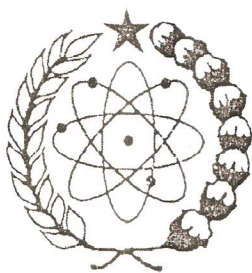


ISSN 0854 – 4085

**PROSIDING
PRESENTASI ILMIAH
KESELAMATAN RADIASI DAN LINGKUNGAN VI
Jakarta, 2 – 3 September 1998**



BADAN TENAGA ATOM NASIONAL
PUSAT STANDARDISASI DAN PENELITIAN KESELAMATAN RADIASI
Jalan Cinere Pasar Jumat, PO. Box 7043 JKSKL, JAKARTA 12070
Tel. (021) 7513906, 7659512, Fax. (021) 7657950, 7515559

1998



Pusat Standardisasi dan Penelitian
Keselamatan Radiasi
Badan Tenaga Atom Nasional

Susunan Tim Editor
dan Penilai Makalah

SK. DIRJEN BATAN
No. 206/DJ/VI/1998

KETUA

DR. M. Fathony

WAKIL KETUA

DR. J. R. Dumais

ANGGOTA

Dr. Kunto Wiharto, Sp.K.N.

Drs. Eri Hiswara, M.Sc.

Drs. Susetyo Trijoko, M.App.Sc.

Dra. Zubaidah Alatas, M.Sc.

Drs. Bunawas

Drs. Abubakar Romain, APU.

Alamat :

PSPKR – BATAN

- Jalan Cinere Pasar Jumat
Jakarta 12440, INDONESIA
Tel. (021) 7513906, 7659512
Fax. (021) 7657950, 7515559
- PO. Box 7043 JKSKL., Jakarta
12070, INDONESIA

ISSN 0854 – 4085

**PROSIDING
PRESENTASI ILMIAH
KESELAMATAN RADIASI DAN LINGKUNGAN VI
JAKARTA, 2 – 3 SEPTEMBER 1998**

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kepada Illahi Rabbi berkat rahmat, taufik dan hidayah-Nya, maka Prosiding Presentasi Ilmiah Keselamatan Radiasi dan Lingkungan VI, yang telah diselenggarakan pada tanggal 2 dan 3 September 1998 oleh Pusat Standardisasi dan Penelitian Keselamatan Radiasi, Badan Tenaga Atom Nasional bertempat di Kawasan Pusat Penelitian Tenaga Atom Pasar Jumat, dapat kami sampaikan kepada Saudara para Peneliti khususnya dan para Pemerhati keselamatan radiasi dan lingkungan pada umumnya.

Dalam Presentasi Ilmiah Keselamatan Radiasi dan Lingkungan kali ke-enam ini, ditampilkan pada sidang pleno 3 makalah yang merupakan keselamatan radiasi secara umum. Selanjutnya dalam prosiding ini disajikan 31 makalah yang dibagi dalam 3 kelompok:

1. Kelompok A (Dosimetri, Kalibrasi dan Standardisasi) sebanyak 14 makalah.
2. Kelompok B (Proteksi Radiasi dan Keselamatan Lingkungan) sebanyak 13 makalah.
3. Kelompok C (Efek Radiasi dan Kedokteran Nuklir) sebanyak 4 makalah.

Semoga penerbitan prosiding ini bermanfaat sebagai media acuan dalam penelitian dan pengembangan Proteksi Radiasi, Dosimetri, Standardisasi, Keselamatan Lingkungan, Efek Radiasi dan Kedokteran Nuklir khususnya, dan sebagai bahan informasi dalam pelaksanaan tugas pengawasan radiasi pada umumnya.

Akhirnya kepada semua pihak yang telah membantu penerbitan prosiding ini, kami mengucapkan terima kasih.

Jakarta, 5 Oktober 1998

Editor

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	i
Daftar Isi	ii
Laporan Ketua Panitia PIKRL-VI	iv
Sambutan DIRJEN BATAN	vi

KELOMPOK MAKALAH : KESELAMATAN RADIASI UMUM

1. Potensi dampak pencemaran radiasi dalam lingkungan terhadap kesehatan masyarakat Mulyono Notosiswoyo dan Umar Fahmi Achmadi	1
2. Keselamatan lingkungan, simalakama pembangunan di Nusantara Mohammad Hasroel Thayib	9
3. Tinjauan mengenai prinsip proteksi radiasi Eri Hiswara	19

KELOMPOK – A : DOSIMETRI, KALIBRASI DAN STANDARDISASI

1. Dosimeter radiasi lingkungan : Pengaruh suhu irradiasi pada TLD $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7:\text{Mn}$ dan $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ Muhammad Fathony	31
2. Pengembangan dosimeter termoluminisensi $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ berbentuk gelas kapiler Hasnel Sofyan, Dyah D. Kusumawati, Heli Yulianti, Suyati dan Abubakar Ramain	37
3. Studi awal evaluasi dosis TLD LiF dengan metode kuadrat terkecil linier Endang Kurnia	44
4. Perkalian dosis-luasan : 2. Studi awal pada pemeriksaan fluoroskopi Nasukha, Iwan Ridwan dan Hendra Yulianti	53
5. Tanggapan dosimeter radiochromic <i>dye film</i> terhadap radiasi gamma dosis tinggi M. Thoyib Thamrin	59
6. Faktor koreksi serapan diri foton pada pencacahan cuplikan tanah memakai spektrometer gamma Pujadi	65
7. Kalibrasi dosimeter termoluminisensi (TLD) kartu holder tipe-8814 untuk evaluasi dosis kulit radiasi beta Nur Rohmah, C. Tuti Budiantari, Huriyatil Afiah dan Sri Widayati	70
8. Sistem dosimetri 1986 (DS86) untuk para korban bom atom dan masalahnya Susilo Widodo dan Mukhlis Akhadi	76
9. Regenerasi foto-transfer termoluminisensi pada dosimeter industri serbuk silikon dioksida M. Thoyib Thamrin dan Mukhlis Akhadi	86
10. Interkomparasi pengukuran aktivitas I-125 antara PSPKR dan Electrotechnical Laboratory (Jepang) Nazaroh, Gatot Wurdianto, Holnisar, Susilo Widodo dan Ermi Juita	92
11. Interkomparasi dosis berkas foton energi tinggi dari pesawat akselerator linier medik C. Tuti Budiantari, Nurman Rajagukguk, Susetyo Trijoko dan Sri Inang Sunaryati	103
12. Pembuatan sistem aliran gas bertekanan tinggi pada detektor proporsional Gatot Wurdianto dan Pujadi	111
13. Audit dosimetri berkas sinar gamma Co-60 menggunakan detektor bilik pengion dan TLD LiF-700 Sri Inang Sunaryati dan Susetyo Trijoko	117
14. Pengukuran hamburan neutron di ruang kalibrasi menggunakan teknik keruncung terpancung dan semi empirik Nurman Rajagukguk	124

KELOMPOK – B : PROTEKSI RADIASI DAN KESELAMATAN LINGKUNGAN

1.	Penentuan konsentrasi Cs-137 di dalam tanah pada beberapa daerah di Propinsi Lampung Emlinarti, Sutarman dan Leli Nirwani	129
2.	Pengukuran tingkat radiasi dan radioaktivitas lingkungan di daerah industri tambang timah Eri Hiswara, Asep Warsona, Wahyudi dan R. Buchori	135
3.	Pemantauan radiasi gamma lingkungan menggunakan TLD-200 di daerah Ujung Lemahabang dan sekitarnya – Semenanjung Muria Sutarman dan Yurfida	142
4.	Teknik sederhana pengolahan limbah I-131 pada pengobatan radiasi kanker tiroid di RSUP Nasional DR. Cipto Mangunkusumo Jakarta Cholid Badri, R. M. Soesilo, Djumadi dan Sri Sunarsih	150
5.	Aspek keselamatan dalam pemanfaatan sumber radioaktif terbungkus Arifin S. Kustiono	158
6.	Pengukuran konsentrasi alfa, beta, Cs-137 dan Sr-90 dalam rumput di luar kawasan reaktor nuklir GA Siwabessy, Serpong Sutarman, Minarni Affandi dan Yurfida	169
7.	Konsentrasi Cs-137 dan Sr-90 dalam rumput di lingkungan kawasan PPTA Serpong Untara, Syarbaini dan Erwansyah Lubis	175
8.	Konsentrasi Sr-90 dalam air sumur penduduk di lepas kawasan PPTA Serpong Cerdas Tarigan	180
9.	Konsentrasi Cs-137 dan Pu-239/240 dalam ikan dan udang di Semenanjung Muria dan sekitarnya Marzaini Nareh, Asep Warsona, Tutik Indiyati, Yurfida dan R. Buchori	186
10.	Pu dan Cs-137 dalam sedimen laut Semenanjung Muria dan sekitarnya Syarbaini, Syofyan Yatim, Marzaini Nareh dan Asep Warsona	192
11.	Rekayasa apron timbal dengan bahan karet alam Pb_3O_4 untuk proteksi radiasi Sri Mulyono, Tri Harjanto dan C.T. Budiantari	198
12.	Pemantauan radioaktivitas alfa di udara di unit konversi kimia IPEBRR Budi Prayitno dan Darmini	204
13.	Faktor transfer radionuklida Cs-137 dari tanah ke tanaman kacang hijau Marzaini Nareh, Martinus Mardjo, Asep Warsona dan R. Buchori	210

KELOMPOK – C : EFEK RADIASI DAN KEDOKTERAN NUKLIR

1.	Kurva respon dosis aberasi kromosom limfosit manusia yang diinduksi sinar-X 250 kVp Abdul Wa'id	217
2.	Dekontaminasi radionuklida campuran Am-241 dan Cs-137 dengan DPTA dan <i>Prussian Blue</i> pada tikus putih Siti Nurhayati, Mukh Syaifudin dan Tur Rahardjo	225
3.	Eksplorasi gen reparasi DNA pada bakteri radioresisten <i>Deinococcus radiodurans</i> Zubaidah Alatas dan Issay Narumi	233
4.	Pola konsumsi makanan penduduk di Nusa Tenggara Timur dan Timor Timur Iwiq Indrawati, Siti Nurhayati dan Masnelly Lubis	240

PENGUKURAN TINGKAT RADIASI DAN RADIOAKTIVITAS LINGKUNGAN DI DAERAH INDUSTRI TAMBANG TIMAH

Eri Hiswara, Asep Warsona, Wahyudi dan R. Buchori

Pusat Standardisasi dan Penelitian Keselamatan Radiasi - BATAN

ABSTRAK

PENGUKURAN TINGKAT RADIASI DAN RADIOAKTIVITAS LINGKUNGAN DI DAERAH INDUSTRI TAMBANG TIMAH. Telah dilakukan pengukuran tingkat radiasi dan radioaktivitas lingkungan di daerah industri tambang timah di pulau Bangka. Pengukuran tingkat radiasi dilakukan secara langsung dengan menggunakan alat ukur dengan detektor GM, sedang tingkat radioaktivitas dengan mengukur konsentrasi radionuklida alam pada beberapa contoh dengan spektrometer gamma. Contoh lingkungan yang diambil adalah udara, tanah, debu, lumpur dan air, sedang radioaktivitas yang diukur adalah ^{226}Ra , ^{228}Th , dan ^{40}K . Dari hasil pengukuran diperoleh bahwa laju dosis efektif total dari penyinaran eksternal radiasi gamma dan penyinaran internal radon pada daerah kerja bervariasi antara 0,86 - 2,94 mSv/tahun, dan tingkat radioaktivitas tertinggi diperoleh pada pasir monasit dengan konsentrasi sebesar 10275, 13694 dan 1052 Bq/kg masing-masing untuk ^{226}Ra , ^{228}Th dan ^{40}K . Jika dibandingkan dengan nilai batas dosis dan kadar tertinggi yang diizinkan di lingkungan, seluruh hasil pengukuran yang diperoleh masih di bawah nilai batas yang ditetapkan.

ABSTRACT

MEASUREMENT OF ENVIRONMENTAL RADIATION AND RADIOACTIVITY IN A TIN MINING INDUSTRY. Measurement of radiation and radioactivity level in a tin mining industry in Bangka island has been carried out. Radiation level was measured directly using an instrument utilizing GM detector, whereas radioactivity level was measured from concentration of naturally occurring radionuclides in several samples using gamma spectrometer. Environmental samples measured were air, soil, aerosol, sediment and water, while the measured radionuclides were ^{226}Ra , ^{228}Th , and ^{40}K . The results showed that total effective dose rate from gamma radiation external exposure and radon internal exposure in working area was vary between 0.86 - 2.94 mSv/year, and the highest radioactivity level was found in monasite sand with concentration of 10275, 13694 dan 1052 Bq/kg for ^{226}Ra , ^{228}Th and ^{40}K , respectively. Compared to dose limit and maximum permissible concentration in the environment, the measured values are all below those limits.

PENDAHULUAN

Pemrosesan mineral berat hasil produk industri timah dapat memberikan kontribusi penyinaran radiasi baik secara eksternal maupun internal kepada para pekerja dan masyarakat di sekitar daerah kerja. Pasir monasit banyak mengandung radionuklida primordial (yang berasal dari kerak bumi), yaitu torium (^{232}Th) and uranium (^{238}U) beserta anak luruhnya, serta potassium-40 (^{40}K). Anak luruh ^{238}U dan ^{232}Th yang paling dominan adalah ^{226}Ra dan ^{228}Th .

Monasit merupakan mineral yang paling bersifat radioaktif, yaitu mengandung

torium sekitar 3-7% berat, sementara ilmenite dengan kandungan torium kurang dari 0,05% dipandang sebagai mineral yang paling sedikit bersifat radioaktif [1]. Penyinaran eksternal paling banyak diterima oleh para pekerja yang berada di dalam ruang penimbunan cadangan monasit, sedangkan penyinaran internal paling banyak diterima oleh para pekerja ketika melakukan proses pemisahan mineral.

Salah satu industri timah terbesar di tanah air adalah PT Timah Tbk., yang bergerak sejak penambangan hingga pencetakan. Kegiatan mulai pemisahan hingga pencetakan dilakukan di daerah Mentok, pulau Bangka.

Dalam upaya untuk mengetahui tingkat penyinaran radiasi eksternal dan internal yang diterima para pekerja di industri timah ini telah dilakukan pengukuran tingkat radiasi dan radioaktivitas lingkungan di sekitar daerah industri timah di pulau Bangka ini. Pengukuran juga merupakan salah satu cara pengawasan untuk mengetahui apakah ketentuan keselamatan kerja terhadap radiasi yang berlaku telah dipenuhi. Hasil pengukuran yang diperoleh juga dapat dipakai untuk pengkajian dosis yang mungkin menimbulkan dampak terhadap para pekerja dan masyarakat di sekitar daerah industri ini, sehingga dampak terhadap lingkungan dapat diantisipasi sejak dini.

TATA KERJA

Pengukuran dilakukan secara langsung untuk laju dosis radiasi gamma lingkungan, sedang radioaktivitas lingkungan diukur dari contoh udara, tanah, debu, lumpur dan air di lokasi. Radionuklida yang diukur meliputi torium total, konsentrasi alfa total di dalam udara, ^{228}Th , ^{226}Ra dan ^{40}K di dalam tanah, lumpur, debu dan air, serta tingkat kerja (*working level*) di beberapa lokasi.

Contoh lingkungan tanah dan lumpur dihaluskan sehingga berupa bubuk dan disaring, kemudian dikeringkan pada suhu 110°C di dalam oven selama 24 jam. Semua contoh selanjutnya dimasukkan ke dalam beker Marinelli 1 liter, ditutup rapat dengan perekat dan didiamkan selama satu bulan sebelum diukur konsentrasi radionuklidanya untuk memungkinkan tercapainya kesetimbangan radioaktif antara radium dengan anak luruhnya.

Pengukuran laju dosis radiasi gamma dilakukan dengan menggunakan alat ukur dengan detektor GM *Environmental Radiation Meter* type 6-80 (*Mini Instruments Ltd., England*). Kalibrasi alat ukur ini tertelusuri ke *National Physical Laboratory*, Inggris, dan ketidakpastian pengukuran adalah lebih kecil dari 5% [2].

Untuk konsentrasi ^{228}Th , ^{226}Ra dan ^{40}K di berbagai contoh lingkungan, pengukuran dilakukan dengan menggunakan spektrometer gamma dengan detektor germanium kemurnian

tinggi (HPGe). Sedang torium total di udara diukur dengan menggunakan XRF (*x-ray fluorescence*) dan tingkat kerja dengan menggunakan alat cacah alfa sintilasi dengan detektor ZnS(Ag).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran langsung laju dosis radiasi gamma dalam satuan kerma udara yang diberikan alat ukur disajikan pada Tabel 1. Pada Tabel 1 ini disajikan pula laju dosis efektif untuk setiap lokasi. Laju dosis efektif dihitung dengan asumsi waktu kerja dalam satu tahun adalah 2400 jam (48 jam/minggu dan 50 minggu/tahun) dan dengan mengambil faktor konversi dosis efektif terhadap kerma udara (E/Ka) untuk ^{226}Ra dan geometri ROT (*rotational*) sebesar 0,865 Sv/Gy [3]. Penggunaan faktor konversi untuk ^{226}Ra didasarkan pada petunjuk pemakaian alat [2], yaitu bahwa nilai sebenarnya pada pengukuran radiasi lingkungan diperoleh dengan menggunakan faktor kalibrasi dengan nuklida ^{226}Ra .

Laju dosis efektif pada lokasi kantin PPBT (Pusat Pengolahan Bijih Timah) tidak dihitung karena para pekerja diperkirakan setiap harinya berada di lokasi hanya sekitar 1 jam, atau 12,5% dari waktu kerja 8 jam. Laju dosis efektif pada lokasi kantin ini dengan demikian diperhitungkan untuk perkiraan laju dosis efektif pada kedua lokasi lain di PPBT, yaitu area penimbunan bijih timah dan area pemisahan bijih timah.

Tabel 1 memperlihatkan bahwa laju dosis efektif untuk setiap lokasi bervariasi dari 0,08 - 43,57 mSv/tahun. Dari data tampak bahwa dosis radiasi terbesar akan diperoleh jika pekerja berada pada jarak 1 m dari penimbunan monasit. Hal ini tampaknya akan sangat sulit terjadi mengingat penimbunan monasit berada di suatu tempat tertutup yang setiap saat dikunci, kecuali jika pekerja memasuki lokasi untuk menurunkan atau menyimpan monasit lain.

Laju dosis efektif tertinggi untuk daerah kerja adalah di lokasi penimbunan slag I, yaitu 8,99 mSv/tahun. Namun demikian, lokasi ini juga tidak sepenuhnya dapat dikatakan sebagai daerah kerja, karena pekerja yang datang ke

lokasi hanya satu orang dan hanya untuk menurunkan pasir *slag* I sebagai residu dari proses pencetakan.

Hasil pengukuran kadar torium total

Tabel 1. Laju dosis radiasi gamma di udara.

No.	Lokasi	Laju kerma ($\mu\text{Gy}/\text{jam}$)	Laju dosis efektif (mSv/tahun)
1.	PPBT, kantin	$0,222 \pm 0,001$	*)
2.	PPBT, area penimbunan bijih timah	$0,233 \pm 0,004$	0,48
3.	PPBT, area pemisahan bijih timah	$0,577 \pm 0,008$	1,10
4.	Pabrik, area pencetakan timah	$0,188 \pm 0,004$	0,39
5.	Pabrik, halaman <i>filter cooler</i>	$0,239 \pm 0,001$	0,50
6.	Penimbunan slag II	$3,446 \pm 0,027$	7,15
7.	Penimbunan slag I	$4,328 \pm 0,007$	8,99
8.	Pabrik, area <i>filter cooler</i>	$0,186 \pm 0,003$	0,39
9.	Laboratorium	$0,177 \pm 0,004$	0,37
10.	Bak air granulasi	$0,241 \pm 0,001$	0,50
11.	Pintu penimbunan monasit	$2,604 \pm 0,026$	5,41
12.	Jarak 1 m dari penimbunan monasit	$20,987 \pm 0,032$	43,57

*) Lihat teks

Tabel 2. Hasil pengukuran kadar torium total dan aktivitas alfa total.

No.	Lokasi	Kadar torium total ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Aktivitas alfa total (mBq/m^3)
1.	PPBT, kantin	ttd	< 0,11
2.	PPBT, area pemisahan bijih timah	$4,70 \pm 1,25$	$19,30 \pm 5,07$
3.	Pabrik, area pencetakan timah	ttd	< 0,11
4.	Pabrik, area <i>filter cooler</i>	$2,41 \pm 0,77$	$9,81 \pm 3,13$
5.	Penimbunan slag II	$2,09 \pm 0,83$	$8,51 \pm 3,38$
6.	Penimbunan slag I	$2,32 \pm 0,83$	$9,44 \pm 3,38$
7.	Bak air granulasi	ttd	< 0,11
8.	Penimbunan monasit	$1,47 \pm 0,59$	$5,98 \pm 2,40$

Keterangan :

- ttd : tidak terdeteksi
- Batas deteksi untuk kadar torium total adalah $0,0266 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- Batas konsentrasi terendah yang dapat dideteksi untuk aktivitas alfa total adalah $0,11 \text{ mBq}/\text{m}^3$

dan aktivitas alfa total di udara disajikan pada Tabel 2. Dari tabel terlihat bahwa hasil pengukuran kadar torium total di udara berkisar dari tidak terdeteksi (ttt) sampai $4,70 \pm 1,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Harga ini diperkirakan sama dengan aktivitas alfa total yang berkisar dari tidak terdeteksi ($< 0,11 \text{ mBq}/\text{m}^3$) sampai $19,30 \pm 5,07 \text{ mBq}/\text{m}^3$. Aktivitas alfa total terbesar diperoleh di area pemisahan bijih timah di PPBT.

^{228}Th merupakan radionuklida yang memiliki konsentrasi terbesar pada aktivitas alfa total di udara. Kadar tertinggi ^{228}Th di udara yang diizinkan untuk pekerja radiasi adalah $0,2 \text{ Bq}/\text{m}^3$, atau $200 \text{ mBq}/\text{m}^3$ [4]. Dari hasil pengukuran yang disajikan pada Tabel 2, dengan demikian, tampak bahwa aktivitas alfa total di udara pada semua lokasi masih jauh di bawah kadar tertinggi yang diizinkan.

Tabel 3 memperlihatkan tingkat kerja (WL, *working level*) radiasi radon (^{222}Rn) di beberapa lokasi daerah kerja. Tingkat kerja adalah konsentrasi energi alfa potensial (yaitu jumlah energi total per satuan volume udara dari partikel alfa yang dipancarkan pada peluruhan sempurna setiap atom dan turunannya) yang dihasilkan oleh turunan radon yang besarnya $1,3 \times 10^8 \text{ MeV m}^{-3}$, atau $2,1 \times 10^5 \text{ J m}^{-3}$. Meskipun radon memiliki waktu paro yang pendek ($T_{1/2} = 3,82$ hari), namun karena berbentuk gas dapat dihirup dan masuk ke dalam paru-paru, dan anak luruhnya yang seluruhnya merupakan radionuklida pemancar alfa menjadi sumber radiasi interna yang sangat berbahaya.

Pada Tabel 3 diberikan pula laju dosis efektif yang dihitung dari tingkat kerja radon. Dosis efektif ini dihitung dengan menggunakan faktor konversi $1 \text{ WLM} = 170 \text{ WL h}$, dan faktor konversi $1 \text{ WLM} = 5 \text{ mSv}$ untuk daerah kerja [5].

Dari Tabel 3 tampak bahwa tingkat kerja radon pada setiap lokasi bervariasi dari

$0,42 \cdot 10^{-3} - 2,45 \cdot 10^{-3} \text{ WL}$. Tingkat kerja radon yang diperoleh tersebut setara dengan laju dosis efektif dengan variasi $0,36 - 2,08 \text{ mSv}$.

Hasil pengukuran terbesar diperoleh pada lokasi pencetakan timah, yaitu $2,45 \cdot 10^{-3} \text{ WL}$, atau $0,417 \text{ WLM}$. Dengan faktor konversi $1 \text{ Bq m}^{-3} = 1,26 \cdot 10^{-3} \text{ WLM}$ untuk radon di daerah kerja [5], diperoleh konsentrasi radon maksimum sebesar $330,95 \text{ Bq m}^{-3}$.

IAEA merekomendasikan bahwa jika konsentrasi radon di daerah kerja mencapai 1000 Bq m^{-3} , perlu dilakukan tindakan intervensi untuk mengurangi penyinaran radon tersebut [5]. Data konsentrasi terbesar yang diperoleh masih di bawah nilai rekomendasi IAEA tersebut, sehingga tindakan intervensi masih belum perlu dilakukan.

Nilai batas dosis (NBD) yang ditetapkan untuk tidak boleh dilampaui oleh seorang pekerja radiasi adalah $50 \text{ mSv}/\text{tahun}$ [4]. NBD ini merupakan laju dosis efektif total penyinaran eksternal dan interna. Tabel 4

Tabel 3. Tingkat kerja di beberapa lokasi daerah kerja.

No.	Lokasi	Tingkat kerja (10^{-3} WL)	Laju dosis efektif (mSv/tahun)
1.	PPBT, area penimbunan timah	1,82	1,55
2.	PPBT, area pemisahan bijih timah	2,17	1,84
3.	Pabrik, area pencetakan timah	2,45	2,08
4.	Pabrik, area <i>filter cooler</i>	2,24	0,78
5.	Laboratorium	2,17	1,84
6.	Bak air granulasi	0,442	0,36

memberikan laju dosis efektif total yang merupakan penjumlahan dari laju dosis efektif penyinaran eksternal radiasi gamma dan laju dosis efektif penyinaran interna radon pada daerah kerja.

Komponen terbesar laju dosis efektif total adalah penyinaran interna radon. Meskipun data pada Tabel 4 memperlihatkan bahwa NBD belum dilampaui, namun tindakan

untuk mengurangi penerimaan dosis oleh pekerja radiasi, terutama yang berasal dari radon, perlu dilakukan. Tindakan yang telah diterapkan, yaitu penggunaan pelindung diri masker, sangat berguna untuk mengurangi penghirupan gas radon ini.

Tabel 4. Laju dosis efektif total.

No.	Lokasi	Laju dosis efektif total (mSv/tahun)
1.	PPBT, area penimbunan bijih timah	2,03
2.	PPBT, area pemisahan bijih timah	2,94
3.	Pabrik, area pencetakan timah	2,47
4.	Pabrik, area <i>filter cooler</i>	1,17
5.	Laboratorium	2,21
6.	Bak air granulasi	0,86

Hasil pengukuran radioaktivitas lingkungan di dalam contoh lingkungan pasir mineral, tanah, lumpur, debu dan air diberikan pada Tabel 5. Contoh pasir mineral umumnya mengandung radionuklida alam (^{228}Th , ^{226}Ra dan ^{40}K) lebih tinggi dibandingkan dengan contoh air dan tanah. Konsentrasi ^{226}Ra paling tinggi terkandung di dalam contoh pasir monasit, yaitu 10275,34 Bq/kg (10 kBq/kg), konsentrasi ^{228}Th paling tinggi terkandung di dalam contoh pasir zirkon *low grade*, yaitu 18078,41 Bq/kg (18 kBq/kg) dan konsentrasi ^{40}K tertinggi di dalam contoh pasir ilmenite, yaitu 4313,25 Bq/kg (4,3 kBq/kg). Tingkat konsentrasi ^{226}Ra , ^{228}Th dan ^{40}K di dalam contoh pasir mineral tersebut cukup wajar, karena memang kandungan radionuklida alamnya sangat tinggi.

Namun demikian, secara umum dapat dikatakan bahwa pasir monasit memiliki tingkat radioaktivitas paling tinggi dibanding dengan pasir mineral lain. Untuk itu maka keberadaan seseorang di dekat tumpukan monasit di area pemisahan bijih timah harus dibatasi sesingkat mungkin untuk mengurangi kemungkinan penerimaan dosis eksternal oleh orang tersebut.

Berdasarkan ketentuan yang berlaku, kadar tertinggi yang diizinkan untuk ^{226}Ra dan ^{228}Th di lingkungan air adalah $1 \cdot 10^4$ Bq/L dan $4 \cdot 10^3$ Bq/L untuk air tak larut [6]. Nilai batas ini dapat dibandingkan dengan data pengukuran untuk air *tailing* dan air granulasi. Sedang kadar tertinggi yang diizinkan untuk air larut adalah 4 Bq/L dan $3 \cdot 10^3$ Bq/L untuk ^{226}Ra dan ^{228}Th , yang dapat dibandingkan dengan pengukuran dari air penjernihan. Dari data pada Tabel 5 tampak bahwa nilai kadar tertinggi tidak dicapai oleh semua contoh air.

Untuk udara, kadar tertinggi yang diizinkan di lingkungan untuk ^{226}Ra dan ^{228}Th adalah $4 \cdot 10^5$ Bq/L dan $1 \cdot 10^5$ Bq/L untuk udara larut. Dari hasil pengukuran contoh debu *filter cooler* tampak bahwa nilai batas tidak dilampaui oleh contoh ini.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran yang telah dilakukan dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Tingkat penyinaran eksternal radiasi gamma berkisar antara 0,08 - 43,57 mSv/tahun. Namun demikian, nilai tertinggi dijumpai pada lokasi yang bukan daerah kerja, yaitu pada jarak 1 m dari penimbunan monasit.
2. Aktivitas alfa total di udara tertinggi sebesar 19,3 Bq/m³ dijumpai pada lokasi area pemisahan bijih timah di PPBT.
3. Tingkat penyinaran internal radiasi radon berkisar antara 0,36 - 2,08 mSv/tahun. Nilai tertinggi dijumpai pada area pencetakan timah di dalam pabrik.
4. Laju dosis efektif total pada daerah kerja berkisar antara 0,86 - 2,94 mSv/tahun. Nilai tertinggi dijumpai pada area pemisahan bijih timah di PPBT.
5. Pengukuran terhadap beberapa contoh lingkungan menunjukkan bahwa pasir mineral mengandung tingkat radioaktivitas yang lebih tinggi dibanding dengan contoh lain. Secara umum diperoleh bahwa pasir

monasit memiliki tingkat radioaktivitas tertinggi dibanding dengan pasir mineral lain.

dan tingkat radioaktivitas yang diperoleh masih di bawah nilai batas yang ditetapkan.

6. Jika dibandingkan dengan ketentuan keselamatan yang berlaku, nilai penyinaran

Tabel 5. Hasil pengukuran radioaktivitas di beberapa contoh lingkungan.

No.	Lokasi	Jenis contoh	Konsentrasi aktivitas Bq/kg atau Bq/L *)		
			²²⁶ Ra	²²⁸ Th	⁴⁰ K
1.	PPBT	Pasir mineral Pring	1456,21	1225,09	165,79
		Pasir mineral Kundur	375,29	252,14	67,71
		Pasir mineral Karimata	1705,68	4089,36	373,99
		Pasir <i>tailing</i>	607,09	613,69	60,13
		Pasir <i>tailing</i> HTS	1588,10	2116,08	24,48
		Pasir zirkon <i>low grade</i>	6112,12	18078,41	1256,26
		Pasir zirkon <i>high grade</i>	5128,00	15693,87	1101,44
		Pasir ilmenite	7633,30	7144,34	4313,25
		Pasir monasit	10275,34	13694,36	1052,49
		Tanah mushola kedalaman 5 cm	30,48	187,47	568,41
		Tanah mushola kedalaman 20 cm	33,58	128,46	835,92
		Tanah luar pagar timbunan monasit	570,33	659,95	32,14
		Air <i>tailing</i> *)	3,29	1,35	19,38
2.	WISMA PELTIM	Tanah wisma kedalaman 5 cm	24,59	54,12	70,26
		Tanah wisma kedalaman 20 cm	34,11	79,38	162,08
		Air penjernihan *)	< 0,05	0,49	8,88
3.	Penimbunan slag	Slag I	3622,90	5196,14	317,49
		Slag II	3535,47	5305,21	295,13
		Lumpur	2527,25	3882,38	251,97
4.	Pabrik peleburan timah	Debu <i>filter cooler</i>	39,96	29,45	79,79
		Air granulasi *)	0,14	0,16	7,57

Catatan :

*) Batas konsentrasi terendah yang dapat dideteksi untuk Ra-226 di air = 0,05 Bq/l.

PUSTAKA

1. HEWSON, G.S. Overview of Radiation Safety in the Tin By-Product (Amang) Industry of South East Asia, Health Phys. 71, 2 (1996) 225-234.
2. Mini Instruments Ltd. Manual, Environmental Radiation Meter Type 6-80, 1996.
3. ICRP. Conversion Coefficients for Use in Radiological Protection Against External Radiation. ICRP Publication 74. Pergamon Press, Oxford, 1996.
4. BATAN. Ketentuan Keselamatan Kerja Terhadap Radiasi. Keputusan Direktur Jenderal BATAN No. PN/03/160/DJ/89. BATAN, Jakarta, 1989.
5. IAEA. International Basic Safety Standards for Protection Against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources. Safety Series No. 115. IAEA, Vienna, 1996.
6. BATAN. Baku Tingkat Radioaktivitas di Lingkungan. Keputusan Direktur Jenderal BATAN No. 293/DJ/VII/1995. BATAN, Jakarta, 1995.

DISKUSI

Arifin S. Kustiono – BPTA

Saran. Mengingat di Pulau Bangka ada 2 (dua) lokasi penimbunan monazite yaitu di Mentok (PN. Timah) dan di Koba (PT. Kobatin) maka disarankan untuk juga melakukan pengukuran ditempat kedua tersebut, hal tersebut terutama menyangkut jumlah pasir monazite yang berjumlah jauh lebih banyak (~ 7 ribu ton) dan bertambah dari waktu kewaktu.

Eri Hiswara

Jika dana memungkinkan suatu saat juga akan dilakukan pengukuran di lokasi penimbunan monazite di Koba