

ISSN: 1412 - 2499

## PROSIDING

### SEMINAR NASIONAL KESELAMATAN, KESEHATAN DAN LINGKUNGAN IV

Tema:

" Upaya Sinergi dan Harmonisasi Iptek Nuklir dan Non-Nuklir untuk Peningkatan  
Keselamatan dan Lingkungan "

### INTERNATIONAL SEMINAR ON OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY

Theme:

" Management and safety in various types of radiation "

DEPOK, 27 AGUSTUS 2008

Diselenggarakan oleh:



Pusat Teknologi Keselamatan  
dan Metrologi Radiasi  
Badan Tenaga Nuklir Nasional



Fakultas Kesehatan Masyarakat  
Universitas Indonesia

## DAFTAR ISI

Kata Pengantar .....	i
Daftar Isi .....	ii
Laporan Ketua Panitia .....	vii
Sambutan Deputy Kepala Batan Bidang Penelitian Dasar Dan Terapan .....	ix
Susunan Panitia Seminar .....	xii

## MAKALAH UNDANGAN

1. <i>K-3 sebagai Pertimbangan dalam Pembangunan Berkelanjutan</i> Dr. Harjono, Ketua Dewan K-3 Nasional .....	U-1
2. <i>Kebijakan Pengawasan Tentang Standar Keselamatan Dan Proteksi Radiasi Di Fasilitas Nuklir Dan Industri Non-Nuklir</i> Dra. Suryawati, M.Si., Badan Pengawas Tenaga Nuklir .....	U-7
3. <i>Heavy ion therapy for cancers and the project of Gunma University</i> Prof. Takashi Nakano, MD, Ph.D, Department of Radiation Oncology, Graduate School of Medicine, Gunma University Japan .....	U-21
4. <i>Current Research and Development on Health Effect of Radiation</i> Bambang Wispriyono, Ph.D, Dean of Public Health Faculty, Universitas Indonesia .....	U-33
5. <i>Radiation Protection of Patient in Diagnostic Radiology</i> Prof. Djarwani S. Soejoko, Physics Department, Faculty Mathematic and Sciences, Universitas Indonesia .....	U-42
6. <i>Quality of life in men treated carbon ion therapy of prostate cancer</i> Dr. Masaru Wakatsuki, Department of Radiation Oncology, Graduate School of Medicine, Gunma University, Japan .....	U-49
7. <i>Public Risk perception on health effects from non-ionizing radiation</i> Drs. Ridwan Z. Sjaaf, M.PH., Head of Department OHS, Faculty of Public Health, Universitas Indonesia .....	U-62

## **KELOMPOK KESEHATAN**

1.	<i>Pemandulan Anopheles moccullatus sebagai vektor penyakit malaria dengan radiasi gamma Co-60</i> Siti Nurhayati, Devita Tetriana, Ali Rahayu dan Budi Santoso .....	1
2.	<i>Efektivitas Prussian Blue dalam mengeliminasi Cs-137 dari tubuh kera ekor panjang pasca kontaminasi secara oral</i> Tur Rahardjo, Mugiono, Devita Tetriana dan Muhammad Sanusi .....	10
3.	<i>Distribusi terimaan dosis radiasi pada kegiatan radiografi dental anak</i> Dian Milvita, Ulfa Raudhah, Nunung Nuraini dan Suyati .....	24
4.	<i>Urgensi Compliance Test pada Radiodiagnostik</i> Dyah Dwi K, Heru Prasetyo, Helfi Yuliati dan Suyati .....	40
5.	<i>Profil Protein sel bakteri Klebsiella pneumonia K5 Hasil Inaktivasi Sinar Gamma</i> Yuanita Windusari dan Irawan Sugoro .....	54
6.	<i>Pemanfaatan teknik Premature chromosome Condensation dan uji mikronuklei dalam dosimetri biologi</i> Mukh Syaifudin .....	61
7.	<i>AgNOR sebagai marker proliferasi dalam penilaian respon awal radiasi pada kemoradioterapi kanker serviks</i> lin Kurnia, Budiningsih, Andrijono, Irwan Ramli dan Cholid Badri .....	81
8.	<i>Penggunaan iradiasi dengan berkas elektron energi rendah pada mortalitas serangga Tribolium castaneum (Herbst) di dalam tepung terigu</i> Rindy Panca Tanhindarto .....	92
9.	<i>Analisis Perbandingan Karakteristik Habitat Perkembangbiakan Nyamuk Aedes di daerah endemis dan non endemis Demam Berdarah Dengue (DBD)</i> M. Hasyimi, Pangestu dan Astrid B. Utami .....	107
10.	<i>Sintesis hidrogel polietilen oksida (PEO) berikatan silang dengan cara induksi radiasi gamma dan immobilisasi antibiotic</i> Erizal, Dewi S. P., dan A. Sudrajat .....	117

## **KELOMPOK KESELAMATAN DAN LINGKUNGAN**

1.	<i>Pemanfaatan sludge limbah industri kertas sebagai bahan baku kertas kemasan</i> Anggito P. tetuko, Deni S. Khaerudini, Muljadi, dan P. Sebayang .....	129
2.	<i>Faktor transfer Cs-137 dari tanah latosol ke cabe (Capsicum annuum L.)</i> Leli Nirwani, Wahyudi, dan Jumaher .....	143
3.	<i>Biodegradasi Benzena oleh Mutan Bakteri Pseudomonas sp dalam Mikrokosmos Air Tanah</i> Fahrudin dan Dwi Andreas Santosa .....	152
4.	<i>Proteksi Radiologik Lingkungan</i> Eri Hiswara .....	160
5.	<i>Kajian konsentrasi massa dari PM 2,5, Pm 10, dan gas pada kondisi udara ambien di daerah Gist, Gwangju, Korea Selatan</i> Gatot Suhariyono, Young Joon Kim, dan Jin Sang Jung .....	169
6.	<i>Konsentrasi Aktivitas Uranium dan Thorium dalam Garnet yang Digunakan Sebagai Material Sandblasting pada Sebuah Industri di Daerah Cilegon</i> Makhsun, Bunawas, dan Yus Rusdian Akhmad .....	187
7.	<i>Kajian Kualitas Udara Ruangan Gedung Kantor PT. X Tahun 2008</i> Elisa Moetiara, Zulkifli Djunaedi, dan Fatma Lestari .....	198
8.	<i>Kebijakan Pengawasan TENORM (Technologically Enhanced Naturally Occuring Radioactive Materials) Pada Industri Fosfat Tahun 2008</i> Farida Tusafariah, Gloria Doloresa, Sjahrul Meizar N., dan Hendra .....	207
9.	<i>Analisis perubahan pemanfaatan lahan pertanian akibat pembangunan PLTN di kabupaten Jepara dengan metode input output</i> Jupiter Sitorus Pane dan Heni Susiati .....	223

## **KELOMPOK POSTER:**

1.	<i>Kajian Paparan Radiasi Retrospektif dengan Aberasi Kromosom</i> Zubaidah Alatas .....	242
2.	<i>Teknik Fish dengan Dual Probe untuk deteksi Kromosom Translokasi</i> Yanti Lusiyanti, Zubaidah Alatas dan sofianti Purnami .....	259
3.	<i>Pemantauan Tingkat Radiasi Gamma di Beberapa Pulau di Sulawesi</i> Sutarman, Syarbaini dan Kusdiana .....	273
4.	<i>Pengaruh Radiasi Gamma Terhadap Profil Protein Plasmodium berghei Terhadap Stadium Eritrositik</i> Devita Tetriana, Darlina, Armanu dan Mukh. Syaifudin .....	282
5.	<i>Penentuan Dosis Inaktif Eschericia Coli S1 Hasil Iradiasi Gamma</i> Irawan Sugoro dan Sandra Hermanto .....	292
6.	<i>Pemanfaatan Limbah Fired Scrap Porselin Sebagai Bahan Baku Pembuatan Badan Keramik Porselin dan Karakterisasinya</i> Muljadi .....	298
7.	<i>Pembakuan Proses Pembuatan dan Karakterisasi Senyawa Hidroksiapatit Sebagai Pengganti Tulang</i> Yessy Warastuti .....	305
8.	<i>Pemantauan Paparan Radiasi dan Radioaktivitas Lingkungan Sekitar Lokasi Penelitian TENORM PTKMR – BATAN</i> Muji Wiyono, Farida Tusafariah, Wahyudi dan Kusdiana .....	316
9.	<i>Pengujian Sistem Pencacah Proporsional <math>4\pi</math>: Pencacahan Secara Absolut <math>^{36}\text{Cl}</math> dan <math>^{90}\text{Sr}</math></i> Pujadi dan Holnizar .....	327
10.	<i>Penggunaan Metode Spektrometri Gamma Detektor HPGe dalam Penentuan Kandungan Radioisotop dalam TENORM</i> Wijono, Pujadi dan Hermawan Chandra .....	336
11.	<i>Analisa Double Peak Energi Gamma 244,7 KeV dan 1112,1 KeV pada Radionuklida <math>^{152}\text{Eu}</math> untuk Kalibrasi Efisiensi Pada Spektrometer Gamma</i> Hermawan Chandra, Pujadi dan Gatot Wurdianto .....	348
12.	<i>Kalibrasi Dosimeter Farrmer Terhadap Dosimeter Standar Keithley di Laboratorium IAEA</i> Nurman Rajagukguk .....	360
13.	<i>Studi Pemanfaatan Biogas pada Pembuatan soun dengan Strategi Produksi Bersih</i> Akhmad Arslan dan Budiarto .....	370
14.	<i>Evaluasi Sistem Penanggulangan Kebakaran di Kapal Penumpang KM X di PT XY Tahun 2008</i> Cintha Estria dan Fatma Lestari .....	382

## **KELOMPOK INTERNATIONAL SEMINAR ON OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY**

1.	<i>Analysis of Radioactive Transportation Safety Regulation Implementation in Indonesia</i>	
	Akhmad Busamah and Fatma Lestari .....	396
2.	<i>Comparison of IAEA Dosimetry Protocol TRS 398, TRS 381, TRS 277 for electron beam</i>	
	Heru Prasetyo and Djarwani S. Soejoko .....	404
3.	<i>Thermal Radiation Modeling at Oil and Gas Tank</i>	
	Fatma Lestari .....	416
4.	<i>The Relationship of Electromagnetic Fields Exposure High Voltage Power Lines 500 kV to Hypersensitivity in Rural Communities (Jubang, Kendawa, KliKiran, Limbangan, Tegal Glagah) at Sub-Province Brebes, 2006</i>	
	Defriman Djafri, BS.PH, MPH .....	421
	Daftar Nama Peserta .....	425

**LAPORAN KETUA PANITIA  
SEMINAR NASIONAL KESELAMATAN, KESEHATAN DAN LINGKUNGAN IV  
DAN INTERNATIONAL SEMINAR ON OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY  
DEPOK, 27 AGUSTUS 2008**

Yang kami hormati,

Para pembicara undangan:

- Ketua Dewan K-3 Nasional, Bapak Dr. Haryono
- Kepala Bapeten, Bapak Dr. As Natio Lasman
- Prof. Dr. Djarwani Soejoko

Our distinguished guests:

- Prof. Takashi Nakano, MD., Ph.D
- Dr. Masaru Wakatsuki

Yth. Pembantu Rektor III UI dan Bapak/ibu pejabat di Fakultas Kesehatan Masyarakat UI

Yth. Bapak/ibu pejabat struktural dan fungsional di lingkungan BATAN dan dari luar BATAN

Para tamu undangan dan peserta Seminar yang berbahagia,

Assalamualaikum Wr.Wb.

Pada pagi hari ini, marilah kita panjatkan puji syukur kita kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat-Nya kepada kita sehingga kita dianugerahi keselamatan dan kesehatan serta kesempatan sehingga dapat datang dalam lingkungan ilmiah di acara Seminar Nasional Keselamatan, Kesehatan dan Lingkungan IV dan International Seminar on Occupational Health and Safety. Seminar ini merupakan kegiatan tahunan yang diselenggarakan oleh Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi (PTKMR) – BATAN dan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia. Tema Seminar Nasional kali ini adalah “Upaya Sinergi dan Harmonisasi Iptek Nuklir dan Non-Nuklir untuk Peningkatan Keselamatan, Kesehatan dan Lingkungan”. Sedangkan tema Seminar Internasionalnya adalah “Radiation and Its Health Effect”.

Seminar ini bertujuan sebagai media temu ilmiah bagi para peneliti, akademisi, industri dan pemerhati iptek nuklir dan non-nuklir untuk menyebarluaskan informasi terkini mengenai perkembangan teknologi di bidang keselamatan, kesehatan dan lingkungan.

Bapak, ibu dan hadirin yang kami hormati,

Pada seminar kali ini akan dipresentasikan 42 makalah yang terdiri dari 7 makalah undangan baik dari dalam maupun luar negeri, 33 makalah seminar nasional yang dipresentasikan secara oral dan poster serta 5 makalah seminar internasional. Peserta yang hadir pada seminar ini diperkirakan berjumlah 250 orang.

Pada kesempatan ini, atas nama panitia, kami mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan sehingga acara ini dapat terselenggara dengan baik. Seandainya terdapat kekurangan dalam penyelenggaraan seminar ini, mohon dibukakan pintu maaf yang sebesar-besarnya.

To our distinguished guests,  
Thank you for your attendance and cooperation. We hope you can enjoy during you stay in Indonesia. Gorai itadaite arigatou gozaimasu. Atatakai kokoro yori, yoroshiku onegaishimasu.

Selanjutnya, kami mohon perkenan Bapak Deputi Kepala Batan untuk memberikan sambutan sekaligus membuka secara resmi seminar ini.

Wassalamualaikum Wr.Wb.

Ketua Panitia  
Seminar Nasional Keselamatan, Kesehatan dan Lingkungan IV  
International Seminar on Occupational Health and Safety



**SAMBUTAN DEPUTI KEPALA BATAN  
BIDANG PENELITIAN DASAR DAN TERAPAN  
PADA SEMINAR NASIONAL  
KESELAMATAN, KESEHATAN DAN LINGKUNGAN IV  
DAN  
INTERNATIONAL SEMINAR ON OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY  
DI GEDUNG FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT  
UNIVERSITAS INDONESIA**

Yang saya hormati:

Para pembicara undangan:

- Ketua Dewan K-3 Nasional, Bapak Dr. Haryono
- Kepala Bapeten, Bapak Dr. As Natsio Lasman
- Prof. Djarwani Soejoko, Ph.D

Our distinguished guests:

- Prof. Takashi Nakano, MD., Ph.D
- Dr. Masaru Wakatsuki

Pembantu Rektor III UI dan pejabat di Fakultas Kesehatan Masyarakat UI

Para pejabat struktural dan fungsional di lingkungan BATAN dan dari luar BATAN

Hadirin para peserta Seminar yang berbahagia,

Assalamualaikum Wr. Wb.,

Selamat pagi dan salam sejahtera bagi kita semua.

Puji syukur marilah kita panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga pada hari ini kita telah diberi kesehatan dan kesempatan untuk dapat berkumpul di sini dalam rangka menghadiri Seminar Nasional Keselamatan, Kesehatan dan Lingkungan IV dan International Seminar on Occupational Health and Safety.

Seminar ini diselenggarakan oleh Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi (PTKMR)-BATAN dan Fakultas Kesehatan Masyarakat-Universitas Indonesia.

Selamat datang kami sampaikan kepada para wakil dari instansi penyelenggara, para pembicara undangan dan para peserta seminar yang telah hadir di sini untuk berpartisipasi aktif dalam diskusi, serta bertukar informasi mutakhir dalam bidang keselamatan, kesehatan dan lingkungan.

Bapak, Ibu, hadirin yang kami hormati.

Seminar Nasional Keselamatan, Kesehatan dan Lingkungan IV dan *International Seminar on Occupational Health and Safety* ini diadakan dengan tujuan untuk memberi kesempatan pada semua pihak yang terkait dengan masalah keselamatan, kesehatan dan lingkungan untuk membangun sistem komunikasi terpadu dalam memperluas wawasan di

bidang iptek keselamatan, kesehatan dan lingkungan. Diharapkan kemitraan antara pakar, peneliti, praktisi dan para pemangku kepentingan yang bergerak atau berkepentingan dengan bidang keselamatan, kesehatan dan lingkungan dapat lebih ditingkatkan lagi.

Sistim komunikasi yang terpadu ini akan dapat lebih meningkatkan sinergi secara sistematis dari berbagai potensi yang ada baik dari lembaga penelitian dan pengembangan, lembaga pengawas, maupun industri. Hal ini akan berdampak pada percepatan laju pembangunan nasional kita, pembangunan yang berkelanjutan menuju Indonesia yang bermartabat.

Bapak, Ibu, hadirin yang kami hormati,

Keselamatan dan kesehatan merupakan dua hal pokok yang saling berintegrasi. Selamat tapi tidak sehat tentu kita tidak dapat melakukan aktivitas dengan baik. Sedangkan sehat tetapi tidak selamat sudah barang tentu sehatnya tidak berarti lagi.

Tema Seminar Nasional kali ini adalah "*Upaya Sinergi dan Harmonisasi Iptek Nuklir dan Non-Nuklir untuk Peningkatan Keselamatan, Kesehatan dan Lingkungan*". Tema ini mengisyaratkan arti penting adanya upaya-upaya yang saling mendukung dan harmonisasi antara iptek nuklir dan non-nuklir dalam bidang keselamatan, kesehatan dan lingkungan dalam rangka meningkatkan kualitas hidup dan kesejahteraan masyarakat. Pemanfaatan sumber daya alam dan pertumbuhan industri baik dalam bidang nuklir maupun non-nuklir yang semakin berkembang pesat perlu diselaraskan dengan kesadaran dan kepedulian terhadap aspek keselamatan, kesehatan dan lingkungan.

Aspek keselamatan, kesehatan dan lingkungan pada beberapa industri masih terlihat belum adanya harmonisasi ditinjau dari segi nuklir dan non-nuklir. Untuk itu perlu ditingkatkan harmonisasi antara pembuat regulasi dalam bidang keselamatan, kesehatan dan lingkungan. Hal ini bertujuan agar terjadi keseragaman regulasi di Indonesia yang berdampak pada efektivitas pelaksanaannya di lapangan, misalnya regulasi keselamatan pekerja, masyarakat dan lingkungan terhadap penanganan limbah yang mengandung campuran radioaktif dan juga B-3. Hal-hal seperti di atas itulah yang nantinya akan didiskusikan melalui pembicara undangan dari Ketua Dewan K-3 Nasional dan Kepala Bapeten.

Pada kesempatan Seminar Internasional ini mengambil tema "*Radiasi dan Efeknya terhadap Kesehatan*". Melalui tema ini akan didiskusikan tidak hanya radiasi nuklir saja, tetapi radiasi lain yang berasal dari sumber listrik tegangan tinggi, handphone, komputer, televisi dan sejenisnya. Dengan kajian-kajian ilmiah yang dapat dipertanggungjawabkan maka akan diperoleh kesepahaman bahwa dalam kehidupan sehari-hari, kita tidak dapat menghindari dari paparan radiasi, sehingga ketakutan yang tidak beralasan terhadap radiasi nuklir bisa dihilangkan. Oleh karena itu pada kesempatan kali ini merupakan

forum yang baik untuk berdiskusi mengenai pemanfaatan nuklir dalam bidang kesehatan. Kedua pembicara tamu dari Jepang kali ini akan membahas pemanfaatan nuklir untuk terapi kanker. Sudah tidak asing lagi bagi kita di kota-kota besar, bahwa banyak sekali pasien yang sudah menjalani terapi seperti ini. Begitu juga pemanfaatan Sinar Rontgen untuk foto thorax yang pemakaiannya sudah meluas di masyarakat akan dibahas oleh Prof. Djarwani.

Bapak, Ibu, hadirin yang kami hormati,

Menyadari hal ini, forum sekarang ini diharapkan bermanfaat sebagai forum untuk berkumpul, berinteraksi dan bertukar informasi mengenai perkembangan iptek keselamatan, kesehatan dan lingkungan dewasa ini.

Saya yakin bahwa kontribusi saudara-saudara sekalian terutama pembicara undangan yang pakar dalam bidangnya, akan memberikan dampak yang positif bagi perkembangan iptek keselamatan, kesehatan dan lingkungan yang pada gilirannya akan berdampak yang sangat berarti bagi kualitas hidup masyarakat dan sekaligus bermanfaat bagi generasi mendatang.

To our distinguished guests: Mr. Takashi Nakano and Mr. Masaru Wakatsuki from Department of Radiation Oncology, Gunma University, Japan. On behalf of the National Nuclear Energy Agency (BATAN), we thank you for your visit and willingness to give presentations.

Welcome to the 4<sup>th</sup> National Seminar on Safety, Health and Environmental and International Seminar on Occupational Health and Safety. This is an annual event which regularly organized by Center for Technology of Radiation Safety and Metrology-Batan and Faculty of Public Health – Universitas Indonesia.

We hope that through this seminar, we can keep our collaboration well to obtain mutual benefit, especially in utilization of sciences and technology of radiation application in health areas. Again, thank you for your attendance and cooperation. We hope you can enjoy stay in Indonesia.

Selanjutnya sesuai dengan permintaan panitia seminar, maka dengan mengucapkan Bismillahirrahmanirrahim, saya nyatakan Seminar Keselamatan, Kesehatan dan Lingkungan ke-4 dan *International Seminar on Occupational Health and Safety* secara resmi dibuka. Terima kasih.

Wassalamualaikum Wr. Wb.  
Deputi Kepala Badan Tenaga Nuklir Nasional  
Bidang Penelitian Dasar dan Terapan

Dr. Ir. Anhar Riza Antariksawan

## **SUSUNAN PANITIA**

### **PENGARAH**

1. Deputi Kepala BATAN Bidang PDT
2. Kepala PTKMR

### **PELAKSANA**

Ketua : Dr. Eko Pudjadi  
Wakil Ketua : Drs. lin Kurnia, M.Biomed  
Sekretariat : 1. Drs. Abdul Wa'id  
2. Wahyudi, S.ST  
3. Wasdiyono, SE  
4. Dra. Fatma Lestari, M.Si, Ph.D  
Bendahara : Helfi Yulianti, A.Md

### **SEKSI-SEKSI:**

Persidangan : 1. Affan Ahmad, MKKK  
2. Setyo Rini, SE.  
3. Agung Agusbudiman, A.Md  
4. Nurhidayati, A.Md  
5. Devita Tetriana, S.Si  
6. Ir. BY. Eko Budi Jumpeno, M.Si  
7. Hendra, SKM, MKKK  
8. Elisa Moetiara, SKM

Perlengkapan : 1. Emil Lazuardi, SE  
2. Itong Mulyana  
3. Misdar  
4. Surwan

Konsumsi : 1. Dra. Sri Subandini Lolaningrum  
2. Dra. Darlina

Dokumentasi : Toni Prihatna

### **TIM EDITOR**

Ketua : Drs. Bunawas, APU  
Anggota : 1. Dr. Susilo Widodo  
2. Dra. Zubaidah, M.Sc  
3. Drs. Mukhlis Akhadi, APU  
4. dr. Fadil Natsir, Sp.KN.  
5. Drs. Syarbaini, M.Sc  
6. Drs. Nurman Rajagukguk  
7. Dr. Mukh. Syaifudin  
8. Drs. Gatot Wurdianto, M.Eng  
9. Dr. Ir. Sjahrul M. Nasri, MS in Hyg

## PROSIDING

### SEMINAR NASIONAL KESELAMATAN, KESEHATAN DAN LINGKUNGAN - IV INTERNATIONAL SEMINAR ON OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY - I

Depok, 27 Agustus 2008

## KATA PENGANTAR

Atas berkat Rahmat Allah Yang Maha Kuasa, kami dapat menyelesaikan Prosiding Seminar Nasional Keselamatan, Kesehatan dan Lingkungan IV dengan tema: "Upaya Sinergi dan Harmonisasi Iptek Nuklir dan Non-Nuklir untuk Peningkatan Keselamatan dan Lingkungan" serta Seminar International OHS bertema: "Radiation and Its Health Effect".

Seminar Nasional KKL-IV menyajikan 40 makalah: 7 makalah Undangan, 19 makalah Sidang Paralel serta 14 makalah dalam Sidang Poster. Sedangkan International Seminar OHS-I menyajikan 4 makalah Oral.

Distribusi makalah sebagai berikut:

Makalah Undangan:

- Dewan K-3 Nasional
- BAPETEN
- Gunma University, Japan
- Universitas Indonesia

Makalah peserta:

- PTKMR-BATAN : 19 makalah
- PATIR-BATAN : 4 makalah
- PTRKN-BATAN : 1 makalah
- Balitbangkes, Depkes : 1 makalah
- Puslit Fisika-LIPI : 2 makalah
- Dinas PU, Kab. Serang : 1 makalah
- Univ. Indonesia : 2 makalah
- Univ. Sriwijaya, Palembang : 1 makalah
- Univ. Andalas, Padang : 1 makalah
- Univ. Hasanudin, Makasar : 1 makalah

Makalah Seminar Internasional OHS:

- Depkes : 1 makalah
- BAPETEN : 1 makalah
- PTKMR-BATAN : 1 makalah
- Univ. Indonesia : 1 makalah

Semoga penerbitan Prosiding ini dapat menambah khasanah ilmu pengetahuan sebagai media acuan dalam penelitian dan pengembangan keselamatan, kesehatan dan lingkungan.

Akhirnya, kami mohon maaf yang sebesar-besarnya atas keterlambatan penerbitan prosiding ini. Kepada semua pihak yang telah membantu penerbitan Prosiding, kami mengucapkan terima kasih.

Jakarta, Mei 2009

**Panitia**



Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi  
Badan Tenaga Nuklir Nasional

## PENGARAH :

1. Dr. Pramudita Anggraita - BATAN
2. Dr. Susilo Widodo - BATAN
3. Dra. Fatma Lestari, M.Si., Ph.D - UI

## SUSUNAN TIM EDITOR DAN PENILAI MAKALAH

### Ketua

Drs. Bunawas, APU

### Anggota:

- Dr. Susilo Widodo - BATAN
- Dra. Zubaidah Alatas, M.Sc. - BATAN
- Drs. Mukhlis Akhadi, APU - BATAN
- Dr. Fadil Nasir, Sp.KN - BATAN
- Drs. Syarbaini, M.Sc. - BATAN
- Drs. Nurman Rajagukguk - BATAN
- Dr. Mukh. Syaifudin - BATAN
- Drs. Gatot Wurdianto, M.Eng. - BATAN
- Dr. Ir. Sjahrul M. Nasri, MS. - UI

ISSN : 1412 - 2499

## **PAPARAN RADIASI DAN RADIOAKTIVITAS LINGKUNGAN SEKITAR FASILITAS PENELITIAN TENORM PTKMR – BATAN**

***Muji Wiyono, Farida Tusafariah, Wahyudi dan Kusdiana***  
Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi – BATAN

### **ABSTRAK**

PEMANTAUAN PAPARAN RADIASI DAN RADIOAKTIVITAS LINGKUNGAN SEKITAR FASILITAS PENELITIAN TENORM PTKMR – BATAN. Telah dilakukan pemantauan paparan radiasi dan radioaktivitas lingkungan sekitar fasilitas penelitian TENORM di PTKMR - BATAN. Paparan radiasi diukur menggunakan survei meter Ludlum 19, konsentrasi TENORM menggunakan spektrometer AT6101D dengan detektor NaI(Tl) dan radioaktivitas udara menggunakan sistem alat cacah gross alfa beta MPC 9400. Hasil pengukuran laju paparan radiasi berada antara 10,5  $\mu$ R/jam sampai 80,0  $\mu$ R/jam dan dosis radiasi berkisar dari 0,21 mSv/tahun sampai 1,60 mSv/tahun. Konsentrasi aktivitas radionuklida tertinggi untuk  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  dan  $^{232}\text{Th}$  adalah  $(619 \pm 146)$  Bq/kg,  $(573 \pm 124)$  Bq/kg dan  $(1.280 \pm 260)$  Bq/kg. Sedangkan radioaktivitas udara tidak terdeteksi atau di bawah konsentrasi minimum terdeteksi (MDC) yaitu  $< 0,04$  Bq/liter untuk gross alfa dan  $< 0,05$  Bq/liter untuk gross beta. Dosis ekivalen radiasi di sekitar lokasi fasilitas penelitian TENORM cukup rendah sehingga cukup aman bagi pekerja radiasi dan masyarakat umum.

*Kata kunci : paparan radiasi, radioaktivitas, TENORM.*

### **ABSTRACT**

MONITORING OF RADIATION EXPOSURE AND ENVIRONMENTAL RADIOACTIVITY AROUND TENORM RESEARCH FACILITY OF PTKMR - BATAN. Monitoring of radiation exposure and environmental radioactivity around TENORM research facility of PTKMR – BATAN had been carried out. Radiation exposure was measured by using Ludlum 19 survey meter, TENORM concentration by using spectrometer of AT6101D connected to NaI(Tl) detector and air radioactivity by using beta alpha gross counter system of MPC 9400. The measurement results of radiation exposure rate were within 10.5  $\mu$ R/hour to 80.0  $\mu$ R/hour, and radiation doses around from 0.21 mSv/year to 1.60 mSv/year. The highest activity concentration of  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  and  $^{232}\text{Th}$  radionuclides were  $(619 \pm 146)$  Bq/kg,  $(573 \pm 124)$  Bq/kg and  $(1,280 \pm 260)$  Bq/kg. The air radioactivity was not detected or under minimum detectable concentration (MDC) that was  $< 0.04$  Bq/liter for the alpha gross and  $< 0.05$  Bq/liter for the beta gross. The radiation dose at storage of TENORM wastes were low enough so that it's safe enough for radiation worker and for public.

*Keywords : radiation exposure, radioactivity, TENORM.*

## PENDAHULUAN

Menurut Peraturan Pemerintah nomor 33 Tahun 2007, setiap orang atau badan yang karena kegiatannya dapat menghasilkan mineral ikutan berupa TENORM harus melaksanakan intervensi terhadap terjadinya paparan yang berasal dari TENORM melalui tindakan remedial. Intervensi merupakan tindakan untuk mengurangi atau menghindari paparan atau kemungkinan terjadinya paparan kronik dan paparan darurat.

Paparan kronik meliputi paparan yang berasal dari NORM, TENORM, sisa zat radioaktif pada kejadian masa lampau dan sumber yang tidak diketahui pemiliknya<sup>1</sup>. Sedangkan paparan darurat adalah paparan yang diakibatkan terjadinya kondisi darurat nuklir atau radiologik. Batasan untuk dilakukan tindakan intervensi apabila konsentrasi aktivitas  $^{226}\text{Ra}$  dan  $^{232}\text{Th}$  lebih dari 1.000 Bq/kg,  $^{40}\text{K}$  lebih dari 10.000 Bq/kg dan atau dosis radiasi efektif sebesar 1 mSv/tahun<sup>2</sup>.

TENORM (*Technologically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Material*) adalah zat radioaktif alam yang terakumulasi dikarenakan kegiatan manusia atau proses teknologi sehingga terjadi peningkatan konsentrasi jika

dibandingkan dengan keadaan awal<sup>1</sup>. TENORM merupakan produk samping dari kegiatan industri pertambangan seperti uranium, timah, pupuk fosfat, minyak dan gas, dan lain-lain<sup>3</sup>.

Sesuai dengan tugas pokok dan fungsi Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi -Badan Tenaga Nuklir Nasional (PTKMR-BATAN) sebagai pusat litbang dalam bidang keselamatan radiasi tingkat nasional, maka pada bulan April 2008 PTKMR telah menambah satu fasilitas penelitian yaitu fasilitas penelitian TENORM. Kegiatan penelitian yang akan dilakukan antara lain : kalibrasi spektrometer gama lingkungan menggunakan sumber luasan, studi lepasan radon dan thoron, studi lindi, studi transfer dari tanah ke tanaman pangan dan lain-lain<sup>4</sup>.

Oleh karena TENORM adalah bahan radioaktif maka pemantauan paparan radiasi dan radioaktivitas lingkungan sekitar fasilitas penelitian TENORM perlu dilakukan. Tujuan pemantauan adalah untuk mengetahui besarnya paparan radiasi, konsentrasi aktivitas dan radioaktivitas udara di lokasi fasilitas penelitian TENORM dan sekitarnya sehingga diketahui potensi bahaya yang ditimbulkan dan dapat

dilakukan langkah antisipasi pada saat kegiatan penelitian dilakukan.

Dalam makalah ini disampaikan cara pengukuran paparan radiasi dan radioaktivitas udara di lokasi fasilitas penelitian TENORM dan sekitarnya dan pembahasan hasil yang diperoleh. Pemantauan dilakukan dua hari setelah kedatangan limbah TENORM di PTKMR-BATAN.

#### **TATA KERJA**

##### **Pengukuran Laju Paparan Radiasi TENORM**

Laju paparan radiasi pada beberapa titik pengukuran di lokasi fasilitas penelitian TENORM dan sekitarnya diukur sebelum dan sesudah kedatangan limbah TENORM menggunakan surveimeter Ludlum 19 buatan TSI – USA pada ketinggian 1 meter. Pengukuran dilakukan untuk mengetahui pengaruh adanya limbah TENORM terhadap paparan radiasi di lingkungan. Laju paparan radiasi yang terukur adalah besarnya laju paparan yang terbaca pada alat ukur dikalikan faktor kalibrasi alat ukur, dituliskan dengan persamaan :

$$X_g = X_a \times FK \quad \dots\dots\dots (2)$$

dengan :

$X_g$  : laju paparan sebenarnya di tempat yang diukur ( $\mu R/jam$ )

$X_a$  : bacaan laju paparan dari alat ukur ( $\mu R/jam$ ).

FK : faktor kalibrasi alat ukur.

Perkalian laju paparan dengan faktor konversi dari nilai paparan ke dosis (f) dinamakan laju dosis serap ( $\dot{D}$ )<sup>5</sup>.

$$\dot{D} = X_g \cdot f \text{ (}\mu R/jam \text{)} \quad \dots\dots\dots (3)$$

Faktor konversi nilai laju paparan ke dosis untuk radiasi gamma adalah  $1 \mu R/jam = 0,877 \mu Rad/jam$ . Jika laju dosis serap dikalikan dengan faktor bobot radiasi ( $W_R$ ) maka diperoleh laju dosis tara / ekuivalen ( $\dot{H}$ )<sup>5</sup>.

$$\dot{H} = \dot{D} \cdot W_R \text{ (}\mu rem/jam \text{)} \quad \dots\dots\dots (4)$$

Faktor bobot radiasi untuk foton, partikel dan neutron berbagai energi dapat dilihat pada Tabel 1.

Satuan cgs untuk laju dosis ekuivalen adalah  $\mu rem/jam$  sedangkan untuk satuan SI adalah  $\mu Sv/jam$ , dimana  $1 \mu Sv = 100 \mu rem$ . Apabila laju dosis ekuivalen dikalikan dengan waktu paparan, akan diperoleh dosis ekuivalen total<sup>5</sup>.



**Tabel 1.** Faktor bobot radiasi untuk foton, partikel dan neutron <sup>6</sup>.

No.	Jenis Radiasi	Faktor Bobot Radiasi ( $W_R$ )
1.	Foton, untuk semua energi	1
2.	Elektron dan Muon, semua energi	1
3.	Neutron dengan energi:	
	• < 10 keV	5
	• 10 keV hingga 100 keV	10
	• > 100 keV hingga 2 MeV	20
	• > 2 MeV hingga 20 MeV	10
	• > 20 MeV	5
4.	Proton, selain proton rekoil, dengan energi > 2 MeV	5

$H = \dot{H} \cdot t$  ..... ( 5 )  
dengan

$H$  = dosis ekuivalen ( $\mu\text{rem}$ )

$\dot{H}$  = laju dosis ekuivalen ( $\mu\text{rem}/\text{jam}$ )

$t$  = durasi terkena dosis radiasi (jam)

Nilai batas dosis (NBD) untuk dosis ekuivalen seluruh tubuh bagi pekerja radiasi adalah 50 mSv/tahun dan bagi masyarakat umum adalah 5 mSv/tahun <sup>7</sup>. Laju paparan yang boleh diterima pekerja radiasi adalah 2,5 mR/jam dan masyarakat umum adalah 0,25 mR/jam.

### Pengukuran Konsentrasi Aktivitas TENORM

Spektrometer AT6101D dengan detektor NaI(Tl) buatan ATOMTEX-Republik of Belarus yang terdiri dari unit deteksi radiasi gamma (*Detection Unit BDKG-11 : DU*) dan unit pemroses informasi (*Information Processing Unit : IPU*) sebelum digunakan untuk pengukuran dilakukan stabilisasi.

Stabilisasi dilakukan dengan cara DU dipasang pada *threeport* dan diletakkan pada lantai datar kemudian dihubungkan dengan IPU menggunakan kabel penghubung. Selanjutnya *check sample* berisi radionuklida <sup>40</sup>K buatan ATOMTEX diletakkan di bawah DU pada jarak 14 cm, dipilih menu *stabilize* dan diset pada 10 detik. Setelah selesai proses stabilisasi pada monitor IPU akan keluar tampilan nilai energi sebesar 1461 keV yang merupakan energi <sup>40</sup>K, data tersebut akan tersimpan secara otomatis.

*Threeport* diletakkan di lokasi pengukuran dan ujung bawah DU diatur pada jarak 14 cm dari tempat yang diukur dan pada jarak 0,2 meter dari drum limbah TENORM. Dipilih menu “geometry” kemudian “2pi” pada IPU dan di-ENTER untuk memulai proses pengukuran. Setelah 3600 detik pengukuran dihentikan dan dicatat nilai konsentrasi aktivitas <sup>40</sup>K, <sup>226</sup>Ra dan <sup>232</sup>Th

pada tampilan monitor IPU. Dengan cara yang sama dilakukan pengukuran pada titik-titik yang lain.

### Pengukuran Radioaktivitas Udara

Filter Whatman diameter 47 mm buatan Whatman-USA dipasang pada *head* pencuplik TSP buatan PTKMR kemudian dipasang di atas *threeport* pada ketinggian 150 cm. *Head* pencuplik dihubungkan ke *flow meter* buatan Cole Parmer-USA dan pompa hisap buatan Andersen-TSI USA menggunakan selang buatan Cole Parmer-USA. Pompa hisap dihubungkan ke catu daya menggunakan kabel.

Pompa hisap dan *stop watch* dihidupkan bersamaan dan laju alir udara diatur pada 7 liter/menit. Suhu, kelembaban dan tekanan udara diukur menggunakan *thermohygrometer* buatan Baro-Jerman dan kecepatan angin diukur menggunakan *anemometer* buatan Cole Parmer-USA. Setelah 60 menit pompa hisap dimatikan.

Filter Whatman dilepas dari *head* pencuplik dan diletakkan di atas planset menggunakan pinset dan diberi kode. Selanjutnya planset diukur menggunakan alat cacah gross alfa beta MPC 9400 selama 60 menit. Konsentrasi

radioaktivitas udara dihitung dengan persamaan<sup>8</sup>:

$$C = \frac{(N_t - N_b)}{\varepsilon \cdot F \cdot T} \text{ Bq/liter} \dots\dots (6)$$

dengan

C : konsentrasi radioaktivitas udara (Bq/liter).

N<sub>t</sub> : laju cacah bersih (cpm).

N<sub>b</sub> : laju cacah latar (cpm).

E : efisiensi alat cacah (gross α : 2,97 % dan gross β : 48,57%)

F : laju alir pompa (liter/menit).

T : durasi sampling (menit).

Sedangkan konsentrasi minimum terdeteksi (*MDC = minimum detectable concentration*) alat cacah gross αβ MPC 9400 dengan tingkat kepercayaan 68 % dihitung dengan persamaan berikut<sup>8</sup>:

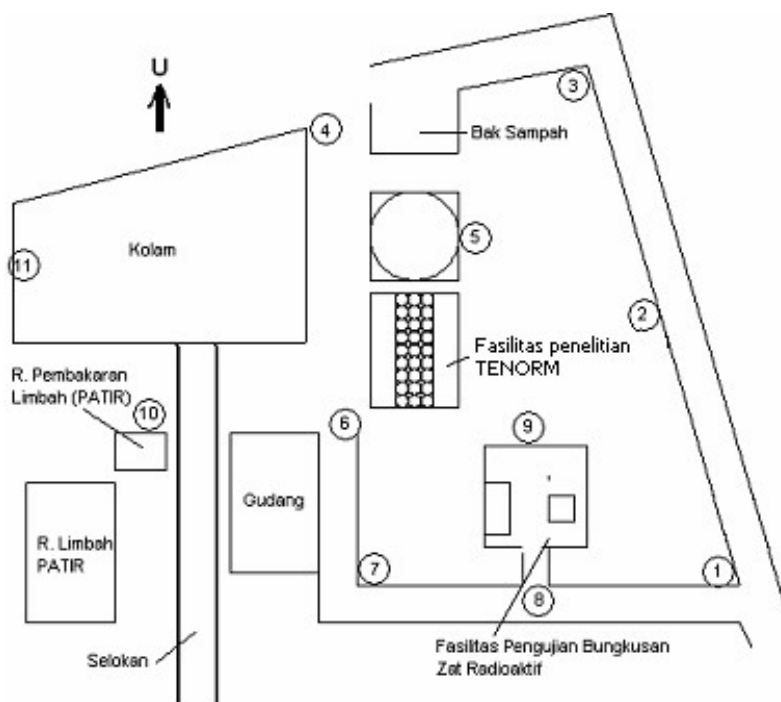
$$MDC = \frac{2,33 \sqrt{N_b / T_b}}{\varepsilon \cdot F \cdot T} \text{ (Bq/liter)} \dots (7)$$

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran laju paparan radiasi latar di lokasi fasilitas penelitian TENORM dan sekitarnya disajikan pada Gambar 1 dan Tabel 2. Pada Tabel 2 terlihat nilai laju paparan radiasi latar sebelum adanya TENORM berkisar dari 6,5 µR/jam sampai 15,5 µR/jam, terendah pada titik 9 (pagar belakang Fasilitas Pengujian Bungkusan Zat

Radioaktif) dan tertinggi pada titik 10 (samping ruang pembakaran limbah). Radiasi latar pada titik 10 lebih tinggi dari pada titik-titik yang lain, karena pada titik tersebut lokasinya berdekatan

dengan ruang pembakaran limbah radioaktif milik PATIR yang kemungkinan terkontaminasi sehingga ada sisa kontaminasi radioaktif.



**Gambar 1.** Denah lokasi fasilitas penelitian TENORM dan sekitarnya

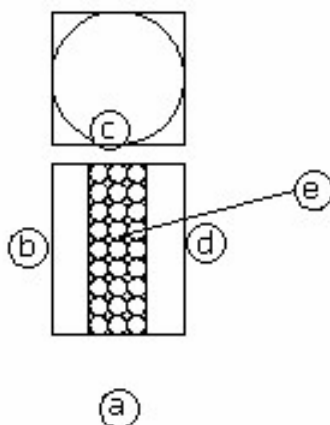
**Tabel 2.** Laju paparan pada sekitar lokasi fasilitas penelitian TENORM sebelum dan sesudah ada TENORM

Titik pengukuran	Rerata laju paparan radiasi ( $\mu\text{R}/\text{jam}$ )	
	Sebelum ada TENORM	Sesudah ada TENORM
1	8,5	9,5
2	7,5	8,5
3	8,5	8,5
4	7,8	8,5
5	7,5	9,5
6	8,0	39,0
7	9,5	11,0
8	7,5	9,5
9	6,5	7,5
10	15,5	18,0
11	8,5	9,5

Hasil pengukuran laju paparan radiasi di sekitar lokasi fasilitas penelitian TENORM setelah ada TENORM berkisar dari 8,5  $\mu\text{R}/\text{jam}$  sampai 39,0  $\mu\text{R}/\text{jam}$ . Rendah pada titik 4 dan tinggi pada titik 6 (dekat drum TENORM). Terjadi kenaikan laju paparan radiasi sekitar lima kali pada titik 6 dari radiasi sebelumnya, namun nilainya masih

dibawah 50  $\mu\text{R}/\text{jam}$  yaitu batasan untuk dilakukan tindakan intervensi terhadap TENORM. Tetapi pengukuran di titik-titik yang lain tidak ada kenaikan paparan radiasi yang cukup berarti.

Laju paparan radiasi di beberapa titik di lokasi fasilitas penelitian TENORM disajikan pada Gambar 2 dan Tabel 3.



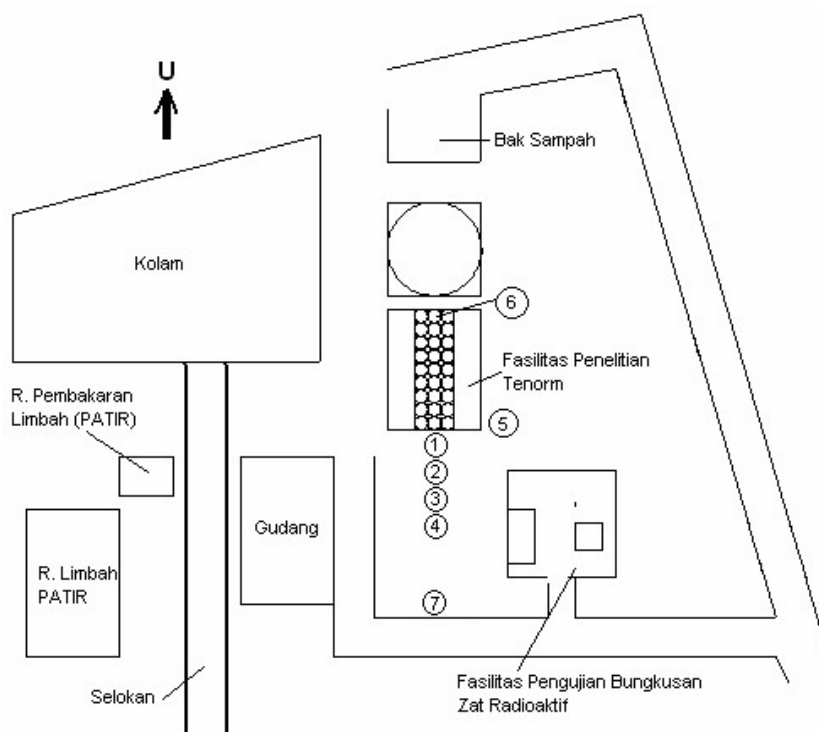
**Gambar 2.** Denah lokasi fasilitas penelitian TENORM.

Nilai laju paparan radiasi tersebut berkisar dari 10,5  $\mu\text{R}/\text{jam}$  sampai 80,0  $\mu\text{R}/\text{jam}$  dan dosis yang diterima pekerja radiasi selama 1 tahun (2.000 jam) berkisar dari 0,60 mSv sampai 1,6 mSv. Berdasarkan hasil tersebut dosis yang diterima pekerja radiasi masih jauh dibawah nilai batas dosis yang diizinkan dan masih dibawah nilai batas dosis bagi masyarakat umum. Jika pekerja radiasi tidak bekerja terus menerus selama 8 jam setiap hari maka dosis yang akan diterima

jauh lebih kecil dari dosis tersebut di atas. Hasil pengukuran konsentrasi aktivitas TENORM pada beberapa titik disajikan pada Gambar 3 dan Tabel 4. Pada Tabel 4 terlihat bahwa konsentrasi aktivitas  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  dan  $^{232}\text{Th}$  di lokasi fasilitas penelitian TENORM berkisar dari  $(175 \pm 128)$  Bq/kg sampai  $(619 \pm 146)$  Bq/kg,  $(12,7 \pm 7)$  Bq/kg sampai  $(573 \pm 124)$  Bq/kg dan  $(33,8 \pm 8,5)$  Bq/kg sampai  $(1.280 \pm 260)$  Bq/kg.

**Tabel 3.** Laju paparan radiasi di lokasi fasilitas penelitian TENORM

Titik Pengukuran	Rerata Laju paparan radiasi ( $\mu\text{R}/\text{jam}$ )	Dosis radiasi ( $\text{mSv}/\text{tahun}$ )	Keterangan
a	40,0	0,80	Jarak 1 meter dari drum
b	10,5	0,21	Di atas tembok pembatas
c	80,0	1,60	Di atas tembok pembatas
d	30,0	0,60	Di atas tembok pembatas
e	80,0	1,60	Jarak 1 meter di atas drum



**Gambar 3.** Titik pengukuran konsentrasi aktivitas di lokasi fasilitas penelitian TENORM

Dari ketiga radionuklida yang diukur, nilai konsentrasi  $^{232}\text{Th}$  termasuk harus dilakukan intervensi karena diatas 1.000 Bq/kg.

Tindakan intervensi bertujuan untuk mengurangi atau menghindari terjadinya paparan kronik dan paparan darurat. Langkah yang perlu dilakukan

antara lain: membuat fasilitas penampungan TENORM yang kedap air untuk menghindari resapan radionuklida ke tanah dan pemasangan pagar dan tanda bahaya radiasi untuk membatasi orang lain yang tidak berkepentingan memasuki lokasi penampungan TENORM. Disamping itu perlu dilakukan pemantauan

**Tabel 4.** Konsentrasi aktivitas TENORM di lokasi fasilitas penelitian TENORM dan sekitarnya

Titik pengukuran	Konsentrasi aktivitas (Bq/kg)			Keterangan
	<sup>40</sup> K	<sup>226</sup> Ra	<sup>232</sup> Th	
1	542 ± 266	573 ± 124	1280 ± 260	Jarak 0,2 m dari drum
2	433 ± 156	135 ± 35	196 ± 42	Jarak 0,5 m dari drum
3	175 ± 128	191 ± 45	322 ± 64	Jarak 0,75 m dari drum
4	230 ± 108	16,2 ± 14,3	43,8 ± 13,4	Jarak 2 m dari drum
5	619 ± 146	27,4 ± 11,2	35,9 ± 9,7	Jarak 0,1 m dari tembok
6	273 ± 179	307 ± 70	614 ± 123	Jarak 0,15 m di atas drum
7	412 ± 98	12,3 ± 7	33,8 ± 8,5	

**Tabel 5.** Konsentrasi radioaktivitas udara (gross alfa beta) di lokasi fasilitas penelitian TENORM dan sekitarnya.

Titik Pengukuran	Konsentrasi radioaktivitas (Bq/liter)		Kondiosisi Pengukuran				
	Gross Alfa	Gross Beta	Suhu (° C)	Kelembaban (%)	Tekanan (mmHg)	Kecepatan Angin (m/detik)	Arah Angin
2	ttd	ttd	32	75	740	0,2 – 3,6	Ke Timur
8	ttd	ttd	33	73	740	0,3 – 4,2	Ke Timur

Catatan:

Batas deteksi terendah untuk gross alfa : 0,04 Bq/liter.

gross beta : 0,05 Bq/liter.

pemantauan paparan radiasi dan radioaktivitas lingkungan secara rutin minimal setiap 6 bulan sekali, dan lain-lain.

Hasil pengukuran radioaktivitas udara pada beberapa titik pengukuran di lokasi fasilitas penelitian TENORM disajikan pada Gambar 3 dan Tabel 5. Konsentrasi radioaktivitas udara gross alfa dan beta dari 2 titik pengukuran tersebut adalah tidak terdeteksi (ttd) atau dibawah konsentrasi minimum terdeteksi yaitu untuk gross alfa adalah < 0,04 Bq/liter dan untuk gross beta adalah < 0,05 Bq/liter. Hal ini terjadi karena pada

saat pengambilan sampel udara belum dilakukan kegiatan penelitian TENORM, karena TENORM tersebut masih ditempatkan dalam wadah drum yang ditutup rapat dan kondisinya masih basah, sehingga tidak ada debu dari limbah TENORM.

Berdasarkan hasil pengukuran paparan radiasi eksternal, konsentrasi radionuklida dan radioaktivitas udara di lokasi fasilitas penelitian TENORM dan sekitarnya dapat dikatakan bahwa fasilitas cukup aman untuk pekerja radiasi. Yang perlu mendapat perhatian adalah potensi bahaya radiasi interna

yaitu masuknya zat radioaktif ke dalam tubuh melalui jalur pernapasan, mulut dan kulit, khususnya pada saat melakukan kegiatan penelitian. Hal itu terjadi karena anggota tubuh bersentuhan secara langsung dengan TENORM dan kondisi TENORM yang kering sehingga dimungkinkan ada debu dari TENORM yang berterbangan. Oleh karena itu pada saat bekerja harus menggunakan pakaian proteksi seperti: masker, sarung tangan, sepatu dan lain-lain.

#### **KESIMPULAN**

Laju paparan radiasi di lokasi fasilitas penelitian TENORM dan sekitarnya berada antara dari 10,5  $\mu\text{R}/\text{jam}$  sampai 80,0  $\mu\text{R}/\text{jam}$  dan dosis radiasi berkisar dari 0,21 mSv sampai 1,60 mSv. Nilai konsentrasi aktivitas  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  dan  $^{232}\text{Th}$  tertinggi adalah  $(619 \pm 146) \text{ Bq/kg}$ ,  $(573 \pm 124) \text{ Bq/kg}$  dan  $(1.280 \pm 260) \text{ Bq/kg}$ . Sedangkan konsentrasi radioaktivitas udara gross alfa dan beta adalah tidak terdeteksi atau di bawah konsentrasi minimum terdeteksi alat ukur yaitu  $< 0,04 \text{ Bq/liter}$  untuk gross alfa dan  $< 0,05 \text{ Bq/liter}$  untuk gross beta. Nilai tersebut cukup aman bagi pekerja radiasi dan masyarakat umum, namun perlu dilakukan tindakan intervensi terhadap TENORM karena dosis ekivalen radiasi

lebih dari 1 mSv/tahun dan konsentrasi  $^{232}\text{Th}$  lebih dari 1000 Bq/kg.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

1. PERATURAN PEMERINTAH REPUBLIK INDONESIA NOMOR 33 TAHUN 2007, tentang Keselamatan Radiasi Pngion dan Keamanan Sumber Radioaktif, Jakarta (2007).
2. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, "International Basic Safety Standards for Protection Against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources", Safety Series No. 115, IAEA, Vienna, (1996).
3. DJAROT S. WISNUBROTO, "Pengelolaan Limbah NORM/TENORM dari Kegiatan Industri Non Nuklir", Prosiding Seminar Aspek Keselamatan Radiasi dan Lingkungan Pada Industri Non Nuklir, Hal: 49 – 59, Jakarta, (2003).
4. ANONIM, Proposal Pemanfaatan Limbah NORM dari Industri Minyak dan Gas PT. Conocophilips untuk Studi Lingkungan, Jakarta (2008).
5. CEMBER, H., "Introduction to Health Physics", Second Edition-revised and Enlarged, Health

- |   |   |
|---|---|
| Professions Division, McGraw-Hill, Inc (1983).  | tentang Ketentuan Keselamatan Kerja Terhadap Radiasi, (1999).   |
| 6. SUWARNO WIRYOSIMIN, “Menenal Asas Proteksi Radiasi”, Penerbit ITB, Bandung (1995). | 8. BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL, “Prosedur Analisis Sampel Radioaktivitas Lingkungan”, halaman : 137 - 155, BATAN, Jakarta, (1998). |
| 7. KEPUTUSAN KEPALA BAPETEN Nomor: 01/Ka-BAPETEN/V-99                                 |   |

**Tanya Jawab :**

1. Penanya : Ellen Rhosa R (FMIPA – Universitas Andalas).

Pertanyaan:

Tolong dijelaskan apa yang dimaksud dengan tindakan intervensi terhadap TENORM dan beberapa contohnya?.

Jawaban: Muji Wiyono (PTKMR – BATAN)

Tindakan intervensi terhadap TENORM adalah tindakan yang dilakukan untuk mengurangi atau menghindari paparan atau kemungkinan terjadinya paparan kronik dan paparan darurat yang diakibatkan oleh TENORM. Contoh tindakan intervensi TENORM adalah mengumpulkan TENORM pada satu tempat yang aman dan jauh dari aktifitas pekerja, memasang tanda bahaya radiasi, memberi tulisan peringatan agar yang tidak berkepentingan mendekati TENORM, memasang perisai radiasi dan lain-lain.