATAN

No.	STASION	KONSENTRASI GAS RADON	
		Bq/m^3	
		PAGI	SIANG
1	RO1	225.25	336.84
2	RO2	1303.81	1603.12
3	RO3	386.88	560.86
4	RO4	240.93	498.54
	RATA-RATA	538.50	749.84

Berdasarkan data yang diperoleh seperti pada Tabel 3 menunjukkan bahwa konsentrasi gas radon dipermukaan tanah di setiap stasiun di daerah PPTN-BATAN Serpong pagi hari lebih rendah daripada siang hari.

b. Daerah Puspipstek

Konsentrasi gas radon di permukaan tanah di daerah PUSPIPTEK pada pagi hari (jam 06-07) di stasiun PO1; PO2; PO3; dan PO4 berturut-turut sebesar : $(451.75 \pm 17.23) Bq/m^3$; $(962.80 \pm 78.71) Bq/m^3$; $(343.33 \pm 52.53) Bq/m^3$; dan $(1062.42 \pm 47.05) Bq/m^3$ dengan rerata $705.08 Bq/m^3$, sedangkan pada siang hari (jam 12.00 -13.00) berturut-turut

Terima Ginting: Gas Radon Di Permukaan Tanah Di Daerah Pptn Serpong Dan Puspipstek

sebesar : $(526.81 \pm 26.93) \text{ Bq/m}^3$; $(670.44 \pm 62.55) \text{ Bq/m}^3$; $(474.91 \pm 47.05) \text{ Bq/m}^3$ dan $(1462.27 \pm 136.79) \text{ Bq/m}^3$ dengan rerata 783.61 Bq/m^3 . Konsentrasi gas radon hasil pengukuran ini ditunjukkan pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Konsentrasi radon dipermukaan tanah daerah Puspipstek pada pagi hari dan siang hari.

No.	STASION	KONSENTRASI GAS RADON	
		Bq/m ³	
		PAGI	SIANG
1	PO1	451.75	526.81
2	PO2	962.8	670.44
3	PO3	343.33	474.91
4	PO4	1062.42	1462.27
	RATA-RATA	705.08	783.61

Berdasarkan data seperti pada **Tabel 4**, menunjukkan bahwa konsentrasi gas radon dipermukaan tanah di daerah Puspipstek pada stasiun PO1, PO3 dan PO4 di pagi hari lebih kecil daripada siang hari, kecuali di stasiun PO2 ternyata pagi hari lebih besar daripada siang hari.

c. Konsentrasi gas radon di beberapa daerah di Indonesia

Hasil pengukuran konsentrasi gas radon di beberapa daerah di Indonesia seperti daerah Cepu, Cirebon dan Prabumulih pada lokasi tanah terbuka berturut-turut sebesar 115 Bq/m^3 , 1455 Bq/m^3 , dan 93 Bq/m^3 . Hasil pengukuran ini ditunjukkan pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Konsentrasi radon di beberapa daerah di Indonesia

No.	DAERAH	LOKASI	KONSENTRASI (Bq/m ³)
1	CEPU	TANAH TERBUKA	115
2	CIREBON	TANAH TERBUKA	1455
3	PRABUMULIH	TANAH TERBUKA	93

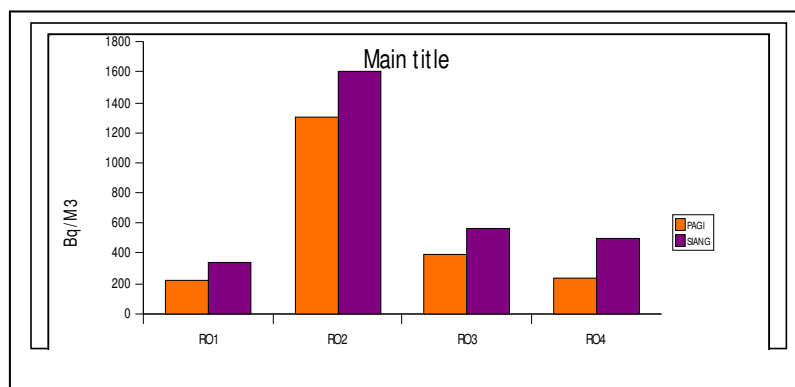
(Sumber : Sutarman, 2003)

d. Konsentrasi gas radon pagi dan siang hari di daerah PPTN Serpong

Konsentrasi gas radon dipermukaan tanah di daerah PPTN-BATAN Serpong di stasiun RO1, RO2, RO3, RO4 pada pagi hari dan siang hari yang besarnya berturut-turut $(225 \text{ dan } 336.84) \text{ Bq/m}^3$; $(1303.81 \text{ dan } 1603.12) \text{ Bq/m}^3$; $(386.88 \text{ dan } 560.86) \text{ Bq/m}^3$ dan $(240.93 \text{ dan } 498.54) \text{ Bq/m}^3$ ditunjukkan pada **Gambar 4**.

Pada **Gambar 4**, terlihat bahwa konsentrasi gas radon di setiap stasiun di daerah PPTN Serpong pada pagi hari lebih kecil dibandingkan dengan siang hari. Data hasil pengukuran ini, setelah di uji secara statistik dengan menggunakan uji T (T-test) pada taraf kepercayaan 90% menunjukkan perbedaan yang nyata. *Jaki* dan *Hess* menjelaskan bahwa menurunnya konsentrasi lepasan gas radon dipermukaan tanah disebabkan oleh mengecilnya poritas tanah. Poritas tanah berbanding lurus dengan suhu. Makin besar suhu tanah maka poritas tanah makin besar pula (hukum Boyle-Charless). Dengan demikian, bila suhu tanah menurun maka poritas tanah akan mengecil dan mengecilnya poritas tanah menyebabkan konsentrasi lepasan gas radon dipermukaan tanah akan menurun pula. Suhu

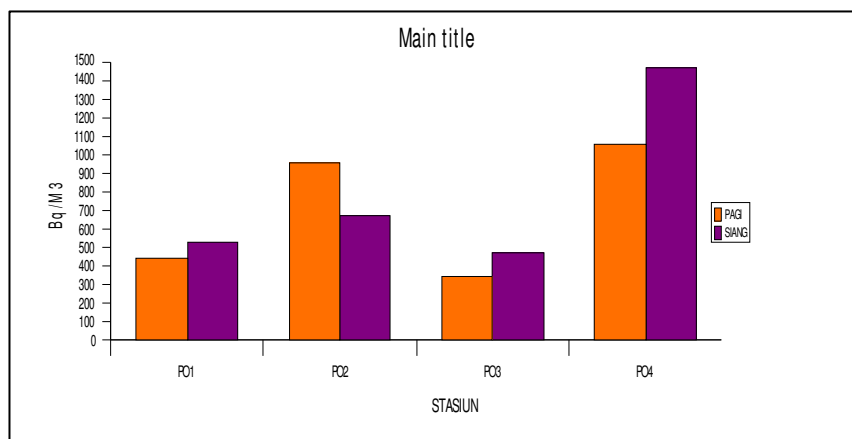
udara diatas permukaan tanah turun mulai dari malam hari hingga menjelang pagi hari. Turunnya suhu permukaan tanah ini menyebabkan poritas tanah akan mengecil dan mengecilnya poritas tanah menyebabkan terlepasnya gas radon dari permukaan tanah akan makin sulit pula sehingga konsentrasi gas radon di permukaan tanah di pagi hari akan menurun. Sebaliknya pada siang hari suhu permukaan tanah akan naik oleh panasnya matahari menyebabkan poritas permukaan tanah makin terbuka dan makin terbukanya poritas tanah menyebabkan terlepasnya gas radon dari permukaan tanah makin meningkat pula sehingga konsentrasi gas radon dipermukaan pada siang hari akan meningkat pula. Jadi konsentrasi gas radon dipermukaan tanah rendah pada pagi hari dan tinggi pada siang hari disebabkan oleh adanya perbedaan suhu permukaan tanah antara pagi hari dan siang hari yakni pagi hari lebih rendah dibandingkan siang hari.



Gambar 4 : Konsentrasi gas radon di daerah PPTN Serpong pada pagi dan siang hari.

e. **Konsentrasi gas radon pagi dan siang hari di daerah Puspipstek**

Konsentrasi gas radon dipermukaan tanah di daerah PPTN-BATAN Serpong di stasiun PO1, PO2, PO3, PO4 pada pagi hari dan siang hari berturut-turut (451.75 dan 526.81) Bq/m³; (962.80 dan 670.44) Bq/m³; (343.33 dan 474.91) Bq/m³ dan (1062.42 dan 1462.27) Bq/m³, ditunjukkan pada Gambar 5.

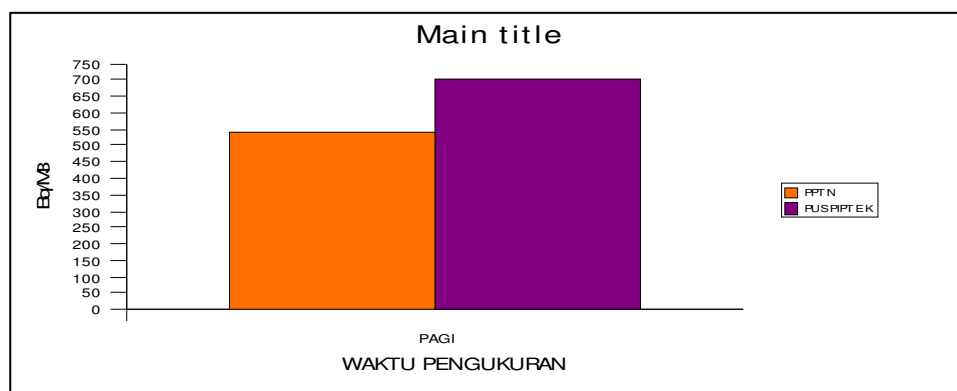


Gambar 5: Konsentrasi gas radon di daerah Puspipstek pada pagi dan siang hari.

Pada **Gambar 5**, menunjukkan bahwa konsentrasi gas radon di daerah Puspipstek di stasiun PO1, PO3, PO4 pada pagi hari lebih kecil dibandingkan dengan siang hari, kecuali pada stasiun PO2 pada hari lebih besar dibandingkan pada siang hari. Data hasil pengukuran ini di uji secara statistik dengan menggunakan uji T (T-test) pada taraf kepercayaan 90% menunjukkan perbedaan yang nyata. Pada stasiun PO2 konsentrasi gas radon di permukaan tanah pagi hari lebih besar dibandingkan pada siang hari. Pengukuran gas radon di stasiun PO2 dilakukan setelah turun hujan. Air hujan yang membasahi permukaan tanah dapat mengalir masuk ke dalam pori-pori tanah yang menyebabkan poritas menjadi kecil sehingga terlepasnya gas radon dari permukaan tanah menjadi terhalang akibatnya konsentrasi gas radon di permukaan tanah menurun. Selain itu, juga dapat disebabkan oleh sifat gas radon yang mudah larut dalam air sehingga air hujan yang mengisi pori-pori tanah dapat melarutkan gas radon sehingga konsentrasi gas radon dipermukaan tanah menjadi menurun. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini sama dengan yang telah dilakukan oleh *Wilkenning dan Hand* pada tahun 1960 bahwa hasil pengukuran mereka menunjukkan adanya kemerosotan konsentrasi gas radon dipermukaan tanah setelah hujan turun, karena air hujan yang masuk ke dalam pori-pori tanah dapat menghambat lepasan gas radon dari permukaan tanah dan juga melarutkan gas radon yang terdapat dalam pori-pori tanah sehingga konsentrasi gas di permukaan tanah menjadi menurun (Abunawas, 1983). Oleh karena itu, merosotnya konsentrasi gas radon di permukaan tanah rendah pada siang hari seperti pada stasiun PO2 di daerah Puspipstek disebabkan oleh air hujan yang menghambat lepasan gas radon dari permukaan tanah dan melarutkan gas radon yang terdapat dalam pori-pori tanah.

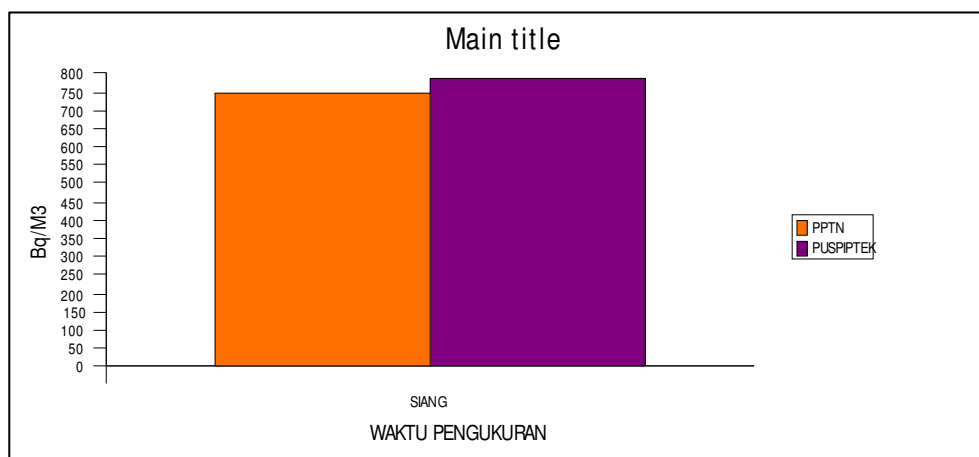
f. **Konsentrasi gas radon di daerah PPTN dan Puspipstek**

Konsentrasi gas radon rerata di permukaan tanah pada pagi hari di daerah PPTN Serpong sebesar 538.50 Bq/m^3 dan di daerah Puspipstek sebesar 705.08 Bq/m^3 ditunjukkan pada gambar 6, sedangkan di siang hari di daerah PPTN Serpong sebesar 749.84 Bq/m^3 dan di daerah Puspipstek sebesar 783.61 Bq/m^3 ditunjukkan pada **Gambar 7**.



Gambar 6 : Konsentrasi gas radon dipermukaan tanah pagi hari di daerah PPTN Serpong dan Puspipstek

Terima Ginting: Gas Radon Di Permukaan Tanah Di Daerah Pptn Serpong Dan Puspipstek



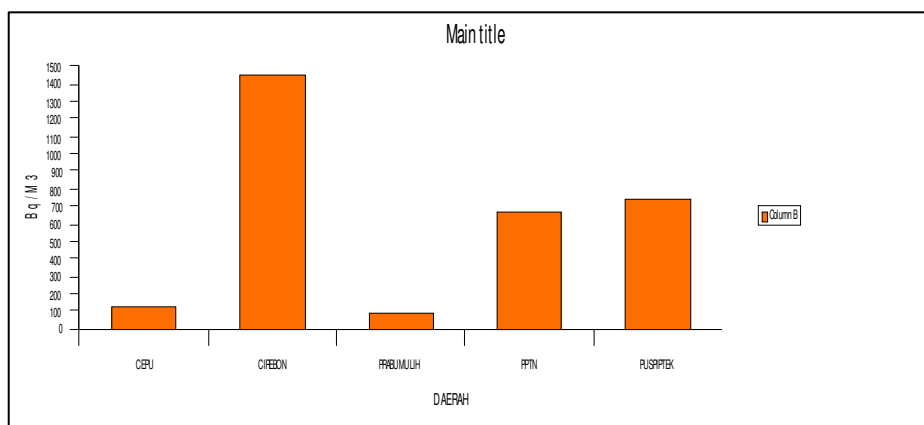
Gambar 7 : Konsentrasi gas radon dipermukaan tanah siang hari di daerah PPTN Serpong dan Puspipstek

Pada **Grafik 4** dan **Garfik 5** terlihat bahwa konsentrasi gas radon di permukaan tanah di daerah PPTN Serpong baik pagi hari maupun siang hari lebih kecil dibandingkan dengan di daerah Puspipstek, namun setelah diuji secara statistik dengan menggunakan uji T (T-test) ternyata tidak menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf kepercayaan 90%. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi gas radon di permukaan tanah baik di daerah PPTN Serpong maupun di daerah Puspipstek relatif sama. Dari hasil ini dapat diperoleh informasi bahwa konsentrasi radionuklida alam deret uranium (^{238}U) yang meluruh menghasilkan radium (^{226}Ra) di dalam tanah yang merupakan sumber terbesar gas radon dipermukaan tanah baik di daerah PPTN maupun di daerah Puspipstek relatif sama.

g. Perbandingan konsentrasi gas radon di daerah PPTN, Puspipstek dengan daerah lain

Hasil pengukuran konsentrasi gas radon di beberapa daerah pada lokasi tanah terbuka di Indonesia antara lain adalah daerah Cepu sebesar 115 Bq/m^3 , daerah Cirebon sebesar 1455 Bq/m^3 , Prabumulih sebesar 93 Bq/m^3 dan hasil pengukuran konsentrasi rerata gas radon di daerah PPTN pada pagi hari dan siang hari sebesar 538.50 dan 749.84 dan di daerah Puspipstek sebesar 705.08 dan 783.61. Hasil pengukuran ini ditunjukkan pada Gambar 8.

Terima Ginting: Gas Radon Di Permukaan Tanah Di Daerah Pptn Serpong Dan Puspipstek



Gambar 8 : Perbandingan konsentrasi gas radon di permukaan tanah

Pada **Gambar 8** menunjukkan konsentrasi rerata gas radon di permukaan tanah baik daerah PPTN maupun Puspipstek lebih kecil dibandingkan dengan daerah Cirebon dan lebih besar daripada daerah Cepu maupun daerah Prabumulih. Data konsentrasi rerata gas radon dari masing-masing daerah, setelah diuji secara statistik dengan menggunakan uji T (T-test) menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf kepercayaan 90%. Berdasarkan teori bahwa radium (²²⁶Ra) dalam tanah merupakan sumber terbesar gas radon di permukaan tanah. Konsentrasi uranium alam (²³⁸U) dan radium (²²⁶Ra) dalam tanah sangat bervariasi dan bergantung pada jenis batuan dan mineral. Secara umum, konsentrasi gas radon di permukaan tanah berkisar antara 10 – 170 Bq/kg, sedangkan di bawah permukaan tanah bergantung pada jenis batuan seperti granit, andesit, basalt, diorite dan lain-lain. Selain itu, konsentrasi gas radon di permukaan tanah juga dapat dipengaruhi oleh kondisi meteorologi (suhu, hujan). Konsentrasi lepasan gas radon dari permukaan tanah berbanding lurus dengan suhu permukaan tanah. Bila suhu permukaan tanah makin besar maka konsentrasi lepasan gas radon di permukaan tanah akan menjadi meningkat dan sebaliknya. Pada musim hujan konsentrasi gas radon di permukaan tanah merosot karena air hujan dapat menghambat lepasan gas radon dari permukaan dan juga dapat melarutkan gas radon yang terdapat dalam pori-pori tanah sehingga konsentrasi gas radon di permukaan tanah menjadi menurun pula (Bunawas, 1985). Oleh karena itu, perbedaan ini kemungkinannya dapat disebabkan oleh konsentrasi radium (Ra-226) di dalam tanah maupun kondisi meteorologi pada saat dilakukannya pengukuran gas radon di permukaan antara satu daerah dengan daerah lainnya berbeda.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Konsentrasi aktivitas radon di permukaan tanah di daerah PPTN-BATAN Serpong di stasiun R01, R02, R03, R04 pada pagi hari (jam 6.00-7.00) dan siang hari (jam 12.00 -13.00) berturut-turut sebesar ($225.25 \pm 32.12 \text{ Bq/m}^3$ dan $336.84 \pm 22.17 \text{ Bq/m}^3$); ($1303.81 \pm 112.84 \text{ Bq/m}^3$ dan $1603.12 \pm 91.45 \text{ Bq/m}^3$); ($386.88 \pm 36.89 \text{ Bq/m}^3$ dan $560.86 \pm 46.80 \text{ Bq/m}^3$); ($240.93 \pm 27.02 \text{ Bq/m}^3$

Terima Ginting: Gas Radon Di Permukaan Tanah Di Daerah Pptn Serpong Dan Puspipstek

dan $498.54 \pm 56.37 \text{ Bq/m}^3$) dengan rerata 538.50 Bq/m^3 dan 749.25 Bq/m^3 , sedangkan di daerah Puspipstek di stasiun PO1; PO2; PO3; PO4 pada pagi hari (jam 6.00-7.00) dan siang hari (jam 12.00 -13.00) berturut-turut sebesar $451.75 \pm 17.23 \text{ Bq/m}^3$ dan $526.81 \pm 26.93 \text{ Bq/m}^3$; $962.80 \pm 78.71 \text{ Bq/m}^3$ dan $670.44 \pm 62.55 \text{ Bq/m}^3$; $343.33 \pm 52.53 \text{ Bq/m}^3$ dan $474.91 \pm 47.05 \text{ Bq/m}^3$; $1062.42 \pm 47.05 \text{ Bq/m}^3$ dan $1462.27 \pm 136.79 \text{ Bq/m}^3$ dengan rerata sebesar 705.08 Bq/m^3 dan 783.61 Bq/m^3 . Berdasarkan uji statistik diperoleh bahwa konsentrasi gas radon di permukaan tanah antara pagi dan siang hari di setiap stasiun baik di daerah PPTN Serpong maupun di daerah Puspipstek menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf kepercayaan 90%.

2. Konsentrasi gas radon dipermukaan tanah di pagi hari rendah dan siang hari tinggi seperti di stasiun RO1, RO2, RO3 dan RO4 di daerah PPTN dan di stasiun PO1, PO3 dan PO4 di daerah Puspipstek, kecuali di stasiun PO2 di daerah Puspipstek dapat disebabkan karena suhu dipermukaan tanah pada pagi hari lebih rendah daripada siang hari.
3. Konsentrasi gas radon dipermukaan tanah pada siang hari lebih rendah daripada pagi hari seperti di stasiun PO2 di daerah Puspipstek dapat disebabkan karena di stasiun PO2 tersebut pengukuran gas radon dilakukan setelah turun hujan sehingga air hujan yang mengisi pori-pori tanah akan menghambat pelepasan gas radon dan juga karena larutnya gas radon dalam air hujan tersebut menyebabkan konsentrasi gas radon dipermukaan tanah menjadi menurun.
4. Konsentrasi rerata gas radon di permukaan tanah di daerah PPTN di pagi hari sebesar 538.50 Bq/m^3 dibandingkan dengan di daerah Puspipstek sebesar 705.08 Bq/m^3 dan demikian juga di siang hari di daerah PPTN sebesar 749.25 Bq/m^3 dan di daerah Puspipstek sebesar 783.61 Bq/m^3 , setelah diuji secara statistik dengan menggunakan uji T (T-test) pada taraf 90% tidak menunjukkan perbedaan yang nyata.
5. Konsentrasi aktivitas gas radon dipermukaan tanah di daerah PPTN-BATAN Serpong dan di daerah Puspipstek lebih besar dibandingkan dengan di daerah Cepu, Prabumulih dan lebih kecil dibandingkan dengan di daerah Cirebon. Hal ini kemungkinannya dapat disebabkan oleh konsentrasi radium (Ra-226) sebagai sumber terbesar gas radon dalam tanah berbeda antara satu daerah dengan daerah lainnya dan juga kondisi meterologi (suhu, hujan) pada saat dilakukannya pengukuran gas radon berbeda.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai konsentrasi gas radon di udara di sekitar instalasi nuklir PPTN-BATAN Serpong.

DAFTAR PUSTAKA

1. BUNAWAS, 1985. Pengaruh Meteorologi dan Kondisi Tanah Terhadap Radon Dalam Tanah. Skripsi Sarjana, FMIPA-UGM, Yogyakarta.
2. BUNAWAS, 2004. Status Mutakhir Paparan Radon dan Resiko Kanker Serta Upaya Proteksi Radiasi ke Depan. Pidato Pengukuhan Jabatan Ahli Peneliti Utama Bidang Fisika. BATAN Jakarta.
3. DARSONO, 1983. Pengukuran Variasi Laju Aktivitas Lepas Gas Radon dari Permukaan Bumi dari Waktu ke Waktu. Skripsi Sarjana Fisika, FMIPA-UGM, Yogyakarta
4. ICRP, 1991. *Limits for Inhalation of Radon Daughter by Worker*, International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 52: Oxford Pergamon.
5. INDRAWATI, 1994. Penggunaan Pylon AB-5 Monitor Radiasi dengan Detektor Alfa, Model AEP-47. Tugas Akhir D-III, FMIPA-UI, Jakarta.

Terima Ginting: Gas Radon Di Permukaan Tanah Di Daerah Pptn Serpong Dan Puspipstek

6. Keputusan Kepala Pengawas Tenaga Nuklir Nomor. 01/Ka. BAPETEN/V-99, tentang Ketentuan Keselamatan Kerja terhadap Radiasi.
7. LUBIS, E, 1998. Paparan Radiasi Global dari Lepas-an Radionuklida ke Lingkungan, Jakarta : Badan Tenaga Atom Nasional.
8. PEDC Ltd, 1989. *Instruction Manual For Using Pylon Model 110A and 300A Lucas Cell With The Pylon Model AB-5*. PEDC, Ltd Registered Trademark U.S.A and Canada.
9. SOEDOJO, PETER, 1983. Mekanisme Transport dan Distribusi Gas Radon Alam. Thesis, UGM, Yogyakarta.
10. SOETARMAN, 1996. Gas Radon dan Permasalahannya. Buletin BATAN No. ISSN 0216-293, Jakarta.
11. UNSCEAR, 1979. *Radon and Its Decay Products*, UNSCEAR report to The General Assembly. With Annexes, New York.