

ISSN : 2621-3125



SEMINAR NASIONAL INFRASTRUKTUR ENERGI NUKLIR

Yogyakarta, 25 Oktober 2018

**PUSAT KAJIAN SISTEM ENERGI NUKLIR
BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL**

ISSN : 2621-3125

SEMINAR NASIONAL INFRASTRUKTUR ENERGI NUKLIR

**“Diversifikasi Sumber Energi untuk Keberlanjutan
Penyediaan Listrik”**

Yogyakarta, 25 Oktober 2018

Kerja sama:



**Fakultas Teknik
Universitas Mataram**



**Pusat Kajian Sistem Energi Nuklir
Badan Tenaga Nuklir Nasional**

Didukung Oleh:



Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir (STTN)

DEWAN EDITOR

Sugiman, S.T., M.T., Ph.D	UNRAM
Mirmanto, S.T., M.T., Ph.D	UNRAM
Dr. Retno Gumilang Dewi	ITB
Dr. Eko Budi Lelono	LEMIGAS
Dra. Heni Susiati, M.Si.	BATAN
Drs. Sahala Maruli Lumban Raja	BATAN
Ir. Edwaren Liun	BATAN
Ir. Erlan Dewita, M.Eng.	BATAN
Wiku Lulus Widodo, M.Eng.	BATAN
Dr. Sunarko, B.Eng., M.Si.	BATAN
Imam Bastori, S.T.	BATAN
Ir. Tagor Malem Sembiring	BATAN
Drs. Susetyo Trijoko, M.App.Sc.	BATAN
Nuryanti, M.T.	BATAN
Dra. Dharu Dewi, M.Si.	BATAN
Yuliasstuti, M.Si.	BATAN

DAFTAR ISI

DEWAN EDITOR

SAMBUTAN

KATA PENGANTAR

SURAT KEPUTUSAN

DAFTAR ISI

KELOMPOK A : PERENCANAAN ENERGI, FINANSIAL, KESELAMATAN DAN SEIFGARD

1.	KAJIAN KEBIJAKAN STRATEGIS FOKUS BIDANG ENERGI DI BATAN Falikul Fikri, Dwi Irwanti, Sriyana	1
2.	PROYEKSI BEBAN HARIAN SISTEM KELISTRIKAN MATARAM DENGAN MENGUNAKAN BATASAN SIMPANGAN BAKU Wiku Lulus Widodo, Rizki Firmansyah SB	13
3.	STATUS TERKINI MENGENAI PEMANFAATAN PLTN DI DUNIA DAN PROSPEK PEMBANGUNANNYA DI INDONESIA Eri Hiswara	21
4.	KAJIAN SISTEM KESELAMATAN REAKTOR TMSR (THORIUM MOLTEN SALT REACTOR) Erlan Dewita, Tagor Malem Sembiring, Sunarko	31
5.	ANALISIS KESELAMATAN IRADIASI U-235 PENGKAYAAN RENDAH (LEU) DI CENTRAL IRRADIATION POSITION (CIP) REAKTOR RSG-GAS DENGAN BATAN-3DIFF Sutrisno, Elisabeth Ratnawati	39
6.	PERAWATAN PREDIKTIF JARINGAN LISTRIK SIKLOTRON MENGUNAKAN THERMOGRAPPHY INFRAMERAH I Wayan Widiana, Parwanto, Edi Slamet Riyanto, Rajiman	47
7.	TINJAUAN <i>MATERIAL ACCOUNTED FOR</i> (MUF) PADA DESAIN RDE Pertiwi D. W., Bening F., Hendro W.	59
8.	KAJIAN PEMANFAATAN HTGR SEBAGAI CAPTIVE POWER DI KAWASAN INDUSTRI Rr. Arum Puni Rijanti, Sahala Maruli Lumbanraja	65
9.	PROGRAM <i>ENERGIEWENDE</i> DI JERMAN DAN RENCANA PEMANFAATAN ENERGI TERBARUKAN DI INDONESIA Sunarko, Denissa B. S., Slamet Suryanto	75
10.	OPTIMISASI PROTEKSI RADIASI SEBAGAI UPAYA PENGENDALIAN PAPARAN KERJA TERHADAP PEKERJA RADIASI Gloria Doloressa	85

KELOMPOK B : LINGKUNGAN

11.	KAJIAN PROBABILISTIK DAMPAK KESEHATAN AKIBAT LEPASAN RADIONUKLIDA RSG-GAS Sunarko, Denissa B. S., Heni Susiati, Slamet Suryanto, Arif Yuniarto	93
12.	PROYEKSI EMISI CO ₂ DARI SEKTOR LISTRIK DI INDONESIA Edwaren Liun, Sahala Maruli Lumbanraja, Imam Bastori, Rizki Firmansyah S. B.	103
13.	KAJIAN BIAYA EKSTERNAL FASILITAS NUKLIR REAKTOR DAYA EKSPERIMENTAL AKIBAT SEBARAN EFLUEN RADIONUKLIDA DI SUNGAI CISADANE Sufiana Solihat, Abimanyu Bondan W. S.	113

14.	KARAKTERISTIK NILAI PEMBATAS DOSIS DENGAN METODE QUARTILISASI DOSIS MAKSIMUM Suhaedi Muhammad, Rr. Djarwanti, RPS	123
15.	IDENTIFIKASI BAHAN BERBAHAYA DAN BERACUN DALAM EVALUASI TAPAK INSTALASI NUKLIR Dedi Hermawan, Nur Siwhan	131
16.	KAJIAN FAUNA DI PROPINSI NUSA TENGGARA BARAT (NTB): STUDI KASUS RENCANA PEMBANGUNAN PLTN June Mellawati, Merri Suhartini	141
17.	PEMBANDINGAN LAJU EROSI/DEPOSISI TANAH MENGGUNAKAN MODEL KONVERSI PM DAN MBM1 DI SUB-DAS CIBERANG – LEBAK – BANTEN Nita Suhartini, Barokah Aliyanta	151
18.	PENGUKURAN BOBOT INDIKATOR KESELAMATAN RADIASI DI LINGKUNGAN PTKMR- BATAN DENGAN METODE APROKSIMASI RELATIF Suhaedi Muhammad	161
19.	KAJIAN TEKNIS BAHAYA EKSTERNAL AKIBAT ULAH MANUSIA ASPEK LEDAKAN UNTUK INSTALASI NUKLIR Nur Siwhan	173
20.	SISTEM INFORMASI LAJU PAPARAN RADIASI MENGGUNAKAN BORLAND DELPHI 7 Isti Dian Rachmawati, Muhtadan, Nurhidayat	183
21.	TINGKAT RADIOAKTIVITAS GROSS BETA DAN ¹³⁷ Cs DALAM AIR HUJAN DI KAWASAN NUKLIR SERPONG Leli Nirwani, R. Buchari, Wahyudi, Mujiwiyono, June Mellawati	193
<u>KELOMPOK C : TAPAK DAN TEKNOLOGI REAKTOR</u>		
22.	KAJIAN PERCEPATAN TANAH DI CALON TAPAK PLTN BATAM UNTUK MENDAPATKAN TAPAK POTENSIAL Hadi Suntoko, Mudjiono, Siti Alimah, Ajat Sudrajat	201
23.	PERTIMBANGAN PARAMETER OSEANOGRAFI FISIK DAN POTENSI TSUNAMI TAHAP PRA-SURVEI DALAM PEMILIHAN TAPAK PLTN DI PROVINSI NTB Heni Susiati, Hadi Suntoko, Slamet Suryanto	209
24.	GUTENBERG-RICHTER RECURRENCE LAW ANALYSIS OF RDE SITE AT SERPONG Yuliasuti, Euis Etty A.	221
25.	ANALISIS FK BEAMFORMING UNTUK PENENTUAN ARAH BACK AZIMUTH GEMPA DI STASIUN SEISMIK RDE Yuni Indrawati, Yuliasuti, Rian Amukti	229
26.	IDENTIFIKASI SEBARAN POTENSI DERAH INTEREST PLTN DENGAN MENGGUNAKAN ANALISA RASTER DI PROVINSI NUSA TENGGARA BARAT Euis Etty A., Abimanyu Bondan W. S., Hadi Suntoko	237
27.	KAJIAN POTENSI BAHAYA EKSTERNAL ALAMIAH DALAM PENETAPAN TAPAK PLTN DI INDONESIA: STUDI KASUS TAPAK BANGKA Siti Alimah, Hadi Suntoko, Kurnia Anzhar, June Mellawati	243
28.	KAJIAN AWAL KAWASAN LEPAS PANTAI INDONESIA SEBAGAI LOKASI CALON TAPAK PLTN Sahala Maruli Lumbanraja, Rr. Arum Puni Rijanti	253
29.	PENGARUH KOMPOSISI ISOTOP DAN DENSITAS BAHAN BAKAR TERHADAP PARAMETER KRITIKALITAS DAN KINETIK PWR AP1000 Tagor Malem Sembiring, Surian Pinem	263

TINGKAT RADIOAKTIVITAS GROSS BETA DAN ^{137}Cs DALAM AIR HUJAN DI KAWASAN NUKLIR SERPONG

Leli Nirwani, R. Buchari, Wahyudi, Mujiwiyono dan June Mellawati
Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi – BATAN
Jl. Lebak Bulus Raya No.49, Cilandak, Jakarta Selatan
leli_n@batan.go.id

ABSTRAK

TINGKAT RADIOAKTIVITAS GROSS BETA DAN ^{137}Cs DALAM AIR HUJAN DI KAWASAN NUKLIR SERPONG. Sebagian penduduk di sekitar kawasan nuklir serpong masih memanfaatkan air hujan untuk berbagai keperluan, yaitu pertanian, peternakan, perikanan, dan rumahtangga (jamban). Radionuklida pemancar beta dan ^{137}Cs termasuk unsur radioaktif lepasan dari kegiatan instalasi nuklir, seperti Pusat Reaktor Serbaguna di Serpong, sehingga radionuklida tersebut dikategorikan polutan radioaktif. Berdasarkan hal ini telah dilakukan pengukuran radioaktivitas gross beta dan ^{137}Cs dalam air hujan terkait dengan aspek keselamatan lingkungan dan penyusunan data base rona awal kawasan Serpong. Tujuan penelitian adalah untuk memperoleh data status terkini dari polutan radioaktif pemancar beta dan ^{137}Cs di air hujan yang diduga berasal dari kawasan nuklir Serpong selama periode 2007-2016. Metode penelitian meliputi pengumpulan data sekunder pengguna air hujan di wilayah kajian, serta data primer konsentrasi polutan radioaktif pemancar beta dan ^{137}Cs . Pengambilan sampel air hujan dilakukan secara terus menerus setiap bulan sejak tahun 2007 hingga 2016, dan kegiatannya meliputi preparasi sampel secara prekonsentrasi, selanjutnya analisis secara spektrometri gamma. Radionuklida pemancar beta diukur sebagai gross beta sedangkan unsur radioaktif ^{137}Cs diukur pada energi spesifik 661,6 keV. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa tingkat radioaktivitas gross beta berkisar 0,0135 – 0,4882 Bq/l, sedangkan radioaktivitas ^{137}Cs berkisar < 2,10 – 132,10 Bq/m³. Nilai ini masih berada di bawah ambang batas tingkat radioaktivitas lingkungan yang diijinkan Menkes RI (1990) untuk air bersih, yaitu gross beta 1000 Bq/l, sedangkan ^{137}Cs : 260 (Bq/m³) menurut Bapeten (2017), sehingga dikategorikan masih relatif aman untuk digunakan.

Kata kunci: radioaktivitas gross beta, ^{137}Cs , spektrometri gamma, air hujan

ABSTRACT

RADIOACTIVITY LEVEL OF GROSS BETA AND Cs-137 IN RAINWATER IN SERPONG NUCLEAR AREAS. Some residents around the serpong nuclear area still use rainwater for various purposes, namely agriculture, livestock, fisheries, and households (toilet). Beta-emitting radionuclides and ^{137}Cs are included as removable radioactive elements from nuclear installation activities, such as the Multipurpose Reactor Center in Serpong, so that they are categorized as radioactive pollutants. Based on mentioned above, measurements of gross beta and ^{137}Cs radioactivity in rainwater were measured in relation to environmental safety aspects and preparation of the initial baseline data for the Serpong area. The aim of the study was to obtain the current status data of beta emitters radioactive pollutant and ^{137}Cs in rainwater which was suspected from the Serpong nuclear area during the period year 2007-2016. The research method includes collecting secondary data on rainwater users (resident) in the study area as well as primary data on radioactive pollutant concentration of beta transmitters and ^{137}Cs . Rainwater sampling was carried out continuously every month from 2007 to 2016, and its activities include preconcentration sample preparation, then gamma spectrometric analysis. Radionuclide beta transmitter was measured as gross beta while the radioactive element ^{137}Cs was measured at a specific energy of 661.6 keV. The measurement results show that the level of gross beta radioactivity ranged 0,0135 – 0,4882 Bq/l, while the radioactivity of ^{137}Cs ranged <2.10 - 132.10 Bq/m³. This value is still below the threshold level of environmental radioactivity permitted by the Indonesian Minister of Health (1990) for clean water, ie gross beta 1000 Bq/l, while ^{137}Cs 260 Bq/m³ according to Bapeten (2017), so categorized as still relatively safe to use.

Key words: gross beta radioactivity, ^{137}Cs , gamma spectrometry, rainwater

PENDAHULUAN

Pada saat musim kemarau, masyarakat di sekitar Serpong kesulitan memperoleh air bersih sehingga sebagian dari mereka masih memanfaatkan air hujan untuk memenuhi

berbagai kebutuhan sehari-harinya(1). Berdasarkan hasil pemantauan BMKG dan P3KL2 Serpong, nilai pH air hujan yang terpantau di wilayah Serpong selama periode 2000-2015 berkisar 4,59 – 5,15, dan nilai ini di bawah batas pH air hujan normal (pH 5,6) sehingga air hujan di daerah tersebut dikategorikan masih aman untuk dimanfaatkan(2).

Air hujan adalah air yang menguap karena panas melalui proses kondensasi membentuk tetes air yang lebih besar kemudian jatuh kembali ke permukaan bumi. Pada waktu berbentuk uap air terjadi proses transportasi (pengangkutan uap air oleh angin menuju daerah tertentu yang akan terjadi hujan). Ketika proses transportasi, uap air bercampur dan melarutkan gas-gas yang ada di udara, oleh sebab itu air hujan mengandung debu, bakteri, serta berbagai senyawa polutan yang terdapat dalam udara sehingga kualitasnya banyak dipengaruhi oleh keadaan lingkungannya. Pemanfaatan air hujan dapat memecahkan permasalahan kekurangan air cukup nyata, dan data menunjukkan bahwa penggunaan air hujan dapat memenuhi kebutuhan dalam rumah tangga hingga lebih dari 50% permintaan air. Kesadaran masyarakat tentang penggunaan air hujan untuk memenuhi kebutuhan air adalah dua aspek penting dalam konservasi air (3).

Pada kondisi operasi normal maupun abnormal (kasus kecelakaan), kegiatan fasilitas nuklir berpotensi melepaskan sejumlah polutan radioaktif ke lingkungan. Beberapa jenis unsur radioaktif lepasan dari PLTN tipe PWR, yaitu gas mulia (isotop-isotop Xe dan Kr), tritium ($\text{H}3$), karbon ($\text{C}14$), iodium (isotop-isotopnya) dalam efluen gas, serta tritium ($\text{H}3$) dan selainnya ($\text{Mn}54$, $\text{Co}60$, $\text{Fe}59$, $\text{Cs}137$, dll.) dalam efluen cair, dan partikulat yang merupakan hasil fisi dan aktivasi pemancar beta dan gamma (4). Unsur radioaktif pemancar alfa, beta maupun gamma, diantaranya yaitu $\text{Cs}-137$ tersebut merupakan lepasan dari kegiatan fasilitas nuklir yang melalui udara (air hujan) dapat terdeposisi ke tanah. Beberapa jenis unsur radioaktif lepasan dari PLTN tipe PWR Korea, Jepang, Mediterania Timur dan Timur Tengah, yaitu beberapa unsur radioaktif pemancar beta dan gamma yang diantaranya yaitu $\text{Cs}-137$ hasil fisi maupun aktivasi pemancar beta dan gamma (5,6). Badan regulasi nuklir di Indonesia (BAPETEN) mengatur tentang nilai batas radioaktivitas lingkungan (alpha, beta dan gamma) yang meliputi(i) nilai batas lepasan radioaktivitas ke lingkungan, (ii) baku tingkat radioaktivitas di lingkungan, sedangkan Kementerian Kesehatan Republik Indonesia mengatur tentang tingkat radioaktivitas alfa dan beta untuk persyaratan air bersih(7,8). Berdasar pernyataan ini penting dilakukan pemantauan radioaktivitas gros beta dan $\text{Cs}-137$ di materi lingkungan, diantaranya yaitu air hujan terkait dengan potensi pemanfaatan air hujan untuk berbagai keperluan pada saat musim kering (kemarau). Melalui *food web* (rantai pangan), secara tidak langsung unsur radioaktif yang terkandung dalam air hujan tersebut dapat masuk ke dalam tubuh manusia. Radionuklida yang terdeposisi di tanah pun berpotensi terserap oleh tanaman melalui *food web* yang akan sampai ke manusia.

Radionuklida ^{137}Cs memancarkan radiasi gamma pada energi 661,66 keV dengan kelimpahan 0,85, mempunyai waktu paro fisik 30 tahun. Radiotoksitasitas ^{137}Cs dikategorikan termasuk dalam kategori toksisitas sedang, dan di dalam tubuh bersifat hampir sama dengan unsur Kalium (K) dengan waktu paro biologi ^{137}Cs 110 hari. Radionuklida ^{137}Cs ini bersifat mudah larut dan mudah diserap oleh saluran pencernaan dan akan didistribusikan merata ke seluruh tubuh. Sebagian besar (80%) ^{137}Cs yang terserap akan mengendap pada bagian otot tubuh, sedang sebagian kecil (8%) akan mengendap di tulang(9,10). Radioaktivitas gross beta merupakan hasil pengukuran campuran radionuklida pemancar beta, seperti isotop-isotop kalium, tritium, karbon, gas nobel terlarut, iodium, antimon, stronsium dan lain sebagainya(5,6).

Tujuan penelitian adalah memperoleh data tingkat radioaktivitas gros beta dan ^{137}Cs yang tergolong polutan radioaktif untuk mengetahui status terkini air hujan yang akan terdeposisi ke dalam tanah. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan data rona awal tingkat radioaktivitas dari radionuklida gross beta dan ^{137}Cs terkait keberadaan instalasi nuklir PRSG-BATAN dan juga sebagai data rona awal untuk penyusunan dokumen amdal pembangunan RDE (Reaktor Daya Eksperimental).

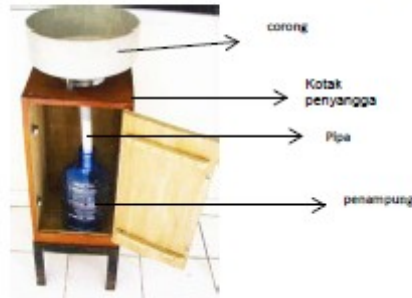
METODOLOGI PENELITIAN

Tempat dan Waktu

Penelitian dilakukan di PTKMR Pasar Jumat, yaitu preparasi, pengukuran dan analisis sampel. Pengambilan sampel air hujan dilakukan di beberapa tempat di kawasan Serpong setiap bulan pada tahun 2007 sampai 2016.

Peralatan

Pada penelitian digunakan peralatan sampling air hujan (Gambar 1), peralatan gelas, yaitu gelas beker, gelas ukur dan batang pengaduk karet, alat pengering sampel *hot plate* dan lampu IR, wadah sampel planchet dan wadah Marinelli. Peralatan penunjang lainnya, yaitu label, spidol, dll. Peralatan untuk mengukur dan menganalisis ^{137}Cs adalah Spektrometer Gamma yang dilengkapi detektor HPGe dan perangkat lunak Maestro. Alat untuk mengukur dan menganalisis gross beta menggunakan LBC (*Low Background Counter*) Merk Packard.



Gambar 1. Perangkat Penampung Sampel Air Hujan

Prosedur Kerja

Tahapan kegiatan meliputi pengambilan sampel, preparasi, pengukuran, analisis, perhitungan konsentrasi, yang dapat dijelaskan seperti berikut ini.

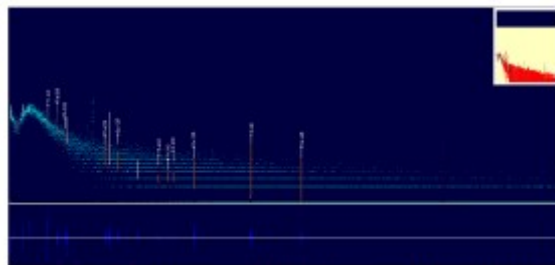
Pengambilan sampel air hujan dilakukan dengan cara air hujan dikumpulkan menggunakan perangkat alat penampung air hujan (Gambar 1). Air hujan tersebut ditampung selama satu bulan ke dalam jerigen yang sudah diberi label, dan selanjutnya dibawa ke laboratorium untuk dilakukan preparasi lebih lanjut.

Preparasi sampel untuk pengukuran radioaktivitas ^{137}Cs dilakukan dengan cara sampel air hujan dalam jerigen (volume 10-20 l) dituang beberapa kali ke dalam *beaker glass* sambil diuapkan di atas *hot plate* menjadi volume 1 L. Selanjutnya sampel air hujan sebanyak 1 L tersebut dipindahkan ke dalam wadah Marinelli (polietilen), ditutup/*sealed* (Gambar 2), dan siap diukur menggunakan Spektrometer Gamma.

Pengukuran tingkat radioaktivitas ^{137}Cs menggunakan Spektrometer Gamma dengan cara sampel air hujan dalam wadah Marinelli diletakkan di atas detektor HP Ge Spektrometer Gamma dan dicacah selama 1 hari. Pengukuran dilakukan pada energi gamma spesifiknya, yaitu 661,6 keV (Gambar 3).



Gambar 2. Sampel air hujan dalam Marinelli



Gambar 3. Spektrum ^{137}Cs Dalam Sampel Air Hujan

Perhitungan Konsentrasi ^{137}Cs dalam air hujan menggunakan rumus persamaan berikut:

$$C_{avg} = \frac{n_s - n_B}{\epsilon_\gamma \cdot P_\gamma \cdot W_{sp}} \dots\dots\dots(1)$$

dengan :
 n_s : laju cacah sampel (cps)
 n_B : laju cacah latar (cps)

n_B : efisiensi pada energi gamma teramati (%)

p_Y : *yield* dari energi gamma teramati (%)

w_{Sp} : volume sampel (L)

Konsentrasi minimum yang dapat dideteksi (*MDC*) untuk suatu sistem spektrometer gamma dipengaruhi oleh efisiensi pencacahan, cacah latar dan berat sampel. Untuk menghitung *MDC* dengan tingkat kepercayaan 68% ditentukan dengan persamaan berikut.

$$MDC = 2,33 \cdot \frac{\sqrt{\frac{n_B}{t_B}}}{\epsilon_Y \cdot p_Y \cdot w_{Sp}} \dots\dots\dots(2)$$

dengan:

MDC : konsentrasi minimum yang dapat dideteksi (Bq/m^3)

n_B : laju cacah latar (*cps*)

t_B : waktu cacah latar (detik)

ϵ_Y : efisiensi pada energi gamma teramati (%)

p_Y : *yield* dari energi gamma teramati (%)

w_{Sp} : volume sampel air hujan (l)

Preparasi sampel untuk pengukuran radioaktivitas gross beta dilakukan dengan cara 1 l sampel air hujan dituang ke dalam *beaker glass* sambil diuapkan di atas *hot plate* hingga menjadi volume ± 2 ml. Selanjutnya sampel tersebut dipindahkan ke dalam *plancet* sambil dikeringkan di bawah lampu IR hingga kering (Gambar 4). Sampel air hujan yang sudah kering disimpan ke dalam desikator dan siap untuk diukur dengan LBC (Gambar 5).



Gambar 4. Preparasi Sampel Air Hujan Untuk Pengukuran Gross Beta Dengan LBC



Gambar 5. Instrumentasi LBC

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Penduduk Di Sekitar Kawasan Nuklir Serpong Pengguna Air hujan

Seperti diketahui sebagian penduduk sekitar kawasan nuklir Serpong masih memanfaatkan air hujan untuk berbagai keperluan dan data ditunjukkan pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Data Jumlah Penduduk yang Masih Menggunakan Air Hujan Untuk Berbagai Keperluan(11).

No.	Nama Lokasi Penduduk	Jumlah Penduduk (%)	Kegiatan
1	Kecamatan Serpong, Kelurahan Muncul	0,45	Jamban
2	Kecamatan Gunung Sindur, Kelurahan Gunung Sindur	0,31	Jamban
3	Kecamatan Setu, Kelurahan Muncul	22,62	Peternakan
4	Kecamatan Setu, Kelurahan Kranggan	0,61	Peternakan
5	Kecamatan Cisauk, Kelurahan Cibogo	5,45	Peternakan
6	Kecamatan Setu, Kelurahan Muncul	25,53	Perikanan
7	Kecamatan Setu, Kelurahan Kranggan	11,59	Perikanan
8	Kecamatan Setu, Kelurahan Muncul	23,08	Pertanian
9	Kecamatan Setu, Kelurahan Kranggan	1,83	Pertanian
10	Kecamatan Setu, Kelurahan Babakan	5,06	Pertanian
11	Kecamatan Cisauk, Kelurahan Suradita	1,15	Pertanian

12	Kecamatan Cisauk, Kelurahan Suradita	3,23	Pertanian
13	Kecamatan Cisauk, Kelurahan Cibogo	2,18	Pertanian
14	Kecamatan Rumpin, Kelurahan Sukamulya	0,54	Pertanian

Tingkat Radioaktivitas Gross Beta Dalam Air Hujan

Hasil pengukuran dan analisis radionuklida pemancar beta dalam sampel air hujan di kawasan Serpong selama periode tahun 2007 – 2016 sangat bervariasi (Tabel 2).

Tabel 2. Tingkat Radioaktivitas Gross Beta dalam Air Hujan Kawasan Nuklir Serpong, Periode Tahun 2007 – 2016 (Bq/l)

Sampel Bulan	Tingkat Radioaktivitas Gross Beta (Bq/l)									
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Jan.	-	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	0,0297	0,1999
Feb.	-	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	0,0230
Maret	-	< MDC	< MDC	0,0873	< MDC	0,2747	< MDC	< MDC	= MDC	< MDC
April	-	< MDC	< MDC	0,2777	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	= MDC	0,0570
Mei	-	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	0,0519	0,2406
Juni	-	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	0,2747	< MDC	< MDC	0,0383	0,0180
Juli	-	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	0,0419	0,0624
Agust	-	< MDC	-	< MDC	-	-	0,1300	< MDC	-	0,0135
Sept.	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	-	0,3867	< MDC	< MDC	0,0546	0,0185
Okt.	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	-	-	< MDC	< MDC	-	0,0194
Nov.	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	-	< MDC	0,0352	< MDC
Des.	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	-	< MDC	< MDC	< MDC	0,0261	0,0261
MDC rerata =	1,9360	1,9360	0,4882	0,0553	0,0553	0,0549	0,0549	0,0571	0,0216	0,0119

Keterangan: - = Sampel tidak ada dan atau kering, MDC (*Minimum Detectable Concentration*) = Konsentrasi terkecil yang dapat terukur

Pada Tabel 2 terlihat bahwa hasil pengukuran rata-rata nilai batas terkecil (MDC) gross beta yang dapat terukur dengan LBC sangat bervariasi dari tahun ke tahun, yaitu 0,0119 – 1,9360 Bq/l. Namun demikian hasil pengukuran gross beta di sampel air hujan di beberapa kawasan menunjukkan masih di bawah batas ukur (MDC), artinya relatif sangat rendah bahkan tidak terdeteksi. Di beberapa kawasan ditemukan radioaktivitas gross beta berkisar 0,0135-0,3867 Bq/l. Hal ini menunjukkan bahwa perkiraan jatuhnya radioaktif pemancar beta melalui air hujan selama periode tahun 2007 – 2016 dari kegiatan instalasi nuklir Reaktor Serba Guna tidak terbukti. Berdasarkan data ini tingkat radioaktivitas lingkungan air hujan di Serpong sepanjang tahun 2007 – 2016 terbebas dari kontaminan atau jatuhnya polutan radioaktif. Dibandingkan dengan nilai gross beta yang disyaratkan Kementerian Kesehatan untuk air bersih (1990), yaitu 1000 Bq/l, air hujan dari kawasan Serpong masih dikategorikan bersih dan masih memenuhi syarat untuk dapat digunakan(8). Tingkat radioaktivitas gross beta di air hujan yang disampling di sekitar fasilitas nuklir di Korea mempunyai tren konstan, namun meningkat di musim dingin dan hampir 5 kali lipatnya. Penyebab kecenderungan itu memberikan informasi bahwa ada korelasi antara musim dengan konsentrasi radioaktivitas gross beta(12).

Tingkat Radioaktivitas ¹³⁷Cs dalam Air Hujan

Hasil pengukuran dan analisis ¹³⁷Cs dalam sampel air hujan dari kawasan Serpong selama periode tahun 2007 – 2016 tercantum dalam Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Hasil Pengukuran rerata Cs-137 dalam Air Hujan di Kawasan Nuklir Serpong Selama Tahun 2007 – 2016

Sampel Bulan	Konsentrasi (Bq/m ³)									
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Jan.	-	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	10,4	<MDC	<MDC	<MDC
Feb.	-	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	6,4	< MDC	0,70	< MDC
Maret	-	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	<MDC	< MDC
April	-	-	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	<MDC	< MDC
Mei	-	3,50	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	<MDC	< MDC
Juni	-	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	<MDC	< MDC
Juli	-	-	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	-	< MDC	<MDC	< MDC
Agust	-	< MDC	-	< MDC	-	< MDC	-	< MDC	-	< MDC
Sept.	2,10	40,0	10,00	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	37,40	< MDC
Okt.	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	-	2,7	4,7	-	< MDC
Nov.	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	-	< MDC	<MDC	-
Des.	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	< MDC	18,5	< MDC	<MDC	< MDC
MDC rerata =	2,10	2,10	2,10	132,1	132,10	132,10	132,10	0,40	0,40	0,30

Keterangan: - = Sampel tidak ada dan atau kering, MDC (*Minimum Detectable Concentration*) = Konsentrasi terkecil yang dapat terukur

Pada Tabel 3 terlihat bahwa hasil pengukuran rata-rata nilai batas terkecil (MDC) ¹³⁷Cs yang dapat terukur dengan spektrometer gamma sangat bervariasi dari tahun ke tahun, yaitu 0,30 – 132,10 Bq/m³. Namun demikian hasil pengukuran radioaktivitas ¹³⁷Cs di sampel air hujan di beberapa kawasan menunjukkan di bawah batas ukur, artinya relatif sangat rendah dan bahkan tidak terdeteksi. Konsentrasi ¹³⁷Cs tertinggi (40 Bq/l) ditemukan dalam sampel air hujan yang diukur pada bulan agustus-September tahun 2008 dan 2015, sedangkan terendah (tidak terdeteksi atau < MDC (ditemukan pada tahun 2007, 2012 dan 2014) (2008) tertinggi 40 Bq/m³. Dalam Peraturan Kepala BAPETEN No.07 Tahun 2017 dinyatakan bahwa nilai batas radioaktivitas ¹³⁷Cs di lingkungan yang diizinkan adalah 260 Bq/m³, dan berdasarkan pernyataan tersebut, polutan radioaktif ¹³⁷Cs dalam air hujan yang terdeteksi di kawasan Serpong periode tahun 2007-2016 tidak terkontaminasi ¹³⁷Cs dan masih aman untuk dimanfaatkan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa: (i) tingkat radioaktivitas gross beta dalam sampel air hujan dari kawasan Serpong relatif sangat rendah, yaitu dari tidak terdeteksi hingga di bawah nilai MDC, (ii) tingkat radioaktivitas ¹³⁷Cs dalam sampel air hujan dari kawasan Serpong juga masih relatif rendah karena lebih rendah dari persyaratan BAPETEN (2017) dan di bawah nilai MDC. Berdasarkan hal ini, air hujan dari kawasan Serpong masih memenuhi persyaratan BAPETEN untuk kandungan unsur radioaktifnya (¹³⁷Cs) dan persyaratan Kementerian Kesehatan untuk tingkat radioaktivitas gross beta.

DAFTAR PUSTAKA

1. REPUBLIKA. "Air Dicari Hujan Dinanti". Rabu 4 November 2015. **Error! Hyperlink reference not valid.** koran/urbana/15/ 11/04/nxa9088-air-dicari-hujan-dinanti. Diunduh Juni 2017.
2. KEMENLH & KEHUTANAN. Fenomena deposisi asam di wilayah Jakarta dan Serpong. Puslitbang Kualitas dan Laboratorium Lingkungan. 16 Desember 2017. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Jakarta 2017

3. KULKARNI SJ. Review On Studies, Research And Surveys On Rainwater Harvesting. International Journal of Research and Review. 3:9(2016)6-11.
4. JUNE MELLAWATI. Kajian dampak lepasan radionuklida dari pengoperasian PLTU dan PLTN ke lingkungan. Iptek Nuklir. Bunga Rampai Batan. ISSN 2087-8079. Tahun 2010
5. TAE YOUNG KONG, SIYOUNG KIM, YOUNGJU LEE, JUNG KWON SON, SUNG JUN MAENG. Radioactive Effluents Released From Korean Nuclear Power Plants and The Resulting Radiation Doses to Members of The Public. Nuclear engineering and Technology 49(2017)1772-1777.
6. THEODOROS CHRISTOUDIAS, YIANNIS PROESTOS, JOS LELIEVELD. Atmospheric Dispersion of Radioactivity from Nuclear Power Plant Accidents: Global Assessment and Case Study for the Eastern Mediterranean and Middle East. Energies 7(2014)8338-8354.
7. BAPETEN, Nilai Batas Radioaktivitas Lingkungan, PERKA BAPETEN No.07 tahun 2017, Jakarta,2017.
8. KEMENTERIAN KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 416/MENKES/PER/IX/1990 Tanggal : 3 September 1990. Jakarta. 1990.
9. B.C. RUSSELL, IAN W. CROUDACE, PHIL E. WARWICK. Determination of ¹³⁵Cs and ¹³⁷Cs In Environmental Samples: A Review. Analytica Chimica Acta. Vol.890(2015)7-20
10. CLELIA LE GALLIC, YOHANN PHALENTE, LINE MANENS, ISABELLE DUBLINEAU, MARC, MARC BENDERITTER, YANN GUEGUEN, STEPHANIE LEHOUX, TENI G. EBRAHIMIAN. Chronic Internal Exposure to Low Dose ¹³⁷Cs Induces Positive Impact on the Stability of Atherosclerotic Plaques by Reducing Inflammation in ApoE^{-/-} Mice. PLoS ONE 10:6(2015)1-21.
11. BATAN, Laporan Evaluasi Tapak RDE Aspek Dispersi. PKSEN, BATAN, Jakarta, 2016.
12. YEOM, JUNGMIN, SHIN, DAEYEWON, KIM, SOONGPYUNG, JU, SUNDONG, OH, YOUNGSOO, KIM, BYUNGGYU, KIM, SUNSIK, Trend Of Gross Beta Radioactivity In Air Particles And Rainwater Of Around The Domestic Nuclear Power Plants. Spring Meeting of the KNS(Korean Nuclear Society). Jeju (Korea, Republic of), 28-30 May 2014 Daejeon (Korea, Republic of).

DISKUSI/TANYA JAWAB

1. PERTANYAAN :

Bagaimana tata cara penetapan titik-titik pengamatan agar bias dianggap mewakili Kawasan Nuklir Serpong? Susetyo Trijoko (PKSEN-BATAN)

JAWABAN :

Pada pemantauan yang dilakukan hanya pada satu titik yaitu di lokasi pemukiman perumahan Batan Indah yang terkait dengan masyarakat yang menggunakan air hujan untuk keperluan sehari-hari. Pemantauan dilakukan di seluruh Indonesia, 1 titik di Serpong.