

ISSN : 0854 – 4778

# PROSIDING

Seminar Nasional Ke 60

TEMU-ILMIAH JARINGAN KERJASAMA KIMIA INDONESIA

**Seminar Nasional XXVII**

**KIMIA DALAM INDUSTRI DAN LINGKUNGAN**

“Perkembangan Mutakhir dalam Teori, Instrumentasi dan Penerapan”

( Hotel Phoenix Yogyakarta, 8 November 2018)



## REDAKSI:

Ketua merangkap anggota	:	Dr. Sigit, DEA
Sekretaris merangkap anggota	:	Sihono
Anggota	:	Ir. Prayitno., MT, Pen. Utama Dra. Susana Tuning., MT Imam Prayogo., ST

Diterbitkan 31 Desember 2018

Oleh

**JARINGAN KERJASAMA KIMIA INDONESIA**

**YAYASAN MEDIA KIMIA UTAMA**

Akta No : 24/15/IV/1993

## PENGANTAR

Puji Syukur kami panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas petunjuk dan karuniaNya sehingga Prosiding Seminar Nasional XXVII **Kimia Dalam Industri dan Lingkungan** dengan tema “**Perkembangan Mutakhir dalam Teori, Instrumentasi dan Penerapan**” dapat diterbitkan.

Prosiding ini merupakan dokumentasi karya ilmiah para peneliti dari berbagai disiplin ilmu terkait sains dan teknologi yang mendukung industri dan lingkungan, dan telah dipresentasikan pada Temu Ilmiah Jaringan Kerjasama Kimia Indonesia ( JASAKIAI ) pada tanggal 8 November 2018, bertempat di Hotel Phoenix, Jalan Jendral Sudirman No. 9 Yogyakarta.

Kegiatan Temu-Ilmiah Jaringan Kerjasama Kimia Indonesia ini merupakan penyelenggaraan yang ke XXVII dan dihadiri 41 peserta. Adapun tujuan Seminar adalah untuk menjadi forum pertukaran informasi antara peneliti di Perguruan Tinggi dan Lembaga Penelitian di satu pihak dengan para praktisi di lingkungan industri di lain pihak.

Sebanyak 40 (empat puluh) makalah telah dipresentasikan pada Seminar Nasional XXVII “Kimia dalam Industri dan Lingkungan” dan yang telah diselenggarakan pada tanggal 8 November 2018 oleh Jaringan Kerjasama Kimia Indonesia, dan setelah melalui penilaian oleh Referee/ Dewan Penelaah, dapat diterbitkan dalam 1 (satu) buku prosiding ini.

Adapun rincian Intitusi yang hadir dan karya ilmiah yang telah dipresentasikan adalah sebagai berikut:

No.	Institusi	Makalah
01	PAIR-BATAN Jl. Cinere Pasar Jumat Kotak Pos 7002 JKSKL, Jakarta 12070,	9
02	Pulitbang Biomedis dan Teknologi Dasar Kesehatan, Badan Litbang Kesehatan RI Jl. Percetakan Negara 23, Jakarta 10560	2
03	Pusat Survei Geologi, Jl. Diponegoro 57 Bandung	3
04	Pusat Penelitian dan Pengembangan Upaya Kesehatan Masyarakat, Badan Litbangkes Jl. Percetakan Negara 23, Jakarta 10560	10
05	Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya dan Pelayanan Kesehatan, Jl. Percetakan Negara 29, Jakarta Pusat 10560	2
06	Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, Kementerian Kesehatan, Jln. Percetakan Negara 23, Jakarta, Indonesia	1

7	PSTA – BATAN Jl. Babarsari Yogyakarta	1
8	Pusat Penelitian Bioteknologi LIPI Jl. Raya Bogor Km 46, cibinong 16911. Telp.0218754587. Fax.02187454588	7
9	Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi, Badan Tenaga Nuklir Nasional Jl. Lebak Bulus Raya No. 49 Jakarta Selatan 12070	5

Jaringan Kerjasama Kimia Indonesia (JASAKIAI) sebagai pihak penyelenggara seminar, dengan ini menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua peserta dan pembawa makalah yang telah berpartisipasi dalam Seminar dan aktif memberikan masukan-masukan yang bermanfaat bagi semua pihak. Seluruh Dewan Penelaah yang telah membantu dalam seleksi, penilaian dan peningkatan mutu makalah untuk bisa dipublikasikan, seluruh anggota dewan redaksi yang telah bekerja keras untuk menyusun dan menerbitkan prosiding ini, serta semua pihak yang telah ikut membantu dalam penyelenggaraan seminar sampai dapat diterbitkannya prosiding ini.

Besar harapan kami bahwa Prosiding ini akan banyak berguna bagi para Pembaca serta semua rekan seprofesi, serta akan dapat menjadi acuan dan titik tolak untuk mencapai kemajuan yang lebih besar untuk perkembangan Ilmu Kimia dan terapannya di Indonesia. Kami sadari bahwa Seminar dan Prosiding ini tidak lepas dari berbagai kekurangan. Untuk itu, kami mohon maaf dan kritik serta saran yang bersifat membangun demi perbaikan dimasa datang selalu kami harapkan dari Rekan Sejawat dan Pembaca yang budiman.

Yogyakarta, 31 Desember 2018

**Redaksi**

**REFEREE / DEWAN PENELAAH :**

Drs. I Nyoman Kabinawa, MM, MBA	Mikrobiologi ( <i>Microbiology</i> )
Prof. Dr., Ir., Drs., Kris Tri Basuki., M.Sc.	Ilmu Separasi ( <i>Separation Sciences</i> ), Teknologi Soprograsi dan Membran ( <i>Membrane and Separation Tech- nology</i> )
Drs.Sukandi Nasir, MM	Acrodinamika, Teknik Ruang Angkasa Lainnya/ Bahan Bakar Roket ( <i>Aerospace Engineering not elsewhere classified</i> )
Wisnu Susetyo, Ph.D	Jaminan Kualitas, Ilmu-ilmu Kimia Lainnya/ Managernen Mutu laborato- rium Kimia ( <i>Chemical Sciences not elsewhere Classified</i> )
Prof. Dr. Bambang Setiaji	Kimia Bahan Solid ( <i>Solid State Chemistry</i> ), Katalis Kimia ( <i>Chemistry of Catalyses</i> ) dan ilmu-ilmu Anorganik lainnya ( <i>Non-Organic Chemistry not elsewhere classified</i> )
Dr. Eko Sugiharto	Kimia Lingkungan, Jaminan Kualitas ( <i>Quality Assurance</i> )
Dr. Ir. Sigit, DEA	Simulasi dan Kontrol Proses, Design Teknik Kimia ( <i>Chemical Engineering Design</i> ) dan teknik Kimia Lainnya ( <i>Other Chemical Engineering not elsewhere Classified</i> )
Drs. Sutjipto, MS, Pen.Utama	Kimia Lingkungan, Energy dan Termodinamika Kimia. Kimia Organik Fisik, Ilmu-ilmu kimia Lainnya ( <i>Chemical Sciences not elsewhere classified</i> )
Ir. Ary Achyar Alfa, M.Si, Pen.Utama	Polimer, karakterisasi makromolekul, Mekanisme Polimerisasi ( <i>Polymer- ization Machanism</i> ) dan Teknik Bahan Lainnya ( <i>Other Material Engineering not elsewhere classified</i> )
Ir. Erfin Yundra Febrianto, MT, Pen.Utama	Ilmu Bahan dan Proses/ Teknik Bahan Lainnya ( <i>Other Moterial Engineering not elsewhere classified</i> )
Dr. Ir. Mahyudin Abdul Rakhman M.Eng, Pen.Utama	Teknik Biokimia ( <i>Other Chemical Engineering not elsewhere classified</i> )
Dr. Djoko Santoso, Pen. Utama	Bioteknologi ( <i>Biotechnology</i> )

### **SUSUNAN PANITIA PENYELENGGARA**

Ketua I	:	Wisnu Susetyo, Ph.D
Ketua II	:	Dr. Eko Sugiharto
Ka. Dept. Diklat.	:	Ir. Prayitno, MT., Pen.Utama
Sekretaris	:	Sihono
Bendahara	:	Imam Prayogo, ST
Anggota	:	Dr. Ir. Sigit, DEA Drs. Sutjipto, MS Dra. Susanna TS., MT

## DAFTAR ISI

NO.	DAFTAR ISI	HALAMAN
	HALAMAN JUDUL	i
	REFREE/DEWAN PENELAAH	iii
	SUSUNAN PANITIA	iv
	PENGANTAR	v-vi
	DAFTAR ISI	vii-x
1.	PENGARUH PERLAKUAN KONSENTRASI GA <sub>3</sub> DAN KALSIMUM PANTOTENAT TERHADAP PERTUMBUHAN KULTUR TUNAS UWI UNGU ( <i>DIOSCOREA ALATA</i> ) <b>Deritha Ellfy Rantau*</b> , <b>Rudiyanto dan Tri Muji Ermayanti</b>	1 - 12
2.	PENGELOLAAN PENGIRIMAN BAHAN INFEKSIUS DALAM RISET KESEHATAN SKALA NASIONAL <b>Anorital * dan Lelly Andayasari **</b>	13 - 20
3.	EFEKTIFITAS BIO-LARVASIDA BACTIVEC FORMULA CAIRAN DAN GRANUL TERHADAP JENTIK NYAMUK <i>Aedes Aegypti</i> YANG DIKEMBANGKAN DI LABORATORIUM <b>Dian Perwitasari, Jusniar Ariati, Helper Sahat P Manalu, Amrul Munif</b>	21 - 28
4.	STABILITAS RADIKAL BEBASKITOSAN IRADIASI DAN KARAKTERISTIKNYA <b>Adjat Sudradjat</b>	29 - 38
5.	INFEKSI HANTAVIRUS PADA RODENSIADI DESA ARGAWANA, KECAMATAN PULOAMPEL, KABUPATEN SERANG, PROPINSI BANTEN <b>Andre Yuniarto*,<sup>1</sup> Ima Nurisa Ibrahim,<sup>2</sup> Rabea P. Yekti,<sup>2</sup> Reni Herman,<sup>2</sup> Rita Marleta Dewi<sup>2</sup></b>	39 - 44
6.	KEJADIAN DIARE DI WILAYAH KERJA DINAS KABUPATEN GOWA TAHUN 2017 <b>Wibowo<sup>1</sup>, Lely Andayasari<sup>1</sup>, Widya Yunita<sup>2</sup></b>	45 - 48
7.	EKSTRAKSI SENG DARI MINERAL SPALERIT ASAL BOGOR DENGAN ASAM SULFAT MENGGUNAKAN UDARA SEBAGAI OKSIDATOR <b>Yuhelda<sup>1</sup>, Dessy Amalia<sup>2</sup>, Dian Widya Utami<sup>3</sup></b>	49 - 58
8.	PENGARUH UMUR TERHADAP TITER ANTIBODI CAMPAK ANAK <b>Sehatman*, Hendrik Edison Siahainenia**</b>	59 - 62
9.	GAMBARAN KASUS DEMAM BERDARAH DENGUE (DHF) DI WILAYAH KERJA DINAS KESEHATAN KABUPATEN GOWA PROVINSI SULAWESI SELATAN TAHUN 2017 <b>Wibowo<sup>1</sup>, Amir Suudi<sup>1</sup>, Widya Yunita<sup>2</sup></b>	63 - 66
10.	PENYAKIT CAMPAK DIDETEKSI MENGGUNAKAN SAMPEL ORAL FLUID DENGAN CARA REVERSE TRANSCRIPASE POLIMERASE CHAIN REACTION (RT-PCR) <b>Sehatman, Dasuki</b>	67 - 70
11.	KERAGAMAN DAN PERILAKU ANOPHELES SPP SERTA FAKTOR RISIKO TERTULAR MALARIADI KABUPATEN MALUKU TENGGARA BARAT, MALUKU <b>Shinta<sup>1</sup>, Jusniar Ariati<sup>1</sup>, Rina Marina<sup>1</sup></b>	71 - 80

- 24 APLIKASI ADSORBEN BERBASIS SELULOSA UNTUK PENYERAPAN ION LOGAM KROM (VI) 173 - 178  
**Santoso Prayitno, Meri Suhartini, Tommy Yulianto**
- 25 TINGKAT RADIOAKTIVITAS BETA TOTAL DAN <sup>137</sup>Cs DALAM AIR HUJAN DI WILAYAH INDONESIA 179 - 186  
**Muji Wiyono<sup>1</sup>Eko Pudjadi<sup>1</sup>, Leli Nirwani<sup>1</sup>,Wahyudi<sup>1</sup>dan Kusdiana<sup>1</sup>**
- 26 PENINGKATAN UNJUK KERJA ALAT PENERING REOH REPROSES PADA PILOT PLANT PEMURNIAN LOGAM TANAH JARANG 187 - 192  
**Triyono, Moch Setyadji, R. Sudibyo**
- 27 POTENSI OLIGOSAKARIDA NON PATI DARI BIOMASSA BATANG SORGUM UNTUK PANGAN FUNGSIONAL 187 - 192  
**Awan Purnawan dan Yopi**
- 28 IMPLEMENTASIVAKSINASI IPV (*INJECTION POLIO VAKSIN*) TERHADAP KEKEBALAN TUBUH BAYI DI YOGYAKARTA 193 - 198  
**<sup>1</sup>Hendrik Edison Siahanenia, <sup>2</sup>Sehatman**
- 29 PENAMBAHAN NUTRISI DALAM MEDIA FERMENTASI PADA HIDROLISAT *PORPHYRIDIMUM CRUENTUM*DALAM PEMBENTUKAN BIOETANOL 199 - 206  
**Ni Wayan Sri Agustini dan Marsiti Apriastini**
- 30 OPTIMASI HIDROLISIS MANOOLIGOSAKARIDA DARI BIOMASSA BATANG SORGUM (*Sorghum* spp.) SECARA ALKALI 207 - 212  
**Awan Purnawan, A.Thontowi dan Yopi**
- 31 KARAKTERISTIK DAN KUALITAS FISIK SUMBER AIR MINUM RUMAH DAN PENGGUNAAN AIR MINUM ISI ULANG DI INDONESIA. 213 - 220  
**Elsa Elsi<sup>1</sup>, Sahat P Manalu<sup>1</sup>, Dasuki<sup>1</sup>, Aria Kusuma<sup>1</sup>**
- 32 RADIOAKTIVITAS TRITIUM DALAM AIR PERMUKAAN SEKITAR KAWASAN NUKLIR SERPONG 221 - 228  
**Nurokhim<sup>1</sup>, Yusuf Satria Aji<sup>2</sup>, Makhsun<sup>1</sup>, Dadong Iskandar<sup>3</sup>**
- 33 APLIKASI TEKNIK IRADIASI GAMMA DALAM PENANGANAN KUALITAS BIJI KAKAO (*Theobroma cacao* L.) KERING 229 - 234  
**Idrus Kadir\***
- 34 PRODUKSI BIOETANOL BIOMASA *SPIRULINA PLATENSIS* YANG DIFERMENTASIKAN MENGGUNAKAN DUA JENIS *SACCHAROMYCES CEREVICEAE* 235 - 242  
**Ni Wayan Sri Agustini dan Noor Hidayati**
- 35 OPTIMASI DOSIS LUTEIN *CRUDE* BUNGA MATAHARI (*HELIANTHUS ANNUUS* L.) UNTUK MENETRALKAN SEL DARAH MERAH DOMBA YANG DIINDUKSI *T-BHP* BERDASARKAN AKTIVITAS KATALASE, *SUPEROKSID DISMUTASE* DAN KADAR MALONDEALDEHIDA 243 - 250  
**Kusmiati<sup>1</sup>, Desti Nurrachma Putri<sup>2</sup> dan M. Afriastini<sup>3</sup>**
- 36 PENAMPILAN POLIBLEND KARBOKSIMETIL SELULOSA-POLIVINIL PIROLIDON HASIL IRADIASI SINAR GAMMA 251 - 256  
**Ambyah Suliwarno**
- 37 PENGARUH IRADIASI GAMMA DOSIS SEDANG TERHADAP KUALITAS MIKROBA DAGING SAPI SEGAR 257 - 262  
**Idrus Kadir dan Harsojo**

## TINGKAT RADIOAKTIVITAS BETA TOTAL DAN $^{137}\text{Cs}$ DALAM AIR HUJAN DI WILAYAH INDONESIA

Muji Wiyono<sup>1</sup>, Eko Pudjadi<sup>1</sup>, Leli Nirwani<sup>1</sup>, Wahyudi<sup>1</sup> dan Kusdiana<sup>1</sup>

Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi – BATAN

### ABSTRAK

TINGKAT RADIOAKTIVITAS BETA TOTAL DAN  $^{137}\text{Cs}$  DALAM AIR HUJAN DI WILAYAH INDONESIA. Telah dilakukan pemantauan tingkat radioaktivitas beta total dan  $^{137}\text{Cs}$  dalam air hujan di wilayah Indonesia. Pemantauan dilakukan dengan cara menampung air hujan di 11 titik lokasi pemantau, menggunakan alat penampung selama tiga bulan dan dalam jangka waktu satu tahun. Selanjutnya sampel air hujan dipreparasi dengan metode penguapan dan diukur menggunakan alat Low Background Counter Model S5XLB untuk radioaktivitas beta total dan diukur menggunakan alat Spektrometer Gamma HPGe Model Gem-60 untuk radioaktivitas  $^{137}\text{Cs}$ . Diperoleh hasil rerata radioaktivitas beta total dalam air hujan dari 11 titik lokasi pemantau, yaitu Jakarta, Serpong, Yogyakarta, Batam, Medan, Bukittinggi, Pontianak, Palu, Makassar, Kupang dan Sorong masing-masing adalah  $(0,044 \pm 0,006; 0,050 \pm 0,005; 0,065 \pm 0,006; 0,006 \pm 0,002; 0,029 \pm 0,002; 0,025 \pm 0,002; \text{ttd (tidak terdeteksi), ttd; } 0,077 \pm 0,007; 0,053 \pm 0,006; 0,027 \pm 0,002)$  Bq/liter dan radioaktivitas  $^{137}\text{Cs}$  masing-masing adalah  $(0,049 \pm 0,011; 0,048 \pm 0,007; 0,008 \pm 0,002; 0,031 \pm 0,002; 0,017 \pm 0,003; 0,025 \pm 0,002; \text{ttd; ttd; } 0,008 \pm 0,002; \text{ttd; } 0,003 \pm 0,001)$  Bq/liter. Karena belum ada peraturan yang mengatur batasan radioaktivitas pada air hujan, oleh karena itu dipilih pendekatan menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.492/Menkes/Per/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum dan Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 7 Tahun 2017 tentang Nilai Batas Radioaktivitas Lingkungan bahwa tingkat radioaktivitas beta total dan  $^{137}\text{Cs}$  masih di bawah batas yang diizinkan. Dari hasil pemantauan yang telah dilakukan, dinyatakan bahwa tidak terjadi cemaran zat radioaktif di wilayah Indonesia.

Kata-kata kunci: radioaktivitas, air hujan, Indonesia.

### ABSTRACT

GROSS BETA RADIOACTIVITY LEVELS AND  $^{137}\text{CS}$  IN RAINWATER IN INDONESIA. It has been monitored the level of total beta radioactivity and  $^{137}\text{Cs}$  in rainwater in the Indonesian region. Monitoring is carried out by collecting rainwater at 11 monitoring locations, using three months of storage equipment and within one year. Furthermore, rainwater samples were prepared with the method of evaporation and measured using the Low Background Counter S5XLB Model tool for gross beta radioactivity and measured using the HPGe Gamma Spectrometer Gem-60 Model for  $^{137}\text{Cs}$  radioactivity. The results of the mean gross beta radioactivity in rainwater from 11 monitoring locations, namely Jakarta, Serpong, Yogyakarta, Batam, Medan, Bukittinggi, Pontianak, Palu, Makassar, Kupang and Sorong were  $(0.044 \pm 0.006; 0.050 \pm 0.005; 0.065 \pm 0.006; 0.006 \pm 0.002; 0.029 \pm 0.002; 0.025 \pm 0.002; \text{n.d (undetectable), n.d; } 0.077 \pm 0.007; 0.053 \pm 0.006; 0.027 \pm 0.002)$  Bq/liter and radioactivity of  $^{137}\text{Cs}$  respectively  $(0.049 \pm 0.011; 0.048 \pm 0.007; 0.008 \pm 0.002; 0.031 \pm 0.002; 0.017 \pm 0.003; 0.025 \pm 0.002; \text{n.d; n.d; } 0.008 \pm 0.002; \text{n.d; } 0.003 \pm 0.001)$  Bq/liter. Because there are no regulations governing the limits of radioactivity in rainwater, therefore an approach is chosen according to the Regulation of the Minister of Health of the Republic of Indonesia No.492/Menkes / Per / IV / 2010 concerning Drinking Water Quality Requirements and BAPETEN Chief Regulation Number 7 of 2017 concerning the Limit of Radioactivity Value The environment that the total level of gross beta and  $^{137}\text{Cs}$  is still below the permitted limit. From the results of the monitoring that has been done, it is stated that there is no contamination of radioactive substances in the territory of Indonesia.

Keywords: radioactivity, rainwater, Indonesia.

### PENDAHULUAN

Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi (PTKMR) adalah salah satu satuan kerja di Badan Tenaga Nuklir Nasional

(BATAN) yang sesuai dengan Perka BATAN No.14 Tahun 2013 mempunyai salah satu tugas melakukan pemantauan keselamatan lingkungan di tingkat nasional dengan salah

satu rincian tugas melakukan pemantauan, evaluasi, dan interpretasi data radiasi dan radioaktivitas lingkungan untuk lingkup nasional. [1] Dalam menjalankan tugas pokok ini PTKMR melakukan pemantauan lingkungan di seluruh wilayah Indonesia diantaranya melalui pemantauan radioaktivitas air hujan.

Terjadinya kecelakaan Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir di Fukushima, Jepang pada 11 Maret 2011 dan kecelakaan nuklir Chernobyl, Ukraina pada 26 April 1986 menimbulkan terjadinya kontaminasi zat radioaktif ke udara yaitu terjadi lepasan radionuklida cesium ( $^{137}\text{Cs}$  dan  $^{134}\text{Cs}$ ) ke udara dengan perkiraan jatuhnya (fallout) sebesar 671 TBq. Zat radioaktif tersebut akan berada di udara dalam waktu yang lama. Karena pengaruh angin, zat radioaktif tersebut berpotensi menyebar sampai ke wilayah Indonesia. Selain dari kecelakaan nuklir, kontaminasi radioaktif dapat pula berasal dari percobaan senjata nuklir, jatuhnya radioaktif yang berasal dari satelit, kegiatan di beberapa industri dan lain-lain.

Sejalan pengembangan pemantauan radioaktivitas air hujan, Kelompok Radioekologi Terrestrial – Bidang Radioekologi telah menjalin kerjasama dengan Pusat Perubahan Iklim dan Kualitas Udara (Puspiku) – Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) untuk menjadikan beberapa stasiun pemantauan kualitas udara BMKG dianalisis radioaktivitas air hujannya. Pada tahun 2017 telah dilakukan pemantauan radioaktivitas air hujan di wilayah Indonesia yang meliputi 11 titik lokasi pemantau yaitu Jakarta, Serpong, Yogyakarta, Batam, Medan, Bukittinggi, Pontianak, Palu, Makassar, Kupang dan Sorong. Selain stasiun pemantau di Jakarta dan Serpong, stasiun pemantau yang lain adalah di BMKG.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan data rutin radioaktivitas air hujan

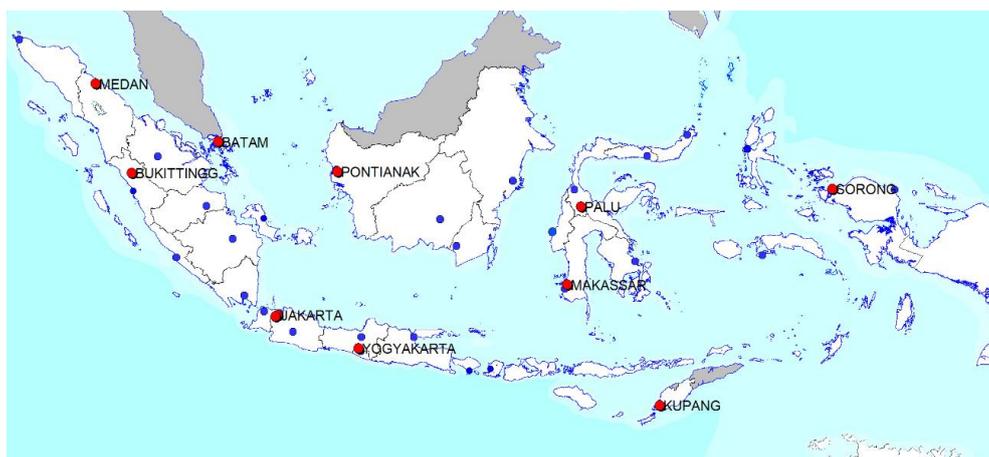
triwulanan di setiap titik lokasi pemantau di wilayah Indonesia. Data yang diperoleh akan memberikan gambaran tentang tingkat radioaktivitas dalam air hujan sebagai data dasar untuk mengetahui apakah terjadi cemaran radioaktif atau tidak di wilayah Indonesia.

## METODOLOGI

Pemantauan radioaktivitas air hujan dilakukan dengan cara menampung air hujan secara langsung menggunakan corong yang dilengkapi dengan galon air di dalam sebuah kotak penyangga kayu. Air hujan ditampung selama tiga bulan (triwulanan), kemudian air hujan yang telah tertampung di dalam galon dipindahkan kedalam jerigen dan dikirim ke PTKMR. Selanjutnya sampel air hujan diproses di Laboratorium PTKMR yang terakreditasi ISO/IEC 17025:2005 oleh KAN (Komite Akreditasi Nasional) dengan metode penguapan untuk dianalisis kandungan radioaktivitas beta total (gross  $\beta$ ) dan cesium-137 ( $^{137}\text{Cs}$ ).



Gambar 1. Pencuplik air hujan menggunakan corong yang dialirkan kedalam galon



Gambar 2. Peta lokasi stasiun pemantau air hujan

Tabel 1. Lokasi dan posisi stasiun pemantau air hujan

No	Lokasi	Posisi
1	Kawasan Nuklir Pasar Jum'at, Jakarta	S6.29361 E106.77456
2	Kawasan Nuklir Serpong, Kawasan Puspiptek Serpong	S6.34950 E106.66568
3	Stasiun Klimatologi Klas IV Mlati – BMKG, Yogyakarta	S7.71451 E110.35369
4	Stasiun Klimatologi Klas I Hang Naddin – BMKG, Batam	N1.13159 E104.13394
5	Stasiun Klimatologi Klas I Sampali – BMKG, Medan	N3.62194 E98.71528
6	Stasiun Meteorologi Global Atmospheric Watch Kotatabang – BMKG, Bukittinggi	S0.20194 E100.31806
7	Stasiun Meteorologi dan Klimatologi Klas I – BMKG, Pontianak	S0.14907 E109.40615
8	Stasiun Pemantau Atmosfir Global (GAW) Pande-H Nggiria Poso - BMKG, Palu	S1.64990 E120.18700
9	Stasiun Klimatologi Klas I Maros – BMKG, Makassar	S4.99732 E119.57160
10	Stasiun Meteorologi Klas II El-Tari - BMKG, Kupang	S10.16807 E123.67013
11	Stasiun Meteorologi Klas I Seigun - BMKG, Sorong	S0.89037 E131.28893

Selanjutnya sampel air hujan yang sudah sampai di Laboratorium PTKMR-BATAN dilakukan proses preparasi sampel untuk analisis beta total dan proses analisis  $^{137}\text{Cs}$ . Untuk analisis beta total, sampel air hujandiukur volume totalnya (dalam liter) dan diambil sebanyak 1 (satu) liter dimasukkan kedalam gelas beaker dan diuapkan diatas hotplate hingga tersisa sekitar 5 (lima) ml. Kemudian 5 ml sampel air hujan ini dipindahkan kedalam planset dengan menggunakan pengaduk karet dan dikeringkan dibawah lampu infra merah dan didinginkan pada suhu kamar.

Untuk analisis  $^{137}\text{Cs}$ , sisa sampel air hujan yang telah diambil satu liter untuk analisis beta total dimasukkan ke dalam gelas beaker dan diuapkan diatas hot plate hingga volume kira-kira 1(satu) liter, kemudian dipindahkan kedalam beaker Marinelli, ditutup dan dilem araldit. Beaker Marinelli berisi sampel air hujan ini didiamkan selama 21 hari.

Untuk analisis beta total, sampel air hujan yang telah selesai dipreparasi, diukur menggunakan alat Low Background Counter (LBC) model S5XLB selama tiga jam. Aktivitas konsentrasi sampel air hujan dihitung dengan persamaan berikut :<sup>[2]</sup>

$$C = \frac{(n_s - n_b)}{\varepsilon \cdot V} \pm \mu C \quad (1)$$

dengan:

C : Aktivitas Konsentrasi (Bq/L)

$n_s - n_b$  : Cacah sampel dan latar (cpm)

$\varepsilon$  : Efisiensi alat (%)

V : Volume air (L)

Ketidakpastian pengukuran pada tingkat kepercayaan 95% dihitung dengan persamaan :<sup>[2, 3, 4]</sup>

$$\mu C = 2C \sqrt{\left(\frac{\sigma Nb}{Nb}\right)^2 + \left(\frac{\sigma \eta}{\eta}\right)^2 + \left(\frac{\sigma V}{V}\right)^2} \quad (2)$$

dengan:

$\mu C$  : ketidakpastian pengukuran (Bq/L)

$\sigma Nb$ : deviasi standar laju cacah bersih (cpm)

$\sigma \eta$  : deviasi standar efisiensi

$\sigma V$  : deviasi standar volume (L)

$N_b$  : laju cacah bersih (cpm)

Konsentrasi minimum terdeteksi (MDC : *minimum detectable concentration*) pada tingkat kepercayaan 95% dihitung dengan persamaan :<sup>[2, 3, 4]</sup>

$$MDC = \frac{4,66 \sqrt{n_B / t_B}}{\epsilon \cdot V} \quad (3)$$

dengan:

- $n_B$  : cacah latar (cps)
- $t_B$  : durasi cacah latar (detik)
- $\epsilon$  : efisiensi alat (%)
- $V$  : volume sampel latar (L)

Untuk analisis  $^{137}\text{Cs}$ , sampel air hujan diukur menggunakan Spektrometer Gamma HPGe buatan Ortec model Gem-60 yang telah dikalibrasi energi dan efisiensinya. Kalibrasi energi untuk tujuan analisis kualitatif dan kalibrasi efisiensi untuk tujuan analisis kuantitatif. [5] Kalibrasi energi dan efisiensi menggunakan sumber standar volume 1 liter dalam wadah Marinelli dengan matrik coffee granule berisi multi isotop  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{133}\text{Ba}$ ,  $^{210}\text{Pb}$  dan  $^{241}\text{Am}$  dengan aktivitas masing-masing adalah  $37,44 \pm 2,35$ ;  $40,01 \pm 2,48$ ;  $65,00 \pm 1,28$ ;  $364,16 \pm 2,54$  dan  $387,31 \pm 2,00$  Bq (tanggal 18 Oktober 2017), yang dicacah selama 3600 detik.

Kalibrasi efisiensi dilakukan dengan membandingkan radiasi gamma yang dideteksi detektor dengan besarnya aktivitas sumber radioaktif standar. Efisiensi pencacahan ditentukan dengan persamaan berikut : [3, 4]

$$\epsilon = \frac{N}{At \cdot P\gamma} \times 100 \quad \dots\dots\dots (4)$$

dengan :

- $N$  : laju cacah sumber standar (cps)
- $At$  : aktivitas sumber standar saat pengukuran (Bq).
- $P\gamma$  : kelimpahan energi gamma (%)

Untuk menghitung aktivitas sumber standar pada saat pengukuran digunakan persamaan : [3, 4]

$$A_t = A_o \cdot e^{-\frac{0,693}{T_{1/2}} \cdot t} \quad \dots\dots\dots (5)$$

Dengan:

- $A_0$  : aktivitas awal (Bq)
- $T_{1/2}$  : waktu paro radionuklida (tahun)
- $t$  : waktu antara waktu awal penetapan aktivitas sampai dengan waktu pengukuran (tahun).

Dengan menghitung efisiensi pencacahan dari masing-masing energi pada sumber standar maka dapat dibuat kurva kalibrasi efisiensi yang selanjutnya digunakan untuk menghitung aktivitas dari suatu radionuklida.

Selanjutnya sampel air hujan yang sudah selesai dipreparasi diukur menggunakan alat Spektrometer Gamma HPGe model Gem-60 selama 17 jam. Aktivitas konsentrasi sampel air hujan dihitung dengan persamaan berikut [2, 3, 4, 6]

$$C = \frac{(N_t - N_b)}{\epsilon \cdot P\gamma \cdot Fk \cdot V} \quad (6)$$

Dengan:

- $C$ : Konsentrasi aktivitas radionuklida (Bq/liter)
- $N_t$ : laju cacah sampel (cps)
- $N_b$ : Laju cacah latar (cps)
- $\epsilon$ : Efisiensi pencacahan (ditentukan dari kurva kalibrasi efisiensi)
- $P\gamma$ : Pancaran radiasi gamma (%)
- $Fk$ : Faktor koreksi serapan diri.
- $V$ : Volume sampel (liter).

Faktor koreksi serapan diri dihitung bila terjadi perbedaan antara kerapatan sampel dengan kerapatan sumber standar. Untuk sampel air hujan faktor koreksi serapan diri sama dengan satu karena densitas air hujan sama dengan densitas sumber standar.

Ketidakpastian pengukuran (*uncertainty*) untuk pengukuran konsentrasi aktivitas  $^{137}\text{Cs}$  ( $\mu\text{C}$ ) dengan tingkat kepercayaan 95 % dihitung dengan persamaan : [2, 3, 4, 6]

$$\mu C = 2C \sqrt{\left(\frac{\sigma N_t}{N_t}\right)^2 + \left(\frac{\sigma N_b}{N_b}\right)^2 + \left(\frac{\sigma \epsilon}{\epsilon}\right)^2 + \left(\frac{\sigma P\gamma}{P\gamma}\right)^2 + \left(\frac{\sigma Fk}{Fk}\right)^2} \quad (7)$$

dengan  $\sigma N_t$ ,  $\sigma N_b$ ,  $\sigma \epsilon$ ,  $\sigma P\gamma$  dan  $\sigma Fk$  adalah deviasi standar dari masing-masing laju cacah sampel, laju cacah latar, efisiensi, pancaran radiasi gamma dan faktor koreksi serapan diri.

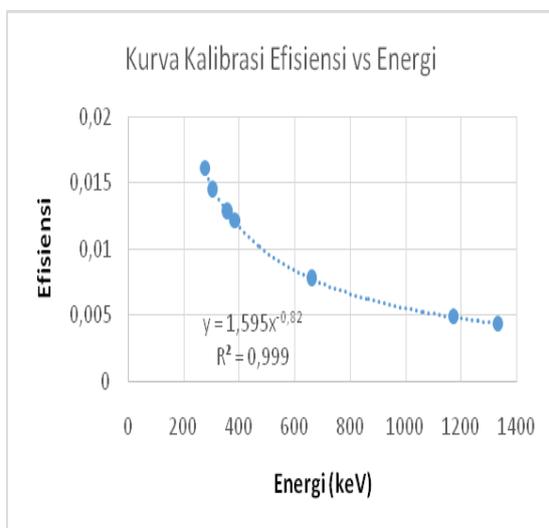
Untuk menghitung aktivitas per satuan luas ( $C_L$ ) digunakan persamaan :

$$C_L = C \cdot \theta \quad \dots\dots\dots (8)$$

dengan C adalah aktivitas konsentrasi dalam satuan Bq/m<sup>3</sup> dan  $\theta$  adalah curah hujan dalam satuan meter.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil kalibrasi efisiensi pada spektrometer gamma dengan detektor HPGe model Gem-60 disajikan dalam Gambar 3. Diperoleh persamaan kalibrasi untuk energi lebih dari 200 keV dengan persamaan  $Y = 1,5958X^{-0,821}$  dengan nilai  $R^2$  adalah 0,9997. Hubungan antara efisiensi dan energi pada kurva kalibrasi sangat baik karena koefisien korelasinya ( $R^2$ ) mendekati angka satu, sehingga dapat digunakan untuk menentukan aktivitas konsentrasi yang terkandung dalam sampel air hujan.



Gambar 3. Kurva kalibrasi efisiensi vs energi

Hasil analisis sampel air hujan di sebelas lokasi pemantau yaitu Jakarta, Serpong, Yogyakarta, Batam, Medan, Bukittinggi, Pontianak, Palu, Makassar, Kupang dan Sorong disajikan pada Tabel 2. Hasil yang ditampilkan merupakan aktivitas konsentrasi hasil pemantauan setiap triwulan yang disajikan dalam bentuk aktivitas konsentrasi terendah, tertinggi dan reratanya. Rerata aktivitas konsentrasi beta total berkisar antara tidak

terdeteksi (tt) atau di bawah nilai limit deteksi atau *minimum detectable concentration* = MDC (0,024 Bq/liter) hingga  $0,186 \pm 0,016$  Bq/liter. Aktivitas konsentrasi beta total tertinggi berkisar antara  $0,027 \pm 0,003$  Bq/liter di lokasi pemantau Bukittinggi pada pemantauan triwulan satu hingga  $0,149 \pm 0,013$  Bq/liter di lokasi pemantau Makassar pada pemantauan triwulan satu.

Hasil pemantauan di setiap titik yang sama pada triwulan yang berbeda mendapatkan hasil yang bervariasi, ini menunjukkan bahwa konsentrasi radioaktif yang berada di udara selalu berubah-ubah. Ada dua titik lokasi pemantau yang hasilnya selalu tidak terdeteksi yaitu di Pontianak dan Palu. Hal ini karena di kedua titik lokasi pemantau tersebut jauh dengan kawasan industri, bahkan untuk titik pemantau yang di Palu alatnya di pasang di dekat Taman Nasional Lore Lindu di daerah Poso, sehingga tidak ada pencemaran disekitarnya.

Radioaktivitas beta total merupakan gabungan dari beberapa radionuklida alamiah yang memancarkan radiasi beta seperti <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th, <sup>40</sup>K dan lain-lain. Radioaktivitas alamiah di udara dapat berasal dari kegiatan industri seperti industri pembuatan semen, industri PLTU batubara, industri pembuatan pupuk fosfat dan lain-lain. Disamping itu pembakaran hutan, debu vulkanik dari aktivitas gunung berapi juga memberi sumbangan meningkatnya radioaktivitas alamiah di lingkungan. Kecelakaan gunung meletus akan mengeluarkan unsur-unsur radioaktif alamiah dari dalam perut bumi dan kemudian melepaskannya ke udara. Debu yang dikeluarkan dari cerobong industri juga akan terdistribusi di udara dan akan terbawa oleh angin berdasarkan arah dan kecepatannya ke segala arah dalam jangkauan beberapa kilo meter. Debu tersebut terbawa oleh air hujan yang akhirnya tertampung dalam alat penampung air hujan.

Tabel 2. Aktivitas terendah, tertinggi dan rerata dari radioaktivitas Beta Total dan <sup>137</sup>Cs pada sampel air hujan

No	Lokasi	Radionuklida	Aktivitas Konsentrasi Terendah		Aktivitas Konsentrasi Tertinggi		Rerata Aktivitas Konsentrasi		Curah Hujan (mm)
			Bq/liter	Bq/m <sup>2</sup>	Bq/liter	Bq/m <sup>2</sup>	Bq/liter	Bq/m <sup>2</sup>	
1	Jakarta	Beta Total	ttd	ttd	0,133 ± 0,011	14,218 ± 1,176	0,044 ± 0,006	9,716 ± 1,325	220,8
		<sup>137</sup> Cs	ttd	ttd	0,170 ± 0,016	2,681 ± 0,253	0,049 ± 0,011	10,894 ± 2,472	
2	Serpong	Beta Total	ttd	ttd	0,070 ± 0,015	20,916 ± 4,482	0,050 ± 0,006	15,517 ± 1,552	310,3
		<sup>137</sup> Cs	ttd	ttd	0,062 ± 0,012	7,886 ± 1,526	0,011 ± 0,005	1,399 ± 0,636	
3	Yogyakarta	Beta Total	ttd	ttd	0,186 ± 0,016	207,390 ± 17,840	0,065 ± 0,006	38,253 ± 3,531	588,5
		<sup>137</sup> Cs	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	
4	Batam	Beta Total	ttd	ttd	0,043 ± 0,004	29,214 ± 2,718	0,031 ± 0,002	18,262 ± 1,178	589,1
		<sup>137</sup> Cs	ttd	ttd	0,177 ± 0,016	79,916 ± 7,224	0,054 ± 0,006	31,811 ± 3,535	
5	Medan	Beta Total	ttd	ttd	0,042 ± 0,004	6,489 ± 0,618	0,029 ± 0,002	12,386 ± 0,854	220,8
		<sup>137</sup> Cs	ttd	ttd	0,062 ± 0,011	9,579 ± 1,700	0,017 ± 0,003	7,261 ± 1,281	
6	Bukittinggi	Beta Total	ttd	ttd	0,027 ± 0,003	6,826 ± 0,758	0,025 ± 0,002	17,957 ± 1,437	718,3
		<sup>137</sup> Cs	ttd	ttd	0,051 ± 0,004	21,201 ± 1,663	0,025 ± 0,002	17,598 ± 1,437	
7	Pontianak	Beta Total	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	796,1
		<sup>137</sup> Cs	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	
8	Palu	Beta Total	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	144,3
		<sup>137</sup> Cs	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	
9	Makassar	Beta Total	ttd	ttd	0,149 ± 0,013	59,406 ± 5,183	0,077 ± 0,007	25,705 ± 2,337	333,8
		<sup>137</sup> Cs	ttd	ttd	0,027 ± 0,005	10,746 ± 1,899	0,008 ± 0,002	3,190 ± 0,797	
10	Kupang	Beta Total	ttd	ttd	0,136 ± 0,011	3,577 ± 0,289	0,053 ± 0,006	18,978 ± 2,148	358,1
		<sup>137</sup> Cs	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	
11	Sorong	Beta Total	ttd	ttd	0,034 ± 0,003	8,367 ± 0,738	0,027 ± 0,002	24,645 ± 1,826	912,8
		<sup>137</sup> Cs	ttd	ttd	0,008 ± 0,002	9,420 ± 2,355	0,003 ± 0,001	3,043 ± 0,913	

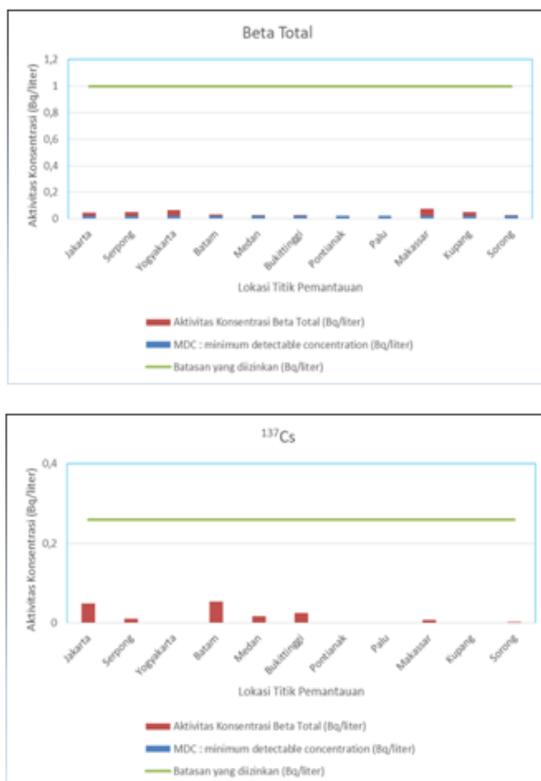
Rerata aktivitas konsentrasi <sup>137</sup>Cs berkisar antara tidak terdeteksi atau kurang dari MDC alat Spektrometer Gamma HPGe Model Gem-60 yaitu sebesar 0,001 Bq/liter hingga 0,054 Bq/liter, tertinggi di lokasi Batam. Empat lokasi pemantauan tidak terdeteksi radioaktivitas <sup>137</sup>Cs yaitu Yogyakarta, Pontianak, Palu dan Kupang. Aktivitas konsentrasi beta total dan <sup>137</sup>Cs yang dinyatakan dalam satuan Bq/m<sup>3</sup> merupakan nilai perkiraan apabila seluruh sampel yang diperoleh diukur semua dan diasumsikan kandungan kedua radioaktivitas sepanjang pemantauan adalah homogen.

Radionuklida <sup>137</sup>Cs merupakan produk fisi yang dihasilkan dari reaksi fisi bahan bakar nuklir yang memancarkan radiasi gamma sebagai radiasi utamanya, memiliki toksisitas yang tinggi dan membahayakan manusia karena radiasi gamma yang dipancarkan dengan waktu paro yang sangat panjang yaitu 30,04 tahun. Radioaktivitas <sup>137</sup>Cs yang berada di lingkungan berasal dari percobaan senjata nuklir dan kecelakaan reactor nuklir. Kecelakaan reactor nuklir yang terjadi di PLTN Fukushima Daiichi – Jepang dan kecelakaan ledakan reactor nuklir di

Chernobyl, Ukraina yang menimbulkan kontaminasi zat radioaktif tersebut teramati dalam sampel air hujan di wilayah Indonesia di lokasi pemantau Jakarta, Serpong, Batam, Medan, Bukittinggi, Makassar dan Sorong.

Pada saat ini belum ada peraturan perundangan yang mengatur batasan tingkat radioaktivitas dalam air hujan, oleh karena itu dipilih peraturan-peraturan yang mendekati. Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.492/Menkes/Per/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, dinyatakan bahwa kadar maksimum yang diijinkan untuk aktivitas beta total sebesar 1 Bq/liter dan menurut Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 7 Tahun 2017 tentang Perubahan Atas Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 7 Tahun 2013 tentang Nilai Batas Radioaktivitas Lingkungan, dinyatakan bahwa baku tingkat radioaktivitas <sup>137</sup>Cs di badan air 2,6 × 10<sup>2</sup> Bq/m<sup>3</sup> atau 0,26 Bq/liter. Berdasarkan kedua peraturan tersebut, tingkat radioaktivitas beta total dan <sup>137</sup>Cs dalam air hujan masih di bawah batas yang diizinkan dan dinyatakan bahwa tidak terjadi cemaran zat radioaktif di wilayah Indonesia.

Rerata aktivitas konsentrasi beta total dan  $^{137}\text{Cs}$  pada pada sebelas titik lokasi pemantau air hujan juga disajikan pada Gambar 4. Rerata aktivitas konsentrasi beta total masih jauh di bawah batas yang diizinkan yaitu di bawah 1 Bq/liter. Demikian pula dengan aktivitas konsentrasi tertinggi juga masih di bawah batas yang diizinkan karena terukur  $0,149 \pm 0,013$  Bq/liter. Rerata aktivitas konsentrasi dan aktivitas tertinggi  $^{137}\text{Cs}$  juga masih berada di bawah batas yang diizinkan karena nilainya kurang dari 0,26 Bq/liter.



Gambar 4. Rerata aktivitas konsentrasi Beta Total dan  $^{137}\text{Cs}$  pada pada 11 titik lokasi pemantau air hujan

Dibandingkan dengan pemantauan radioaktivitas air hujan yang dilakukan pada tahun 2016, radioaktivitas beta total pada pemantauan tahun 2017 tidak jauh berbeda, namun untuk radioaktivitas  $^{137}\text{Cs}$  sedikit mengalami kenaikan.<sup>[8]</sup>

## KESIMPULAN

Rerata radioaktivitas beta total dalam air hujan dari 11 titik lokasi pemantau, yaitu Jakarta, Serpong, Yogyakarta, Batam, Medan, Bukittinggi, Pontianak, Palu, Makassar, Kupang dan Sorong masing-masing adalah  $(0,044 \pm 0,006; 0,050 \pm 0,005; 0,065 \pm 0,006; 0,006 \pm 0,002; 0,029 \pm 0,002; 0,025 \pm 0,002;$

$0,077 \pm 0,007; 0,053 \pm 0,006; 0,027 \pm 0,002)$  Bq/liter dan radioaktivitas  $^{137}\text{Cs}$  masing-masing adalah  $(0,049 \pm 0,011; 0,048 \pm 0,007; 0,008 \pm 0,002; 0,031 \pm 0,002; 0,017 \pm 0,003; 0,025 \pm 0,002;$  ttd; ttd;  $0,008 \pm 0,002;$  ttd;  $0,003 \pm 0,001)$  Bq/liter. Karena belum ada peraturan yang mengatur batasan radioaktivitas pada air hujan, maka dipilih pendekatan yaitu menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.492/Menkes/Per/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum dan Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 7 Tahun 2017 tentang Nilai Batas Radioaktivitas Lingkungan bahwa tingkat radioaktivitas beta total dan  $^{137}\text{Cs}$  masih di bawah batas yang diizinkan. Dari hasil pemantauan yang telah dilakukan, dinyatakan bahwa tidak terjadi cemaran zat radioaktif di wilayah Indonesia.

## DAFTAR PUSTAKA

1. BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL, Organisasi dan Tata Kerja Badan Tenaga Nuklir, Peraturan Kepala BATAN Nomor 14 Tahun 2013, Jakarta 2013.
2. BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL, Prosedur Analisis Cuplikan Radioaktivitas Lingkungan, halaman : 137-155, BATAN, Jakarta, 1998.
3. Martin, J.E., Physics For Radiation Protection, John Wiley & Sons, Inc, New York, 2000.
4. IAEA, Measurement of Radionuclides in Food and the Environment - A Guidebook., Tech. Rep. Ser. No.295, IAEA, Vienna, 1989.
5. SUSETYO, W., Spektrometri Gamma dan Penerapannya Dalam Analisis Pengaktifan Neutron, Gajah Mada University Press, Yogyakarta, 1988.
6. WIYONO, M., ISKANDAR, PUDJADI, E., AND WAHYUDI, Analysis of the TENORM Radiation Safety on Several Offshore of Oil and Gas Industries in Java Island, Proceedings International Conference on the Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation, PTKMR-BATAN, Bali 10-11 Oktober 2013.

7. MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA, Persyaratan Kualitas Air Minum, Peraturan No.492/Menkes/Per/IV/2010, Jakarta, 2010
8. BAPETEN, Nilai Batas Radioaktivitas Lingkungan, Peraturan Kepala BAPETEN No.07 tahun 2017, Jakarta,2017.
9. NIRWANI, L, R BUCHARI, WAHYUDI DAN WIYONO,M, PemantauanRadioaktivitasdalam Air HujanPeriode 2016, Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pengelolaan Limbah XV, Pusat Teknologi Limbah Radioaktif-BATAN dan Sekolah Ilmu Lingkungan-Universitas Indonesia,Depok, 26September 2017, Depok, 2017.

#### TANYA JAWAB

##### Darwin Alijasa Siregar

- Apa efek terhadap tubuh manusia bila  $^{137}\text{Cs}$  terkontaminasi dalam tubuh?
- Teknik sampling tiap 3 bulan dalam jangka waktu 1 tahun. Alat penampung volumenya kecil mohon bisa diterangkan. Faktor homogenitas sampel karena yang diambil hanya 1 liter.

##### Muji Wiyono

- $^{137}\text{Cs}$  dapat masuk ke tubuh melalui daur makanan. Bila nilainya cukup besar dapat merusak sel tulang dan sumsum tulang.
- Teknik sampling dilakukan terus menerus setelah 3 bulan sampel dianalisis di laboratorium dan dilakukan selama 1 tahun. Air yang tertampung selama tiga bulan dikumpulkan dalam satu tempat, dikocok dan diambil 10 liter. Air 10 liter ini yang dianalisis dilaboratorium dengan cara diuapkan hingga tinggal 1 liter,

sehingga sampel sudah homogen dan representatif.

##### Makhsun

- Apakah sumber pencemaran radioaktif di air hujan hanya berasal dari radioaktif buatan ?
- Dari lokasi pengukuran apakah bisa di runut sumber pencemaran berasal dari mana?

##### Muji Wiyono

- Tidak, disamping berasal dari zat radioaktif buatan juga berasal dari radiasi alamiah seperti hasil samping dari industri PLTU batubara, industri semen, pupuk fosfat dll.
- Dari penelitian ini belum dilakukan sumber pencemarnya dari mana-mana.

##### Anorital

- Dari mana sumber radiasi  $\beta$   $^{137}\text{Cs}$  , apakah dari asap kendaraan atau dari sumber-sumber alamiah.
- Apakah dengan ditentukan radioaktif  $\beta$   $^{137}\text{Cs}$  di air hujan bisa dijadikan indikator pencemaran udara?

##### Muji Wiyono

- Sumber radiasi  $\beta$  total berasal radiasi alamiah seperti pada industri PLTU batubara, industri semen, dll yaitu industri yang mengeksploitasi sumber daya alam. Sedangkan radioaktivitas  $^{137}\text{Cs}$  berasal dari radiasi buatan seperti percobaan senjata nuklir kecelakaan PLTN.
- Dengan diukurnya radioaktivitas  $\beta$  total dan  $^{137}\text{Cs}$  akan diketahui tingkat radioaktivitas di wilayah Indonesia, apabila nilai diatas batas yang diijinkan maka bisa dijadikan indikator adanya cemaran zat radioaktif didaerah tertentu.