UNIVERSITAS INDONESIA

REKOMENDASI KEBIJAKAN PENGAWASAN TENORM (*TECHNOLOGICALLY ENHANCED NATURALLY OCCURRING RADIOACTIVE MATERIALS*) PADA INDUSTRI FOSFAT TAHUN 2008

TESIS

Oleh :
GLORIA DOLORESSA
NPM : 0606021716

PROGRAM STUDI KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS INDONESIA

DEPOK, 2008

PROGRAM STUDI KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
Tesis, 16 Juli 2008

Gloria Doloressa, NPM.0606021716

Rekomendasi Kebijakan Pengawasan TENORM (*Technologically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Materials*) pada Industri Fosfat Tahun 2008

xii + 134 halaman, 19 tabel, 14 gambar, 8 lampiran.

ABSTRAK

Industri fosfat di Indonesia menggunakan batuan fosfat dari Jordania, Maroko, Mesir dan Cina yang merupakan hasil tambang yang mengandung TENORM (*Technologically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Materials*) yang umumnya terdiri atas ^{238}U, ^{232}Th, ^{228}Th, ^{226}Ra, ^{228}Ra, ^{40}K, ^{210}Pb, ^{210}Po, ^{222}Rn dan ^{220}Rn, yang mempunyai waktu paro sangat panjang. TENORM tersebut dapat memberikan kontribusi pajanan radiasi eksterna maupun interna kepada pekerja yang terlibat langsung dalam industri fosfat secara terus menerus.

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan rekomendasi kebijakan pengawasan terhadap TENORM pada industri fosfat. Penelitian menggunakan desain studi eksplorasi yang merupakan suatu penelitian dengan melakukan analisis kualitatif terhadap data yang dikumpulkan melalui wawancara maupun kajian literatur. Analisis data dilakukan melalui dua tahapan, yaitu melakukan perhitungan dengan menggunakan program RESRAD dan melakukan analisis literatur terhadap peraturan-peraturan yang terkait dengan TENORM, baik peraturan yang ada di Indonesia maupun di negara lain.

Dari hasil penelitian diperoleh bahwa konsentrasi aktivitas radionuklida yang terkandung di dalam TENORM pada umumnya melebihi 1 Bq/g, dan perkiraan nilai total dosis efektif yang diterima pekerja di daerah kerja pada umumnya melebihi 1 mSv per tahun.

Untuk itu, kebijakan pengawasan TENORM pada industri fosfat dapat diterapkan melalui koordinasi yang efektif dalam melindungi pekerja di industri fosfat antara BAPETEN (Badan Pengawas Tenaga Nuklir), selaku lembaga pengawas pemanfaatan tenaga nuklir, dengan badan pengawas terkait lainnya, seperti

DEPPERIN, DEPNAKERTRANS, KLH, ESDM, PEMDA. Selain itu, kebijakan tersebut juga dapat diterapkan melalui pelaksanaan intervensi dengan tindakan remedial atau perizinan, yang baru dapat diterapkan setelah melaksanakan pengkajian dan analisis lebih lanjut.

Daftar bacaan : 38 (1994-2008)

GRADUATE PROGRAM
ON THE OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH
FACULTY OF PUBLIC HEALTH
Theses, 16 July 2008

Gloria Doloressa, NPM.0606021716

Recommendations on the Regulatory Policy of TENORM (*Technologically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Materials*) in the Phosphate Industry in 2008

xii + 134 pages, 19 tables, 14 figures, 8 appendices.

ABSTRACT

The phosphate ores used in the phosphate industry in Indonesia are imported from Jordan, Marocco, Egypt, and China; ores that contain TENORM (*Technologically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Materials*) generally consisting of ^{238}U, ^{232}Th, ^{228}Th, ^{226}Ra, ^{228}Ra, ^{40}K, ^{210}Pb, ^{210}Po, ^{222}Rn and ^{220}Rn, whose half lives are very long. The TENORM can contribute to the internal and external radiation exposures to the workers directly and continuously involved in the phosphate industry.

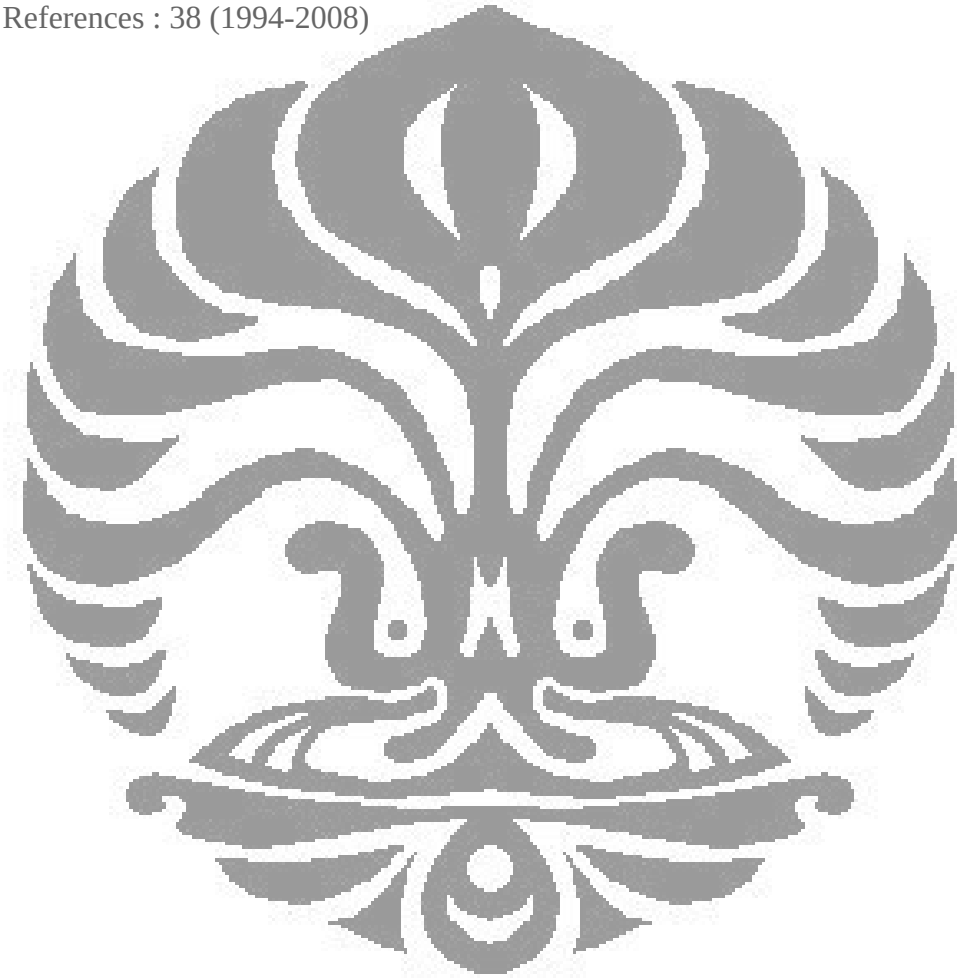
The objective of the study is to provide recommendations on the regulatory policy of TENORM in the phosphate industry. The exploration study design is used in the study and is conducted by qualitatively analyzing the data gathered from interviews and references. Data analysis is carried out by using RESRAD software for the calculation and by studying relevant regulations concerning TENORM in Indonesia and in other countries.

The results show that the activity concentrations of the radionuclides contained in the TENORM generally exceed 1 Bq/kg and the total estimated effective dose received by the workers in the working environment in general surpass 1 mSv/yr.

Therefore, the regulatory policy of TENORM in the phosphate industry can be implemented through an effective coordination between BAPETEN (Nuclear Energy Regulatory Agency), as the competent regulatory authority in the utilization of nuclear energy, and other regulatory authorities, such as DEPPERIN (Department of Industry), DEPNAKERTRANS (Department of Labor and Transmigration), KLH

(Ministry of Environment), ESDM (Department of Energy and Mineral Resources), and PEMDA (Provincial Government) with the aim to protect the workers in the phosphate industry. In addition, the policy can also be implemented through intervention by remedial action or through licensing, which can only be executed after further analysis and assessment.

References : 38 (1994-2008)



UNIVERSITAS INDONESIA

REKOMENDASI KEBIJAKAN PENGAWASAN TENORM (*TECHNOLOGICALLY ENHANCED NATURALLY OCCURRING RADIOACTIVE MATERIALS*) PADA INDUSTRI FOSFAT TAHUN 2008

Tesis ini diajukan sebagai
salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar
MAGISTER KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA

Oleh :
GLORIA DOLORESSA
NPM : 0606021716

PROGRAM STUDI KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS INDONESIA

DEPOK, 2008

PERNYATAAN PERSETUJUAN

Tesis dengan judul,

REKOMENDASI KEBIJAKAN PENGAWASAN TENORM (*TECHNOLOGICALLY ENHANCED NATURALLY OCCURRING RADIOACTIVE MATERIALS*) PADA INDUSTRI FOSFAT TAHUN 2008

Telah disetujui, diperiksa dan dipertahankan dihadapan Tim Penguji Tesis Program Pascasarjana Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia

Depok, 16 Juli 2008

Pembimbing

(DR. Ir. Sjahrul Meizar Nasri, MSc in Hyg.)

PANITIA SIDANG UJIAN TESIS
PROGRAM STUDI KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS INDONESIA

Depok, 16 Juli 2008

Ketua

(DR. Ir. Sjahrul Meizar Nasri, MSc in Hyg.)

Anggota

(Hendra, SKM., MKKK)

(DR. Robiana Modjo, SKM., M.Kes.)

(DR. Drs. Syahrir, MSc)

SURAT PERYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya :

Nama : Gloria Doloressa

NPM : 0606021716

Program Studi : Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Angkatan : 2006 - 2008

Jenjang : Magister

menyatakan bahwa saya tidak melakukan kegiatan plagiat dalam penulisan tesis saya yang berjudul :

"REKOMENDASI KEBIJAKAN PENGAWASAN TENORM (*TECHNOLOGICALLY ENHANCED NATURALLY OCCURRING RADIOACTIVE MATERIALS*) PADA INDUSTRI FOSFAT TAHUN 2008"

Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya akan menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Depok, 16 Juli 2008

(Gloria Doloressa)

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum. Syukur Alhamdulillah Penulis panjatkan kepada ALLAH SWT yang telah memberikan rezeki dan rahmatnya kepada Penulis untuk dapat memperoleh kesempatan pendidikan tingkat Magister di Universitas Indonesia.

Terimakasih sebanyak-banyaknya dengan hati tulus ikhlas Penulis sampaikan kepada :

1. Bapak Sjahrul Meizar Nasri, DR., Ir., MSc in.Hyg., selaku Dosen Pembimbing Tesis yang telah dengan sabar memberikan bimbingannya kepada Penulis.
2. Bapak Hendra, SKM., MKKK., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan waktunya untuk menguji Penulis.
3. Ibu Robiana Modjo, DR., SKM., M.Kes., selaku Dosen Penguji yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk menguji Penulis.
4. Bapak Syahrir, DR., Drs., MSc., selaku Dosen Penguji yang telah meluangkan waktu diantara kesibukannya untuk menguji Penulis.
5. Bapak Ridwan Z. Sjaaf, Drs.Psi., MPH, selaku Ketua Departemen K3 FKM-UI.
6. Bapak As Natio Lasman, DR., selaku Kepala BAPETEN yang telah memberikan izin kepada Penulis untuk dapat mengikuti pendidikan S2.
7. Ibu Suryawati, Ir., M.Si., selaku Kepala P2STPFRZR yang telah memberikan semangatnya kepada Penulis untuk menjalani pendidikan dengan penuh kesabaran dan keyakinan.
8. Ibu Noviyanti Noor, Dra., selaku Direktur P2FRZR yang telah menyisihkan waktu rapatnya untuk berbagi informasi kepada Penulis.
9. Bapak Martua Sinaga, Drs. MM., selaku Direktur PFRZR yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan informasi yang berguna kepada Penulis.
10. Bapak Yus Rusdian Akhmad, DR.Eng., selaku Kepala Bidang PIP-P2STPFRZR yang telah memberikan waktu disela-sela kesibukannya kepada Penulis untuk berdiskusi tentang TENORM.
11. Bapak Sucipta, Ir., M.Si., dari PTLR-BATAN yang telah memberikan waktunya untuk berbagi ilmu kepada Penulis.

Rekomendasi kebijakan..., Gloria Doloressa, FKM UI, 2008

12. Bapak Dadong Iskandar, Dr.Eng., Bapak Syarbaini, M.Eng., Bapak Drs. Bunawas, APU dari PTKMR-BATAN yang telah memberikan ilmu TENORMnya kepada Penulis selama wawancara.
13. Yang tersayang dan tiada bandingannya, Papa, Mama dan Adik yang selalu memberikan doa-doanya untuk Penulis agar selalu kuat dalam menjalani kehidupan.
14. Anri "Abang" A. Ridwan, dengan persahabatan sejatinya telah membantu Penulis dalam penterjemahan.
15. Erni Purwito Sari, sebagai sahabat dalam berbagi suka dan duka dengan Penulis.
16. Mbak Irma PUSKA-K3 dengan kerelaan hatinya untuk berbagi kamar kost-an dan camilannya selama Penulis mengikuti pendidikan S2.
17. Bapak Parjo dan Ibu Tri di Departemen K3 FKM-UI yang telah membantu proses administrasi selama Penulis pendidikan S2.
18. Seluruh dosen dan staf Departemen K3 FKM-UI yang telah membantu Penulis selama memperoleh pendidikan S2.
19. Rekan-rekan sesama mahasiswa program studi K3 FKM-UI yang selalu saling memberi semangat dalam menyelesaikan tesis ini.
20. Semua pihak yang tidak dapat Penulis sebutkan satu persatu, atas dukungan dan bantuannya selama Penulis pendidikan dan penyelesaian tesis ini.

Jakarta, 16 Juli 2008

Penulis

Rekomendasi kebijakan..., Gloria Doloressa, FKM UI, 2008

DAFTAR ISI

Judul Halaman

ABSTRAK
HALAMAN JUDUL
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING
LEMBAR PERSETUJUAN PENGUJI
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT
RIWAYAT HIDUP

KATA PENGANTAR i
DAFTAR ISI iii
DAFTAR TABEL vi
DAFTAR GAMBAR viii
DAFTAR ISTILAH ix

BAB 1. PENDAHULUAN
1.1. Latar Belakang 1
1.1. Perumusan Masalah 5
1.3. Pertanyaan Penelitian 6
1.4. Tujuan Penelitian 6
1.5. Manfaat Penelitian 6
1.6. Ruang Lingkup 7

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA
2.1. Kebijakan 8
2.2. Pengertian NORM/TENORM 10
2.3. Peraturan NORM/TENORM 11
2.3.1. Peraturan Luar Negeri 11
2.3.2. Peraturan di Indonesia 22

Rekomendasi kebijakan..., Gloria Doloressa, FKM UI, 2008

2.4. Peraturan Lingkungan Hidup 27
2.5. Peraturan Keselamatan dan Kesehatan Kerja 28
2.6. Keberadaan TENORM 33
2.7. Risiko TENORM 37
2.7.1. Efek Biologi Radiasi pada Tubuh 40
2.7.2. Jalur Masuk Radiasi TENORM ke Tubuh Manusia 46
2.8. TENORM pada Industri 47
2.9. TENORM di Industri Fosfat 61
2.10. Penentuan Risiko Radiasi TENORM dan Pengukurannya 68
2.11. Program RESRAD 72
2.11.1. Kriteria Pembebasan Radiologi 73
2.11.2. Faktor Konversi Dosis 73
2.11.3. Faktor Transpor Lingkungan 74
2.11.4. Faktor Sumber 75
2.11.5. Total Dosis Efektif 76

BAB 3. KERANGKA KONSEP DAN DEFINISI OPERASIONAL
3.1. Kerangka Konsep 77
3.2. Definisi Operasional 77
3.2.1. Unit Input 77
3.2.2. Unit Proses 79
3.2.3. Unit Output 79

BAB 4. METODOLOGI
4.1. Desain Penelitian 81
4.2. Waktu dan Lokasi Penelitian 81
4.3. Teknik Pengumpulan Data 81
4.4. Jenis Data 82
4.4.1. Data Primer 82
4.4.2. Data Sekunder 83
4.5. Pengolahan Data 83
4.6. Analisis Data 84
4.6.1. Program RESRAD 84

Rekomendasi kebijakan..., Gloria Doloressa, FKM UI, 2008

4.6.2. Kajian Literatur 85

BAB 5. HASIL PENELITIAN

5.1. Karakteristik Informan 88

5.2. Hasil Wawancara 89

5.2.1. Hasil Wawancara dengan BAPETEN 89

5.2.2. Hasil Wawancara dengan Badan Pelaksana (BATAN) 94

5.3. TENORM pada Indsutri Fosfat di Indonesia 96

5.3.1. Hasil Pengukuran Radon dan Radiasi Gamma 98

5.3.2. Nilai Total Dosis Efektif dari Program RESRAD 100

BAB 6. PEMBAHASAN

6.1. Analisis Hasil Penelitian 102

6.1.1. Nilai Total Dosis Efektif TENORM 102

6.1.2. Penelitian di Indonesia 105

6.1.3. Penelitian di Luar Negeri 107

6.2. Peraturan Terkait TENORM 108

6.2.1. Peraturan di Indonesia 108

6.2.2. Peraturan di Luar Negeri 113

6.3. Rekomendasi 129

BAB 7. KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. Kesimpulan 131

7.2. Saran 132

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

Rekomendasi kebijakan..., Gloria Doloressa, FKM UI, 2008

DAFTAR TABEL

Nomor Tabel		Halaman
2.1.	Perbandingan Nilai Aktivitas Total Radioaktif Untuk Tingkat Pengecualian di Australia	18
2.2.	Klasifikasi dan Tindakan yang Diusulkan Terhadap Bahan yang Mengandung NORM/TENORM	19
2.3.	Rata-Rata Dosis Ekivalen Efektif Radiasi Alam Secara Umum	37
2.4.	Perkiraan Risiko Kanker dan Efek Pewarisan pada Populasi Terpajan Radiasi	42
2.5.	Dosis TLD di Lingkungan Produksi Asam Fosfat pada Tahun 1992-1996	43
2.6.	Laju Dosis Efektif per Tahun di Sekitar Industri Fosfat pada Tahun 2004	44
2.7.	Radionuklida Alam yang Memerlukan *Review* untuk Pengawasan	45
2.8.	Identifikasi TENORM pada Industri di Indonesia pada Tahun 2006	47
2.9.	Ringkasan NORM dalam Industri dan Bahan di Australia	51
2.10.	Hasil Survei/Status Penggunaan Mineral Termasuk Uranium dan Torium di Jepang	57
2.11.	Konsentrasi Beberapa Radionuklida pada Industri Pupuk Fosfat	63
2.12.	Kadar ^{238}U, ^{232}Th, dan ^{226}Ra dalam Sedimen dari Perairan Beberapa Negara	64
2.13.	Kadar ^{238}U, ^{226,} Ra^{232}, Th, ^{40}K dalam Batuan Fosfat dan Hasil Pengolahannya pada Industri	

Rekomendasi kebijakan..., Gloria Doloressa, FKM UI, 2008

	Fosfat Tahun 1994	65
2.14.	Hasil Pengukuran Pajanan Radiasi Gamma pada Industri Fosfat	66
5.1.	Karakteristik Informan Berdasarkan Pendidikan, Masa Kerja dan Jabatan pada Tahun 2008	88
5.2.	Nilai Dosis Radiasi Gamma Pekerja di Industri Fosfat Tahun 2006	98
5.3.	Nilai Dosis Iinhalasi Pekerja di Industri Fosfat Tahun 2006	99
5.4.	Konsentrasi Radionuklida Sampel Limbah Kapur dan Gips Tahun 2006	100
5.5.	Nilai Total Dosis Efektif Pekerja pada Industri Fosfat dengan Program RESRAD	101

Rekomendasi kebijakan..., Gloria Doloressa, FKM UI, 2008

DAFTAR GAMBAR

Nomor Gambar		Halaman
2.1.	Peluruhan Radioaktif Uranium-238	35
2.2.	Peluruhan Radioaktif Torium-232	35
2.3.	*Slag* TENORM	36
2.4.	*Sludge* TENORM	36
2.5.	Cairan Limbah TENORM	36
2.6.	*Scale* TENORM	36
2.7.	Peta Sebaran Pajanan Radiasi di Pulau Jawa	40
2.8.	Jalur Masuk Radionuklida ke dalam Tubuh	47
2.9.	Produksi Fosfor oleh Proses Panas	62
2.10.	Surveimeter Tingkat Radiasi Gamma	69
2.11.	Surveimeter Tingkat Kontaminasi	69
2.12.	Spektrometer *Gamma In Situ*	70
2.13.	Pengambilan Sampel TENORM	71
3.1.	Gambar Kerangka Konsep	80

Rekomendasi kebijakan..., Gloria Doloressa, FKM UI, 2008

DAFTAR ISTILAH

Aktivitas	:	Jumlah zat radioaktif yang melakukan peluruhan (disintegrasi) setiap satuan waktu. Satuan aktivitas adalah Becquerel (Bq) atau Curie (Ci), 1 Ci = 3,7 x 10^{10} Bq.
Badan Pelaksana	:	Badan yang bertugas melaksanakan pemanfaatan tenaga nuklir.
Bahaya radiasi	:	Situasi atau kondisi yang dapat menimbulkan efek merusak akibat kesengajaan, kecelakaan dalam pekerjaan atau radiasi alam.
Dosis (*Dose*)	:	Pengertian dosis dalam proteksi radiasi adalah jumlah radiasi yang terdapat dalam medan radiasi atau jumlah energi radiasi yang diserap atau diterima oleh materi.
Dosis efektif	:	Besaran dosis yang khusus digunakan dalam proteksi radiasi yang nilainya adalah jumlah perkalian ekivalen yang diterima jaringan (H_T) dengan faktor bobot jaringan (W_T).
Hasil samping	:	Materi radioaktif yang terbentuk selama proses berlangsung.
Keselamatan radiasi	:	Kondisi yang diatur agar efek radiasi pada makhluk hidup tidak melampaui batas yang telah ditentukan.
Kesetimbangan radioaktif (r*adioactive equilibrium*)	:	Keadaan kecepatan timbulnya radionuklida anak sama dengan kecepatan peluruhannya.
Konsentrasi aktivitas	:	Aktivitas zat dibagi volumenya.
Nilai Batas Dosis (NBD)	:	Dosis terbesar yang diizinkan oleh BAPETEN yang dapat diterima oleh pekerja radiasi dan anggota masyarakat dalam jangka waktu tertentu tanpa menimbulkan efek genetik dan somatik yang

Rekomendasi kebijakan..., Gloria Doloressa, FKM UI, 2008

		berakibat dari pemanfaatan tenaga nuklir.
Pajanan eksterna	:	Dosis radiasi yang diterima dari sumber yang berada di luar tubuh.
Pajanan interna	:	Dosis radiasi yang diterima dari sumber yang berada di dalam tubuh.
Pajanan masyarakat	:	Pajanan yang berasal dari sumber radiasi yang diterima oleh anggota masyarakat termasuk pajanan yang berasal dari sumber dan pemanfaatan yang telah memperoleh izin dan situasi intervensi tetapi tidak termasuk pajanan kerja atau pajanan medik dan radiasi latar setempat yang normal.
Partikel alfa (α)	:	Partikel bermuatan positif yang dipancarkan oleh beberapa unsur radioaktif. Partikel alfa ialah satu dari tiga jenis radiasi (alfa, beta gamma).
Partikel beta (β)	:	Partikel elementer bermuatan negatif yang dipancarkan oleh inti pada waktu peluruhan radioaktif.
Pathways model	:	Deskripsi matematik untuk menentukan besar dan arah transpor radionuklida dalam komponen ekosistem seperti jalur transpor melalui udara, air tanah, air permukaan, tanaman dan hewan.
Pekerja radiasi	:	Setiap orang yang bekerja di instalasi nuklir atau instalasi radiasi pengion yang diperkirakan menerima dosis tahunan melebihi dosis masyarakat umum.
Pengelolaan limbah radioaktif	:	Pengumpulan, pengelompokan, pengolahan, pengangkutan, penyimpanan, dan atau pembuangan limbah radioaktif.
Pengelolaan lingkungan hidup	:	Upaya terpadu untuk melestarikan fungsi lingkungan hidup yang meliputi kebijksanaan penataan, pemanfaatan, pengembangan, pemeliharaan, pemulihan, pengawasan dan pengendalian

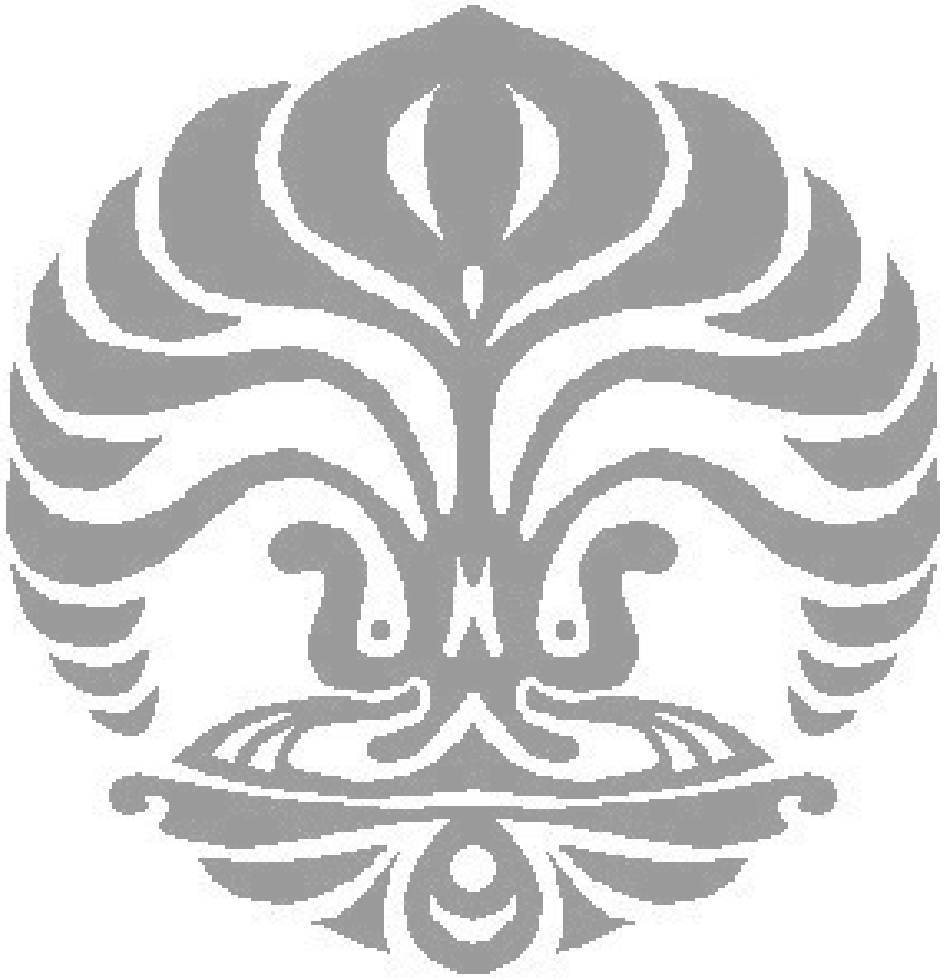
Rekomendasi kebijakan..., Gloria Doloressa, FKM UI, 2008

lingkungan hidup.

Petugas Proteksi Radiasi	:	Petugas yang ditunjuk oleh pemegang izin dan oleh BAPETEN dinyatakan mampu melaksanakan pekerjaan yang berhubungan dengan proteksi radiasi.
Proteksi radiasi	:	Semua tindakan yang dilakukan untuk mengurangi pengaruh radiasi yang merusak terhadap manusia akibat pajanan radiasi, juga disebut proteksi radiologik.
Radiasi latar (BG)	:	Radiasi yang terdapat dalam lingkungan alam, termasuk sinar kosmik dan radiasi dari unsur radioaktif alam, di luar dan di dalam tubuh manusia, hewan serta tumbuhan.
Radiasi pengion	:	Radiasi elektromagnetik atau partikel bermuatan yang karena energi yang dimilikinya mampu mengionisasi materi yang dilaluinya, misalnya sinar-X, sinar alfa, sinar beta, sinar gamma, dan lain-lain.
Radioaktivitas	:	Peluruhan spontan isotop tak stabil menjadi isotop lain disertai pemancaran radiasi.
Radionuklida	:	Istilah umum untuk semua atom unsur yang dibedakan menurut nomor atom, nomor massa, dan tingkat energi. Radon (Rn) : Unsur gas radioaktif alam dengan nomor atom 86 dan nomor 222. Isotop ini adalah luruhan dari deret radioaktif uranium, sedang yang bermassa 220 berasal dari deret radioaktif torium.
Rantai radioaktif	:	Rantai peluruhan radionuklida sehingga menjadi nuklida stabil.
Rem (rem)	:	Satuan dosis radiasi pengion yang dapat menimbulkan efek biologis yang setara dengan satuan dosis terserap dari sinar-X.
Roentgen (R)	:	Satuan dosis pajanan radiasi gamma atau sinar-X.

Rekomendasi kebijakan..., Gloria Doloressa, FKM UI, 2008

Sievert (Sv)	:	Satuan dosis ekivalen.
Tingkat intervensi	:	Tingkat dosis yang dapat dihindari dengan melakukan tindakan protektif atau remedial untuk situasi pajanan kronik atau pajanan darurat.
Umur paro	:	Waktu yang diperlukan bahan radioaktif meluruh menjadi separuh jumlah awalnya.



Rekomendasi kebijakan..., Gloria Doloressa, FKM UI, 2008

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Setiap pemanfaatan tenaga nuklir (radiasi pengion) di bidang industri perlu pengawasan yang cermat agar selalu mengikuti ketentuan keselamatan nuklir sehingga dalam pemanfaatan tenaga nuklir tersebut tidak menimbulkan bahaya radiasi terhadap pekerja, masyarakat dan lingkungan hidup. Pengawasan dilakukan sejak proses awal pemanfaatan sampai dengan akhir pengelolaan limbah sesuai dengan Undang-Undang Republik Indonesia No.10 tahun 1997 tentang Ketenaganukliran dan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.33 tahun 2007 tentang Keselamatan Radiasi Pengion dan Keamanan Sumber Radioaktif.

Beberapa industri pada awal proses pemanfaatan tidak memanfaatkan zat radioaktif, namun dalam kegiatannya industri tersebut memanfaatkan bahan baku yang berasal dari dalam bumi yang dapat menyebabkan terjadinya peningkatan konsentrasi radionuklida alam. Berbagai radionuklida alam yang terkandung dalam batuan pada kulit bumi selama proses kegiatan pengolahan dan pemanfaatannya berlangsung termobilisasi yang pada akhirnya membentuk produk samping berupa bahan radioaktif. Bahan radioaktif yang terbentuk ini disebut *Technologically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Materials* (TENORM) (Heaton, B. and Lambley, J., 1995).

TENORM dapat memberikan kontribusi pajanan radiasi eksterna maupun interna terhadap pekerja maupun masyarakat di sekitar lokasi industri tersebut.

Rekomendasi kebijakan..., Gloria Doloressa, FKM UI, 2008

Pajanan radiasi eksterna diperoleh pekerja ataupun masyarakat karena fasilitas industri tersebut sudah terkontaminasi oleh TENORM. Sedangkan pajanan radiasi interna diterima melalui pernafasan, makanan dan minuman yang sudah terkontaminasi oleh TENORM tersebut.

Apabila seseorang menghirup udara yang mengandung partikel radioaktif, meminum air dan memakan makanan yang sudah mengandung radioaktif ataupun mengadakan kontak langsung secara terus menerus maka akan mempunyai risiko terkena penyakit kanker atau masalah kesehatan lainnya. Hal ini disebabkan oleh karena sifat radiasi yang dapat menimbulkan efek negatif terhadap makhluk hidup dan lingkungannya.

Hasil penelitian menyebutkan bahwa beberapa tahun setelah kecelakaan Pembangkit Tenaga Nuklir Chernobyl, terjadi peningkatan kasus kanker tiroid pada anak-anak Belarusia yang terkena radiasi pada saat kecelakaan tersebut (Wiharto, 1999).

Berdasarkan studi epidemiologi, kanker kulit di daerah wajah banyak dijumpai pada para penambang uranium akibat pajanan radiasi dari debu uranium yang menempel pada wajah. Selain itu, karena selama melakukan aktivitasnya para pekerja tambang juga menghirup gas radon sebagai hasil luruh uranium, banyak pula yang mengalami kanker paru. Kanker tulang banyak terjadi pada pekerja pabrik jam sebagai akibat dari penggunaan bahan berpendar. Berdasarkan pengamatan pada para korban bom atom di Hiroshima dan Nagasaki, leukemia merupakan efek stokastik tertunda pertama yang terjadi setelah pajanan radiasi seluruh tubuh dengan masa laten sekitar 2 tahun dengan puncaknya setelah 6-7 tahun (BATAN, 2002).

Walaupun penelitian ini belum merupakan efek pasti dari radiasi namun hendaknya perlu diwaspadai karena pada tahun 1906 Bergonie dan Tribondeau menemukan bahwa sel darah paling sensitive terhadap pajanan radiasi (*NIRS*, 1998).

Beberapa penelitian melaporkan bahwa TENORM dapat memberikan kontribusi kenaikan radioaktif alam di lingkungan, sebagai contoh adalah industri pupuk fosfat di Roterdam Belanda yang telah menyebabkan terlepasnya sejumlah bahan radioaktif alam seperti ^{238}U, ^{226}Ra, ^{210}Pb dan ^{210}Po ke lingkungan. Sebagai akibatnya ikan-ikan yang berasal dari sungai Rhein tempat pembuangan TENORM mengandung ^{210}Pb sebanyak 10-50 Bq/kg dan nilai tersebut jauh lebih tinggi 4 – 5 kali dibandingkan dengan ikan-ikan pada kawasan lain. Di samping itu telah terjadi pula kenaikan dosis efektif individual yang mencapai 150 μSv, ^{226}Ra yang terdapat pada contoh air dan sedimen pada sungai Rhein mencapai 10-50 kali lebih tinggi dibandingkan dengan kawasan lain. Industri pupuk fosfat di Spanyol juga dilaporkan telah membuang limbah cairnya ke pesisir Tinto dan sungai Odiel. Sebagai akibatnya dosis efektif tahunan untuk kelompok kritis dilaporkan telah mencapai 60 μSv, terutama melalui jalur konsumsi ikan dan *crustacean* (Martinez Aquire, A., Garcia Leon, M., 1995).

Untuk menghindari risiko terhadap dari efek negatif ini, maka pengelolaan TENORM perlu mendapat perhatian, karena radioaktif yang terkandung di dalam TENORM pada umumnya adalah ^{238}U, ^{232}Th, ^{228}Th, ^{226}Ra, ^{228}Ra, ^{40}K, ^{210}Pb, ^{210}Po, ^{222}Rn dan ^{220}Rn. TENORM yang terkandung dalam komponen-komponen ini terdiri dari radionuklida alam yang mempunyai umur paro sangat panjang. (BAPETEN, 2006)

Mekanisme pembentukan TENORM pada setiap industri berbeda-beda tergantung pada jenis kegiatan industri tersebut. Di Indonesia terdapat beberapa industri yang berpotensi menghasilkan TENORM seperti industri fosfat, pembangkit listrik tenaga batubara, minyak-gas bumi, pengolahan air minum, tambang mineral seperti tambang timah, *monazite* dan lain-lain.

Dalam beberapa tahun terakhir, produksi TENORM di bidang industri telah meningkat dengan sangat pesat seiring dengan pesatnya pertumbuhan industri-industri tersebut. TENORM yang berupa padatan, cairan, gas ataupun partikulat yang mengandung TENORM, mempunyai potensi dalam memberikan dampak radiologi terhadap pekerja, masyarakat dan lingkungan apabila terlepas ke lingkungan sehingga pengelolaan TENORM perlu mendapat pengawasan.

Pengelolaan TENORM merupakan salah satu aspek penting dalam keselamatan radiasi yang bertujuan untuk membatasi pajanan terhadap masyarakat dan pekerja terhadap radiasi pengion dan melindungi lingkungan dari pelepasan radioaktivitas alam atau peningkatan konsentrasi radioaktivitas alam.

Industri di Indonesia banyak yang memanfaatkan bahan baku yang berasal dari dalam bumi yang dapat menyebabkan terjadinya peningkatan konsentrasi radionuklida alam atau dikenal dengan sebutan TENORM. Pada saat kegiatan industri tersebut berlangsung maka radiasi TENORM dapat memberikan kontribusi pajanan secara eksternal maupun internal kepada para pekerja, masyarakat dan lingkungan hidup. Dengan demikian proses kerja pada industri ini juga menghasilkan sumber radioaktif yang seharusnya mendapat perlakuan sama dengan industri yang memanfaatkan sumber radioaktif.

Salah satu industri yang memanfaatkan bahan baku yang berasal dari dalam bumi adalah industri fosfat dengan kapasitas produksi pupuk fosfat sebesar 2500 ton pertahun, sehingga TENORM yang dihasilkan pun cukup banyak. TENORM yang dihasilkan oleh industri fosfat ini berpotensi meningkatkan pajanan terhadap pekerja, masyarakat dan lingkungan hidup. Untuk itu diperlukan adanya pengelolaan terhadap TENORM tersebut supaya dampak negatif dari radiasi dapat dihindari.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 33 tahun 2007 tentang Keselamatan Radiasi Pengion dan Keamanan Sumber Radioaktif disebutkan bahwa pajanan radiasi yang dihasilkan oleh TENORM merupakan pajanan kronik. Namun sampai saat ini, Badan Pengawas belum menetapkan suatu kebijakan pengawasan TENORM dalam pengelolaan TENORM. Oleh karena itu, dalam upaya untuk mengurangi dampak negatif akibat pajanan radiasi TENORM tersebut maka BAPETEN sebagai Badan Pengawas diharapkan menetapkan pengawasan TENORM baik melalui peraturan, perizinan dan inspeksi.

1.2. Perumusan Masalah

TENORM yang dihasilkan oleh kegiatan industri mempunyai potensi terhadap pajanan radiasi eksterna dan interna yang dapat menimbulkan efek negatif bagi pekerja, masyarakat maupun lingkungan hidup. Saat ini Badan Pengawas belum melakukan pengawasan terhadap industri penghasil TENORM, termasuk salah satunya adalah industri fosfat. Berdasarkan hal tersebut maka Badan Pengawas hendaknya menetapkan dan melakukan pengawasan terhadap TENORM yang dihasilkan, dalam upaya melakukan perlindungan keselamatan dan kesehatan bagi pekerja, masyarakat dan lingkungan hidup.

1.3. Pertanyaan Penelitian

Kebijakan pengawasan TENORM seperti apakah yang diperlukan oleh Badan Pengawas sebagai upaya untuk melakukan pengawasan terhadap industri fosfat yang dalam kegiatannya menghasilkan TENORM ?

1.4. Tujuan

1.4.1. Tujuan Umum

Mengetahui kebijakan pengawasan yang diperlukan oleh Badan Pengawas dalam melakukan pengawasan TENORM untuk industri fosfat yang di dalam kegiatannya menghasilkan TENORM.

1.4.2. Tujuan Khusus

1. Diperolehnya jumlah konsentrasi radionuklida yang terkandung di dalam TENORM.
2. Diperolehnya nilai total dosis efektif dari TENORM pada daerah kerja, masyarakat dan lingkungan hidup.
3. Diperolehnya informasi tentang kebijakan pengawasan TENORM yang dilakukan oleh beberapa negara.

1.5. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberi informasi yang bermanfaat bagi Badan Pengawas dalam upaya menetapkan kebijakan pengawasan TENORM untuk industri fosfat yang di dalam melakukan kegiatannya menghasilkan TENORM.

Dari penelitian ini pula diharapkan dapat memberikan informasi tentang pengelolaan TENORM kepada pihak industri yang di dalam kegiatannya menghasilkan TENORM.

1.6. Ruang Lingkup

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan gambaran kebijakan pengawasan TENORM yang diperlukan untuk industri fosfat di Indonesia yang merupakan satu-satunya industri fosfat di Indonesia yang bergerak dalam bidang produksi pupuk fosfat dan menghasilkan TENORM di dalam kegiatannya.

Pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian ini adalah melalui data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui melalui wawancara dengan beberapa informan dari BAPETEN dan Badan Pelaksana (BATAN). Data sekunder diperoleh melalui observasi dokumen terhadap data pengukuran pajanan radiasi TENORM yang dilakukan oleh BATAN dan BAPETEN tahun 2006 dan 2007.

Dalam penelitian ini dilakukan perhitungan dengan menggunakan program RESRAD dan analisis literatur terhadap peraturan-peraturan yang terkait dengan TENORM baik peraturan yang ada di Indonesia maupun di negara lain. Analisis literatur bertujuan untuk memperoleh informasi yang diperlukan dalam kebijakan pengawasan TENORM yang dapat digunakan sebagai referensi oleh Badan Pengawas untuk melaksanakan pengawasan TENORM.

Terhadap data yang diperoleh akan dilakukan analisis yang mengarah pada kesimpulan dan rekomendasi kebijakan pengawasan TENORM. Pembahasan dilakukan dengan cara membandingkan hasil penelitian dengan peraturan yang relevan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kebijakan

Secara etiomologis, istilah *policy* (kebijakan) berasal dari bahasa Yunani, Sansekerta dan Latin. Akar kata dalam bahasa Yunani dan Sansekerta *polis* (negara-kota) dan *pur* (kota) dikembangkan dalam bahasa Latin menjadi *politia* (negara) dan akhirnya dalam bahasa Inggris Pertengahan *policie*, yang berarti menangani masalah-masalah publik atau administrasi pemerintahan (Dunn, 2000).

Kebijakan publik adalah suatu tindakan yang mengarah pada tujuan yang diusulkan oleh seseorang, kelompok atau Pemerintah dalam lingkungan tertentu sehubungan dengan adanya hambatan-hambatan tertentu seraya mencari peluang-peluang untuk mencapai tujuan atau mewujudkan sasaran yang diinginkan (Carl J.Friedrich, dikutip dalam Wahab, 2005).

Kebijakan negara sebagai suatu tindakan bersanksi yang mengarah pada suatu tujuan tertentu yang diarahkan pada suatu masalah atau sekelompok masalah tertentu yang saling berkaitan yang mempengaruhi sebagian masyarakat (Chief JO.Udoji, dikutip dalam Wahab, 2005).

Ide kebijakan bukanlah suatu istilah yang pasti atau swabukti (*self-evident*). Tetapi kebijakan (*policy*) adalah istilah yang tampaknya banyak disepakati bersama. Dalam penggunaannya yang umum, istilah kebijakan dianggap berlaku untuk sesuatu yang "lebih besar" ketimbang keputusan tertentu, tetapi "lebih kecil" ketimbang gerakan sosial. Jadi, kebijakan dari sudut pandang dari tingkat analisis, adalah

Rekomendasi kebijakan..., Gloria Doloressa, FKM UI, 2008

sebuah konsep yang kurang lebih berada ditengah-tengah. Elemen kedua dan esensial yang terkandung dalam penggunaan istilah itu oleh kebanyakan penulis adalah aspek tujuan (Hugh Heclo, dikutip dalam Parsons, 2005).

Sepuluh penggunaan istilah "kebijakan" dalam pengertian modern (Brian W. Hogwood dan Lewis A. Gunn, dikutip dalam Parsons, 2005) :

1. Sebagai label untuk sebuah bidang aktivitas
2. Sebagai ekspresi tujuan umum atau aktivitas negara yang diharapkan
3. Sebagai proposal spesifik
4. Sebagai keputusan pemerintah
5. Sebagai pengawasan formal
6. Sebagai sebuah program
7. Sebagai output
8. Sebagai "hasil" (*outcome*)
9. Sebagai teori atau model
10. Sebagai sebuah proses.

Pengertian kebijakan menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) adalah "rangkaian konsep dan asas yang menjadi garis besar dan dasar rencana dalam pelaksanaan suatu pekerjaan, kepemimpinan dan cara bertindak (tentang pemerintahan, organisasi dan sebagainya), pernyataan cita-cita, tujuan, prinsip atau maksud sebagai garis besar pedoman untuk manajemen dalam usaha mencapai sasaran, garis haluan". Dalam Sistem Administrasi Negara Kesatuan Republik Indonesia, kebijakan merupakan produk suatu proses yang pada pokoknya terdiri dari kegiatan formulasi, implementasi dan evaluasi kinerja kebijakan (Rachmat, 2004).

2.2. Pengertian NORM / TENORM

Aktivitas manusia dapat meningkatkan konsentrasi radionuklida alam di lingkungan. Kegiatan manusia di sektor industri pertambangan dan industri yang memanfaatkan bahan baku dari (dalam) kulit bumi dalam skala besar dapat menyebabkan terkonsentrasinya radionuklida alam selama proses industri tersebut berlangsung. Radionuklida-radionuklida alam yang terkandung di dalam batuan pada kulit bumi akan ikut termobilisasi sehingga pada akhirnya membentuk produk samping yang mengandung radionuklida dengan konsentrasi tinggi. Produk samping yang terbentuk akibat kegiatan ini disebut TENORM (*Technologically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Materials*) atau sering juga disebut NORM (*Naturally Occurring Radioactive Materials*).

Secara alami NORM terdapat pada batuan sebagai torium, uranium beserta anak luruhnya, dan *potassium*. NORM juga ada di dalam tubuh, makanan, maupun di lingkungan dengan konsentrasi radioaktif alamnya yang bervariasi, sedangkan TENORM yang berupa bahan baku dari batuan, tanah dan mineral yang konsentrasi radionuklidanya tinggi berpotensi meningkatkan pajanan radiasi kepada manusia, dan lingkungan. Mekanisme pembentukan NORM pada setiap industri berbeda-beda tergantung pada jenis kegiatan industri tersebut (BAPETEN, 2007).

Industri-industri yang menghasilkan NORM adalah Bauksit, Berilium, Kolumbium, Tembaga, Emas, Besi, Fosfat, Timbal, Molibdenum, Nikel, Tanah Jarang, Perak, Tantalum, Thorium, Timah, Titanium, Seng dan Zirkonium. Di Indonesia terdapat juga beberapa industri yang berpotensi menghasilkan NORM seperti pupuk fosfat, pembangkit listrik tenaga batubara, minyak-gas bumi, pengolahan air minum, tambang mineral seperti tambang timah, monasit, dan lain-

lain. Pada penambangan bawah tanah akan dihasilkan NORM berupa gas yaitu radon dan thoron yang keluar dari lapisan tanah (BAPETEN, 2007).

2.3. Peraturan NORM/TENORM

2.3.1. Peraturan Luar Negeri.

Dalam melakukan pengawasan TENORM, masing-masing negara mempunyai peraturan TENORM yang disesuaikan dengan kondisi yang ada di negara tersebut, sehingga pada penerapan pengawasan TENORM pada beberapa negara tidaklah seragam.

Amerika Serikat melalui publikasi *Part N of the Suggested State Regulations for Control of Radiation (SSRCR), April 2004*, mengusulkan bahwa kegiatan TENORM harus dikecualikan apabila dosis dosis efektif dalam satu tahun tidak melebihi nilai dosis anggota masyarakat sebesar 1 mSv (0,1 rem), termasuk dosis yang diperoleh dari TENORM. Bahan yang mengandung atau terkontaminasi dengan ^{226}Ra dan ^{228}Ra beserta anak luruhnya, kurang dari 185 Bq/kg (5 pCi/g,) tidak termasuk latar juga dapat dikecualikan.

International Atomic Energy Agency (*IAEA*) dalam *Basic Safety Standard* 115, yang mengadopsi Publikasi *International Commission on Radiological Protection* (*ICRP*) No.60, merekomendasikan bahwa penerapan sistem proteksi radiologik dibedakan menurut tipe penanganan untuk pemanfaatan (*practices*) dan untuk intervensi (*intervention*). Dalam proteksi radiasi pemanfaatan berdasarkan pada prinsip umum yang terdiri dari justifikasi pemanfaatan, optimisasi proteksi, dan limitasi risiko atau dosis individu. Sedangkan proteksi radiasi untuk tindak intervensi

didasarkan pada justifikasi dan optimasi dengan lingkup limitasi dosis bersifat pengecualian; dengan kata lain limitasi dosisnya tidak mengikuti prinsip untuk pemanfaatan. Selanjutnya untuk instrumen pengendalian pemanfaatan diberikan definisi notifikasi dan pengawasan (meliputi registrasi dan lisensi), sedangkan instrumen untuk intervensi diberikan definisi *action level* yang terdiri dari *intervention exemption level*, *intervention start line*, dan *intervention obligation line* (BAPETEN, 2006).

Pemanfatan (*Practices*)

BSS No.115 telah menguraikan kewajiban dasar dan persyaratan administratif yang harus dipenuhi jika suatu aktivitas TENORM tertentu dianggap sebagai dibawah kendali pengawasan. Aplikasi persyaratan, seperti yang ditetapkan oleh Badan Pengawas menurut BSS No.115, terhadap pemanfaatan apapun akan setaraf dengan karakteristik dari pemanfaatan itu. Tidak semua persyaratan relevan untuk setiap pemanfaatan. Dalam beberapa hal untuk aktivitas TENORM direkomendasikan pendekatan berjenjang terhadap suatu nilai, tergantung pada besar dan kemungkinan dari pajanan itu.

Pada industri TENORM, tindakan pengendalian yang sederhana, telah dipertimbangkan dalam kesehatan kerja secara umum, dengan perlengkapan proteksi radiasi yang cukup. Namun, persyaratan kesehatan kerja ditetapkan secara umum oleh Badan Pengawas yang tidak mempunyai pengetahuan khusus tentang risiko radiasi. Pedoman merupakan hal yang diperlukan oleh pelaksana dan pengawas pada tindakan pengendalian yang sesuai, untuk mencapai persyaratan kesehatan kerja secara umum.

Notifikasi (*Notification*)

Notifikasi adalah suatu persyaratan administratif, menginformasikan tujuan untuk melakukan suatu pemanfaatan tertentu kepada Badan Pengawas. Menurut BSS No.115 notifikasi didefinisikan sebagai 'suatu dokumen yang dikirimkan kepada Badan Pengawas oleh seorang yang berwenang untuk memberitahukan tujuan dari pemanfaatan atau tindakan lain yang diuraikan dalam Kewajiban Umum untuk pemanfaatan Standar'. Notifikasi cukup dengan ketentuan bahwa pajanan normal yang terkait dengan tindakan atau pemanfaatan tidak melebihi nilai batas yang ditetapkan oleh Badan Pengawas. Nilai batas yang relevan dengan pajanan potensial, serta konsekuensi yang merugikan, jika dapat diterima untuk TENORM maka dapat diabaikan.

Pengawasan (*Authorization*)

Dalam BSS No.115 pengawasan adalah 'izin yang diberikan dalam suatu dokumen oleh Badan Pengawas kepada seorang yang berwenang yang menyampaikan permohonan untuk melakukan pemanfaatan atau tindakan lain, yang diuraikan dalam Kewajiban Umum untuk pemanfaatan Standar. Pengawasan dapat berupa registrasi (*registration*) atau izin'. Badan Pengawas berlaku untuk melakukan pengawasan, kecuali jika aktivitas NORM dikeluarkan atau dibebaskan.

Registrasi (*registration*) didefinisikan sebagai 'bentuk pengawasan untuk pemanfaatan berisiko rendah atau seorang yang berwenang bertanggung jawab terhadap pemanfaatan yang sesuai, mempersiapkan dan menyampaikan suatu penilaian keselamatan terhadap fasilitas dan peralatan yang dimilikinya kepada Badan Pengawas. Pemanfaatan mendapatkan pengawasan dengan beberapa kondisi

atau batasan yang tepat. Beberapa persyaratan terhadap penilaian keselamatan dan kondisi atau batasan yang diberlakukan bagi pemanfaatan harus lebih lunak dibandingkan untuk izin'.

Izin didefinisikan sebagai 'suatu pengawasan yang diberikan oleh Badan Pengawas atas dasar suatu penilaian keselamatan dan dilengkapi oleh beberapa persyaratan dan kondisi-kondisi spesifik untuk ditaati oleh pemegang izin'.

Intervensi (*Intervention*)

Dalam upaya mengurangi atau mencegah pajanan dalam situasi intervensi, tindakan proteksi dan/atau remediasi akan dilaksanakan pada saat dibenarkan oleh Badan Pengawas. Tindakan, ukuran dan jangka waktu dioptimalkan agar menghasilkan manfaat yang maksimum, dengan mempertimbangkan keadaan sosial dan ekonomi. Infrastruktur pengawas perlu membuatnya dalam menentukan alokasi dari tanggung-jawab untuk manajemen intervensi situasi pajanan kronik, antara Badan Pengawas, organisasi intervensi lokal atau nasional dan *registrant* atau pemegang izin.

Rencana tindakan remedial atau lokasi-spesifik untuk situasi pajanan kronik akan disiapkan dengan tepat. Perencanaan akan menetapkan tingkat tindakan dan jenis tindakan yang akan dilakukan dengan mempertimbangkan pajanan individu, kolektif, risiko radiasi dan non radiasi, sosial dan ekonomi, serta manfaat dan pertanggungjawaban keuangan untuk intervensi.

Pajanan radiasi alam secara normal harus dianggap sebagai situasi pajanan kronik dan harus menjadi subyek pada persyaratan intervensi kecuali beberapa kasus pajanan masyarakat yang berhubungan dengan pemanfaatan dan radon pajanan kerja.

Pada BSS, pada sebagian besar bahan baku dengan konsentrasi radionuklida yang tidak berubah dianggap tidak masuk dari lingkup standar. Artinya bahwa setiap bahan yang disebut TENORM harus termasuk dalam lingkup standar, jika bahan tersebut tidak dapat dikecualikan. Kriteria untuk pengecualian menurut BSS adalah berorde 10 μSv per tahun atau kurang untuk dosis efektif anggota masyarakat dan dosis efektif kolektif tidak lebih dari 1 man Sv. Tingkat pengecualian untuk radionuklida alam dan buatan yang diturunkan dari perhitungan berdasarkan kriteria adalah 1 Bq/g untuk Th dan U alam, dan untuk ^{40}K 100 Bq/g. Karena nilai ini diturunkan dengan perhitungan pada skenario untuk bahan dengan kuantitas sedang, maka pengecualian untuk bahan berjumlah besar dengan konsentrasi lebih rendah dari tingkat pengecualian membutuhkan persyaratan lebih lanjut oleh Badan Pengawas.

"Area abu-abu" antara pemanfaatan dan intervensi merupakan masalah tertentu dalam pengawasan TENORM, sebab banyak industri - termasuk bagian limbah terbesarnya memajani lingkungan - telah ada lama sebelum pengendalian pengawasan terhadap radiasi ditetapkan. Oleh karena itu, maka pengendalian pengawasan industri hendaknya harus diterapkan secara retrospektif. Jika diperlakukan sebagai " pemanfaatan " murni, ini dapat memaksakan persyaratan yang tidak praktis terhadap banyak industri. Selama ini proteksi radiasi tidak dipertimbangkan dalam perancangan pembuatan fasilitas.

IAEA Safety Standard Series No. RS-G-1.7 merekomendasikan tingkat eksklusi untuk radionuklida alam dan tingkat pengecualian untuk radionuklida buatan dalam jumlah besar. Seperti disebutkan sebelumnya, tingkat pengecualian

yang diberikan dalam BSS hanya dapat diterapkan untuk pengecualian dari bahan berjumlah sedang yang dianggap kurang dari 1 ton. Meskipun tingkat untuk radionuklida buatan diturunkan dengan perhitungan berdasarkan kriteria dosis 10 μSv per tahun dengan situasi pajanan normal dan 1 mSv per tahun hanya untuk kejadian berpeluang kecil, untuk radionuklida alam diturunkan menggunakan konsep eksklusi seperti telah dijelaskan sebelumnya dalam BSS. Nilai tesebut berdasarkan pertimbangan *upper end* dari distribusi dalam tanah yang telah dilaporkan oleh UNSCEAR. Nilai untuk ^{40}K dipilih 10 Bq/g dan untuk semua nuklida lain seperti ^{238}U dan ^{232}Th adalah 1 Bq/g. Dalam kaitannya dengan penerapan nilai ini adalah untuk penerapan regulasi umum bahan radioaktif, untuk tingkat klirens dan untuk kendali pengawasan dalam komoditas nasional dan internasional.

Canadian Nuclear Safety Commission membedakan pajanan radiasi dari TENORM sebagai berikut :

1. *Occupationallly Exposed Workers*, adalah pekerja yang dalam kegiatannya terpajan dengan radiasi TENORM. Pekeja ini di klasifikasikan sebagai pekerja di lingkungan NORM, sehingga dosis efektif yang diterima tidak melebihi 20 mSv per tahun.
2. *Incidentally Exposed Workers*, adalah pekerja yang dalam kegiatannya tidak terpajan dengan radiasi TENORM. Pekerja ini di klasifikasikan sebagai masyarakat umum, sehingga nilai batas dosis efektif yang diterima 1 mSv per tahun (*Canadian Working Group*, 2000).

Australia mempunyai peraturan tentang TENORM yang tidak seragam dan berbeda-beda yang disesuaikan dengan daerah masing-masing, perbedaan ini ditentukan dengan nilai aktivitas total radioaktif untuk tingkat pengecualian seperti yang diperlihatkan pada Tabel. 2.1.

Australia menerapkan berdasarkan konsentrasi aktivitas masing-masing radionuklidanya. ARPANSA (*Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency*) dan QLD *(Quensland)* mengacu kepada IAEA, sedangkan beberapa negara bagian lainnya menerapkan peraturan yang sedikit berbeda. Peraturan TENORM ini juga dibedakan berdasarkan kategori bahan dan jenisnya, kemudian menetapkan dikecualikan, pemanfaatan bahkan ada yang tidak diatur.

Sedangkan Jepang menerapkan pengawasan TENORM dengan membuat kategori TENORM berdasarkan jenis dan kegiatan yang dilakukan di industri, bahan baku, serta jenis radioaktifnya. Selanjutnya metode pengaturan sesuai dengan karakteristiknya berdasarkan pada konsentrasi dan dosis radiasi, seperti diperlihatkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.1. Perbandingan Nilai Aktivitas Total Radioaktif Untuk Tingkat Pengecualian di Australia

Nuclide	Half -Life	IAEA BSS	Australian Jurisdiction								
		Total	ACT	ARPANSA	NSW	NT	QLD	SA	TAS[1]	VIC	WA
		MBq	MBq	MBq	MBq	MBq	MBq	MBq	MBq	MBq	MBq
^{40}K	1.28×10^{9} y	1		1			1				
Th-nat (incl. ^{232}Th)	1.4×10^{10} y	0.001	4	0.001	40		0.001	5		4	4
^{232}Th series											
^{232}Th	1.4×10^{10} y		4		40			5			
^{228}Ra	5.75 y	0.1	0.004	0.1	0.04		0.1	0.005			
^{228}Ac	6.13 h	1	0.04	1	0.4		1	0.05			
^{228}Th	1.91 d	0.01	0.004	0.01	0.04		0.01	0.005			
^{224}Ra	3.66 d	0.1	0.04	0.1	0.4		0.1	0.05			
^{220}Rn	55.6 s	10		10	4		10	0.5			
^{212}Pb	10.6 h	0.1	0.04	0.1	0.4		0.1	0.05			
^{212}Bi	60.55 m	0.1	0.4	0.1	4		0.1	0.5			
U-nat		0.001	4	0.001	40		0.001	5		4	4
^{238}U series											
^{238}U	4.47×10^{9} y	0.01	4	0.01	40		0.01	5			
^{234}Th	24.1 d	0.1	0.04	0.1	0.4	3.7	0.1	0.05			
^{234}U	2.44×10^{5} y	0.01	0.004	0.01	0.04		0.01	0.005			
^{230}Th	7.70×10^{4} y	0.01	0.004	0.01	0.04		0.01	0.005			
^{226}Ra	1.60×10^{3} y	0.01	0.004	0.01	0.04	0.037	0.01	0.005		0.0004	0.0004
^{222}Rn	3.8235 d	100	0.4	100	4		100	0.5			
^{210}Pb	22.3 y	0.01	0.004	0.01	0.04	0.037	0.01	0.005			
^{210}Bi	5.01 d	1	0.04	1	0.4		1	0.05		0.04	0.04
^{210}Po	138 d	0.01	0.004	0.01	0.04	0.037	0.01	0.005		0.004	0.004

[1] Peraturan Tasmanian memberikan pengecualian untuk material alami dengan konsentrasi kurang dari 31Bq/g, tetapi tidak mempunyai nilai batas aktivitas. Pengecualian untuk radionuklida berdasarkan 1/2000th nilai batas maksimum dari Annual Limit on Intake (ALI) untuk radionuklida tersebut. Nilai ALI hanya berdasarkan pada pajanan melalui injesi/inhalasi, nilai batas tersebut sangat membatasi ketika dibandingkan dengan sistem mengingat akan cakupan beberapa skenario pajanan.

Sumber : FNCA, 2005.

Tabel 2.2. Klasifikasi dan Tindakan Terhadap Bahan yang Mengandung NORM/TENORM di Jepang

Kategori (contoh)[*1]		Kasus yang memerlukan review	Eksklusi, Pemanfaatan atau Intervensi	Pengaturan dengan Sistem legal	Pendekatan/ tindakan	Target/Kriteria Dosis untuk mengambil Tindakan
1.	Bahan baku seperti bijih mineral tanpa peningkatan konsentrasi (kecuali kategori 2, 3, 4, 5 dan 6)	Batu taman, contoh mineral untuk penelitian dan pendidikan, contoh mineral milik musium, bijih dari konstruksi sungai dan tapak	Eksklusi	Tidak diatur	-	-
2	Residu limbah batuan dari pertambangan atau kegiatan industri di masa lalu	Penyimpanan residu dari pabrik titanium atau penyimpanan ilegal	Intervensi	Tidak diatur	Akan dipertimbangkan *action level*	Dikaji lebih lanjut (1 – 10 mSv/tahun)
3	Abu, kerak (scale), dll yang dihasilkan industri (konsentrasi pada zat yang diolah sebagai bahan baku, harus pada tingkat pengecualian atau dibawahnya)	Abu batubara (termasuk fly ash), *scale* dari tambang migas, slag dari pabrik pembuatan baja	Intervensi	Tidak diatur	Akan dipertimbangkan *action level*	Dikaji lebih lanjut (1 – 10 mSv/tahun)

Kategori (contoh)[*1]		Kasus yang memerlukan review	Eksklusi, Pemanfaatan atau Intervensi	Pengaturan dengan Sistem legal	Pendekatan/ tindakan	Target/Kriteria Dosis untuk mengambil Tindakan
4	Sisa tanah dari tambang yang sedang beroperasi dan residu yang berasal dari industri (*disposal*)	Monasit, bastnasite (*agent polishing*), zirkon, tantalite, batuan fosfat, samarium, bijih uranium, bijih torium, bijih titanium, abu batubara (termasuk *fly ash*), material untuk *consumer product* lainnya, dll)	Pemanfaatan / Intervensi[*2]	Diatur	* Identifikasi bahan-bahan yang mungkin melampaui tingkat konsentrasi tertentu. * Mendapatkan manajemen yang sesuai dg proteksi radiologik mengenai penggunaan bahan khusus tergantung pada dosis yang diterima oleh pekerja atau masyarakat.	1 mSv/tahun (dikaji apakah diatur atau intervensi jika nilai ini dilampaui)
5	Bahan baku untuk industri (pabrikasi, produksi energi, penambangan) (kecuali kategori 7)		Pemanfaatan / Intervensi[*2]	Diatur	Sama seperti kategori 4	1 mSv/tahun (sama seperti diatas)
6	*Consumer product* (pemakaian)	Unsur *artifisial hot spring*, alat-alat kesehatan, pakaian tidur, pakaian, cat, mantel, katalis untuk mobil, *refractory*, polishing agent, pupuk, mineral yang terdapat pada *hot spring*, dll	Pemanfaatan	Dikaji apakah diatur atau tidak untuk setiap bahan	Menggunakan tingkat pengecualian BSS *Examine a system corresponding with type approval*	10 µSv/tahun (exemption level for practice) 1 mSv/tahun (*exemption for intervention*, ICRP 82 Tahun 1999)

Kategori (contoh)[*1]		Kasus yang memerlukan review	Eksklusi, Pemanfaatan atau Intervensi	Pengaturan dengan Sistem legal	Pendekatan/ tindakan	Target/Kriteria Dosis untuk mengambil Tindakan
7	Bahan bakar nuklir yang sengaja dimurnikan untuk memanfaatkan sifat pancaran radiasi dan bahan yang digunakan sebagai sumber radiasi	Bahan bakar nuklir (uranium dan torium), radium, dll.	Pemanfaatan	Diatur	Menggunakan tingkat pengecualian BSS	10 μ Sv/tahun
8	Radon	Radon yang dihasilkan dari sumber radium dalam peraturan	Pemanfaatan	Diatur	Menggunakan tingkat pengecualian BSS	-
		Radon dalam lingkungan kerja pada tambang untuk bahan sumber nuklir	Pemanfaatan	Diatur oleh hukum keselamatan pertambangan	-	-
		Radon di lingkungan umum seperti tempat tinggal dan tempat kerja umum tanpa yang diterangkan di atas	Intervensi	Tidak diatur	*Action level*	Dikaji lebih lanjut

[*1]contoh yang ada ini ditemukan dalam literatur dan investigasi pada keadaan sebenarnya *conducted on material* yang mungkin mengandung NORM dengan jumlah yang relatif lebih tinggi. Kandungan NORM berbeda tergantung pada area produksi, jenis, jumlah fisik material atau mineral. Oleh karena itu, kategori 4 dan 5, yang melebihi tingkat konsentrasi tertentu akan diidentifikasi dan kemudian kebutuhan proteksi radiasi merupakan pokok bahasan untuk pengelolaan yang tepat/sesuai.

[*2]pada dasarnya adalah praktek, tetapi mempunyai dua unsur praktek dan intervensi; dalam proses awal pengolahan bahan baku, unsur yang membutuhkan intervensi porsinya lebih besar.

[3*]Kategori 7 dan 8 pada saat ini telah dikecualikan/diabaikan dari pertimbangan *exemption* oleh kelompok *"General Administrative"*.

Sumber : Development of Radiation on Protection TENORM, 2005.

2.3.2. Peraturan di Indonesia

Berdasarkan Undang Undang Republik Indonesia No.10 tahun 1997 tentang Ketenaganukliran pasal 17 bahwa setiap pemanfaatan tenaga nuklir wajib memiliki izin, kecuali dalam hal-hal tertentu yang diatur lebih lanjut dengan Peraturan Pemerintah.

Ketenaganukliran adalah hal yang berkaitan dengan pemanfaatan, pengembangan, dan penguasaaan ilmu pengetahuan dan teknologi nuklir serta pengawasan kegiatan yang berkaitan dengan tenaga nuklir.

Tenaga nuklir adalah tenaga dalam bentuk apa pun yang dibebaskan dalam proses transformasi inti, termasuk tenaga yang berasal dari sumber radiasi pengion.

Radiasi pengion adalah gelombang elektromagnetik dan partikel bermuatan yang karena energi yang dimilikinya mampu mengionisasi media yang dilaluinya.

Yang dimaksud dengan pemanfaatan adalah kegiatan yang berkaitan dengan tenaga nuklir yang meliputi penelitian, pengembangan, penambangan, pembuatan, produksi, pengangkutan, penyimpanan, pengalihan, ekspor, impor, penggunaan, dekomisioning, dan pengelolaan limbah radioaktif.

Zat radioaktif adalah setiap zat yang memancarkan radiasi pengion dengan aktivitas jenis lebih besar dari pada 70 kBq (2 nCi/g).

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.33 tahun 2007 tentang Keselamatan Radiasi Pengion dan Keamanan Sumber Radioaktif, pengelolaan TENORM berdasarkan :

1. Pasal 48, menyebutkan bahwa :

   (1) Intervensi diterapkan dalam situasi meliputi pajanan kronik.

(2) Situasi pajanan kronik meliputi :

a. Pajanan yang berasal dari NORM;

b. Pajanan yang berasal TENORM;

c. Pajanan yang berasal dari sisa zat radioaktif pada kejadian masa lampau

d. Pajanan yang berasal dari Sumber yang tidak diketahui pemiliknya.

2. Pasal 49, menyebutkan antara lain bahwa intervensi terhadap situasi pajanan kronik dilaksanakan melalui tindakan remedial.
3. Pasal 50, menyebutkan bahwa pelaksanaan intervensi :

(1) Setiap orang atau badan yang karena kegiatannya dapat menghasilkan mineral ikutan berupa TENORM harus melaksanakan intervensi terhadap terjadinya pajanan yang berasal dari TENORM melalui tindakan remedial.

(2) Pelaksanaan intervensi dilaporkan pada BAPETEN.

(3) BAPETEN mengevaluasi pelaksanaan intervensi.

4. Pasal 51, menyebutkan bahwa menyebutkan bahwa BAPETEN wajib melaksanakan intervensi terhadap pajanan kronik kecuali TENORM melalui tindakan remedial.
5. Pasal 52, menyebutkan bahwa pelaksanaan intervensi hanya diberlakukan untuk TENORM dan NORM dengan konsentrasi radioaktif melebihi Tingkat Intervensi.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.27 tahun 2002 tentang Pengelolaan Limbah Radioaktif, seperti tercantum pada :

1. Pasal 32, menyebutkan bahwa :
   (1) Setiap orang atau badan yang melakukan penambangan bahan galian non nuklir yang dapat menghasilkan limbah radioaktif sebagai hasil samping penambangan wajib melakukan analisis keselamatan radiasi.
   (2) Hasil analisis keselamatan radiasi sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) wajib disampaikan kepada Badan Pengawas.
   (3) Tata cara analisis keselamatan radiasi sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) diatur lebih lanjut dengan Keputusan Kepala Badan Pengawas.
2. Pada penjelasan pasal 32, menyebutkan antara lain bahwa pengertian badan yang dimaksud adalah sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku. Analisis keselamatan radiasi meliputi kandungan zat radioaktif dan perkiraan limbah radioaktif selama penambangan.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.29 tahun 2008 tentang Perizinan Pemanfaatan Sumber Radiasi Pengion dan Bahan Nuklir, mengatur perizinan pemanfaatan tenaga nuklir :

1. Pasal 3 menyebutkan antara lain bahwa Pemanfaatan Sumber Radiasi Pengion dikelompokkan menjadi 3 (tiga) yang meliputi Kelompok A, Kelompok B dan Kelompok C.
2. Pasal 7 menyebutkan antara lain bahwa pemanfaatan Sumber Radiasi Pengion kelompok B, meliputi kegiatan diantaranya butir b yaitu penyimpanan zat radioaktif.

3. Penjelasan pasal 7 huruf B menyebutkan antara lain bahwa penyimpanan zat radioaktif yang dimaksud adalah bahan lain yang mengandung radioaktif, yang merupakan hasil samping antara lain dari kegiatan produksi, pertambangan, atau rekayasa industri.
4. Pasal 10 menyebutkan bahwa :
   (1) Setiap orang atau badan yang akan melaksanakan Pemanfaatan Sumber Radiasi Pengion dan Bahan Nuklir wajib memiliki izin dari Kepala BAPETEN.
   (2) Dalam hal tertentu berdasarkan Peraturan Pemerintah ini, kewajiban memiliki izin sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dapat dikecualikan.
5. Pasal 11 menyebutkan bahwa pemohon, untuk memperoleh izin harus memenuhi persyaratan administratif dan persyaratan teknis.
6. Pasal 12 menyebutkan bahwa persyaratan administratif terdiri atas :
   a. Identitas pemohon izin;
   b. Akta pendirian badan hukum atau badan usaha;
   c. Izin dan/atau persyaratan yang ditetapkan oleh instansi lain yang berwenang sesuai dengan peraturan perundang-undangan
   d. Lokasi Pemanfaatan Sumber Radiasi Pengion.
7. Pasal 14 menyebutkan bahwa persyaratan teknis atas:
   a. Prosedur operasi;
   b. Spesifikasi teknis Sumber Radiasi Pengion yang digunakan, sesuai dengan standar keselamatan radiasi;
   c. Perlengkapan proteksi radiasi dan/atau peralatan keamanan Sumber Radioaktif;

d. Program proteksi dan keselamatan radiasi dan/atau program keamanan Sumber Radioaktif;

e. Laporan verifikasi keselamatan radiasi dan/atau keamanan Sumber Radioaktif;

f. Hasil pemeriksaan kesehatan pekerja radiasi yang dilakukan oleh dokter yang memiliki kompetensi, yang ditunjuk pemohon izin, dan disetujui oleh instansi yang berwenang di bidang ketenagakerjaan;

g. Data kualifikasi personil, yang meliputi:

1. Petugas proteksi radiasi dan personil lain yang memiliki kompetensi;
2. Personil yang menangani Sumber Radiasi Pengion;
3. Petugas keamanan Sumber Radioaktif.

8. Pasal 73 menyebutkan bahwa pengecualian untuk pemanfaatan peralatan yang mengandung zat radioaktif untuk barang ditetapkan dengan ketentuan bahwa :

a. Tipe dan jenis peralatan yang dimaksud telah disetujui oleh Kepala BAPETEN;

b. Mematuhi petunjuk penggunaan, penyimpanan, penanganan sesuai dengan informasi yang diberikan oleh pabrikan atau distributor;

c. Zat radioaktif dibuat dalam bentuk sumber terbungkus; dan

d. Dalam kondisi pengoperasian normal, tidak menyebabkan laju dosis ekivalen ambien atau laju dosis ekivalen awal melampaui 1 μSv/jam (satu mikrosievert perjam) pada jarak 10 cm (sepuluh sentimeter) dari permukaan alat.

2.4. Peraturan Lingkungan Hidup

Dalam Undang-undang Republik Indonesia No. 23 tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup adalah sebagai berikut :

1. Pasal 6, menyebutkan bahwa :
   (1) Setiap orang berkewajiban memelihara kelestarian fungsi lingkungan hidup serta mencegah dan menanggulangi pencemaran dan perusakan lingkungan hidup.
   (2) Setiap orang yang melakukan usaha dan/atau kegiatan berkewajiban memberikan informasi yang benar dan akurat mengenai pengelolaan lingkungan hidup.
2. Pasal 14, menyebutkan bahwa untuk menjamin pelestarian fungsi lingkungan hidup, setiap usaha dan /atau kegiatan dilarang melanggar baku mutu dan kriteria baku kerusakan lingkungan hidup.
3. Pasal 15, menyebutkan bahwa setiap rencana usaha dan/atau kegiatan yang kemungkinan dapat menimbulkan dampak besar dan penting terhadap lingkungan hidup, wajib memiliki analisis mengenai dampak lingkungan hidup.
4. Pasal 16, menyebutkan bahwa setiap penanggung jawab usaha dan/atau kegiatan wajib melakukan pengelolaan limbah hasil usaha dan/atau kegiatan.
5. Pasal 17, menyebutkan bahwa :
   (1) Setiap penanggung jawab usaha dan/atau kegiatan wajib melakukan pengelolaan bahan berbahaya dan beracun.
   (2) Pengelolaan bahan berbahaya dan beracun meliputi : menghasilkan, mengangkut, mengedarkan, menyimpan, menggunakan dan/atau membuang.

6. Pasal 18, menyebutkan bahwa :
   (1) Setiap usaha dan/atau kegiatan yang menimbulkan dampak besar dan penting terhadap lingkungan hidup wajib memiliki analisis mengenai dampak lingkungan hidup untuk memperoleh izin melakukan usaha dan/atau kegiatan.
   (2) Izin melakukan usaha dan/atau kegiatan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) diberikan pejabat berwenang sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.
   (3) Dalam izin sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dicantumkan persyaratan dan kewajiban untuk melakukan upaya pengendalian dampak lingkungan hidup.
7. Pasal 20, menyebutkan bahwa tanpa suatu izin, setiap orang dilarang melakukan pembuangan limbah ke media lingkungan hidup.
8. Pasal 23, menyebutkan bahwa pengendalian dampak lingkungan hidup sebagai alat pengawasan dilakukan oleh suatu lembaga yang dibentuk khusus untuk itu oleh Pemerintah.

2.5. Peraturan Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Dalam Undang-undang Republik Indonesia No. 1 tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja adalah sebagai berikut :

1. Pasal 1, menyebutkan bahwa tempat kerja adalah tiap ruangan atau lapangan, tertutup atau terbuka, bergerak atau tetap dimana tenaga kerja bekerja, atau yang sering dimasuki tenaga kerja untuk keperluan suatu usaha dan dimana terdapat sumber atau sumber-sumber bahaya sebagaimana diperinci dalam pasal 2.

Termasuk tempat kerja ialah semua ruangan, lapangan halaman dan sekelilingnya yang merupakan bagian-bagian atau yang berhubungan dengan tempat kerja tersebut.

2. Pasal 2, menyebutkan bahwa :

   (1) Yang diatur oleh Undang-undang ini ialah keselamatan kerja dalam segala tempat kerja baik di darat, di dalam tanah, di permukaan air, di dalam air, maupun di udara, yang berada di dalam wilayah kekuasaan hukum Republik Indonesia.

   (2) Ketentuan-ketentuan dalam ayat (1) tersebut berlaku dalam tempat kerja, antara lain :

   a. Dibuat, dicoba, dipakai atau dipergunakan mesin, pesawat, alat perkakas, peralatan atau instalasi yang berbahaya atau dapat menimbulkan kecelakaan, kebakaran atau peledakan;

   b. Dibuat, diolah, dipergunakan, diperdagangkan, diangkut atau disimpan bahan atau barang yang dapat meledak, mudah terbakar, menggigit, beracun, menimbulkan infeksi, bersuhu tinggi.

   c. Dilakukan usaha pertambangan dan pengolahan : emas, perak, logam, atau biji logam lainnya, batu-batuan, gas, minyak atau mineral lainnya, baik dipermukaan atau di dalam maupun di dasar perairan;

   d. Dilakukan pekerjaan dalam ketinggian di atas permukaan tanah atau perairan.

   e. Dilakukan pekerjaan yang mengandung bahaya tertimbun tanah, kejatuhan, terkena pelantingan benda, terjatuh atau terperosok, hanyut atau terpelanting.

f. Dilakukan pekerjaan dalam tangki sumur atau lobang

g. Terdapat atau menyebar suhu, kelembaban, debu, kotoran, api, asap, uap, gas, hembusan angin, cuaca, sinar atau radiasi suara, atau getaran.

h. Dilakukan pembuangan atau pemusnahan sampah atau limbah.

(3) Dengan peraturan perundangan dapat ditunjuk sebagai tempat kerja, ruangan-ruangan atau lapangan-lapangan lainnya yang dapat membahayakan keselamatan atau kesehatan yang bekerja dan atau berada di ruangan atau lapangan itu dan dapat dirubah perincian tersebut dalam ayat (2).

Dalam Undang-Undang Republik Indonesia No. 13 tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan adalah sebagai berikut :

3. Pasal 86, menyebutkan bahwa :

(1) Setiap pekerja/buruh mempunyai hak untuk memperoleh perlindungan atas:

a. Keselamatan dan kesehatan kerja;

b. Moral dan kesusilaan;

c. Perlakuan yang sesuai dengan harkat dan martabat manusia serta nilai-nilai agama.

(2) Untuk melindungi keselamatan pekerja/buruh guna mewujudkan produktivitas kerja yang optimal diselenggarakan upaya keselamatan dan kesehatan kerja.

4. Pasal 87, menyebutkan bahwa setiap perusahaan wajib menerapkan sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja yang terintegrasi dengan sistem manajemen perusahaan.

Dalam Undang-Undang Republik Indonesia No. 23 tahun 1992 tentang Kesehatan adalah sebagai berikut :

1. Pasal 22, menyebutkan bahwa :
   (1) Kesehatan lingkungan diselenggarakan untuk mewujudkan kualitas lingkungan yang sehat.
   (2) Kesehatan lingkungan dilaksanakan terhadap tempat umum, lingkungan pemukiman, lingkungan kerja, angkutan umum, dan lingkungan lainnya.
   (3) Kesehatan lingkungan meliputi penyehatan air dan udara, pengamanan limbah padat, limbah cair, limbah gas, radiasi dan kebisingan, pengendalian faktor penyakit, dan penyehatan atau pengamanan lainnya.
   (4) Setiap tempat atau sarana pelayanan umum wajib memelihara dan meningkatkan lingkungan yang sehat sesuai dengan standar dan persyaratan.
2. Pasal 23, menyebutkan bahwa :
   (1) Kesehatan kerja diselenggarakan untuk mewujudkan produktivitas kerja yang optimal.
   (2) Kesehatan kerja meliputi pelayanan kesehatan kerja, pencegahan penyakit akibat kerja, dan syarat kesehatan kerja.
   (3) Setiap tempat kerja wajib menyelenggarakan kesehatan kerja.

Dalam Peraturan Menteri Tenaga Kerja No. 05 tahun 1996 tentang Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja adalah sebagai berikut :

1. Pasal 1, menyebutkan bahwa Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja yang selanjutnya disebut Sistem Manajemen K3 adalah bagian dari sistem manajemen secara keseluruhan yang meliputi struktur organisasi, perencanaan, tanggung jawab, pelaksanaan, prosedur, proses dan sumberdaya yang dibutuhkan bagi pengembangan, penerapan, pencapaian, pengkajian, dan pemeliharaan kebijakan keselamatan dan kesehatan kerja dalam pengendalian risiko yang berkaitan dengan kegiatan kerja guna terciptanya tempat kerja yang aman, efisien dan produktif.
2. Pasal 2, menyebutkan bahwa tujuan dan sasaran Sistem Manajemen K3 adalah menciptakan suatu sistem keselamatan dan kesehatan kerja di tempat kerja dengan melibatkan unsur manjemen, tenaga kerja, kondisi dan lingkungan kerja yang terintegrasi dalam rangka mencegah dan mengurangi kecelakaan dan penyakit akibat kerja serta terciptanya tempat kerja yang aman, efisien dan produktif.
3. Pasal 3, menyebutkan bahwa setiap perusahaan yang mempekerjakan tenaga kerja sebanyak seratus orang atau lebih dan atau mengandung potensi bahaya yang ditimbulkan oleh karakteristik proses atau bahan produksi yang dapat mengakibatkan kecelakaan kerja seperti peledakan, kebakaran, pencemaran dan penyakit akibat kerja wajib menerapkan Sistem Manajemen K3.
4. Pasal 4, menyebutkan bahwa dalam penerapan Sistem Manajemen K3 sebagaimana dimaksud dalam pasal 3, Perusahaan wajib melaksanakan ketentuan-ketentuan sebagai berikut :

a. Menetapkan kebijakan keselamatan dan kesehatan kerja dan menjamin komitmen terhadap penerapan Sistem Manajemen K3;
b. Merencanakan pemenuhan kebijakan, tujuan dan sasaran penerapan keselamatan dan kesehatan kerja;
c. Menerapkan kebijakan keselamatan dan kesehatan kerja secara efektif dengan mengembangkan kemampuan dan mekanisme pendukung yang diperlukan untuk mencapai kebijakan, tujuan dan sasaran keselamatan dan kesehatan kerja;
d. Mengukur, memantau dan mengevaluasi kinerja keselamatan dan kesehatan kerja serta melakukan tindakan perbaikan dan pencegahan;
e. Meninjau secara teratur dan meningkatkan pelaksanaan Sistem Manajemen K3 secara berkesinambungan dengan tujuan meningkatkan kinerja keselamatan dan kesehatan kerja.

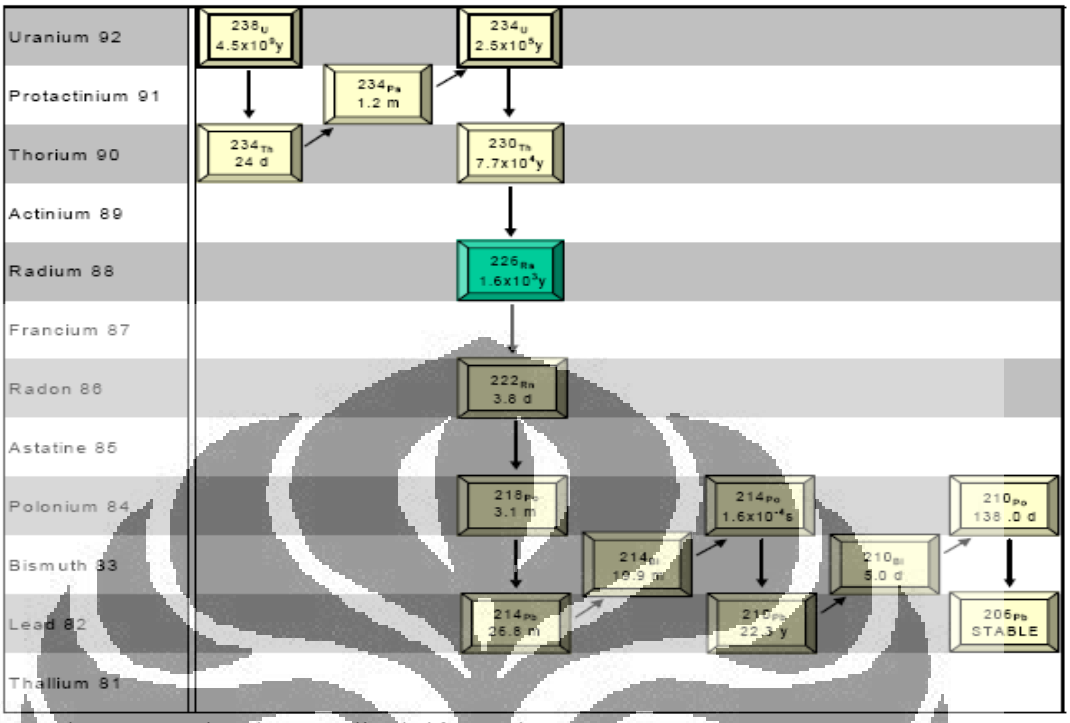
Dari peraturan-peraturan yang ada terlihat jelas bahwa keselamatan dan kesehatan kerja perlu diterapkan pada setiap tempat kerja yang mempunyai potensi bahaya. Potensi bahaya dapat terjadi disetiap kegiatan kerja yang berawal dari bahan baku yang digunakan, proses kerja sampai dengan pengelolaan limbahnya. Untuk itu perlu dilakukannya pengawasan. Pengawasan dapat dilakukan sesuai fungsi dari masing-masing Badan Pengawas namun ada juga keterkaitan dalam pengawasannya.

2.6. Keberadaan TENORM

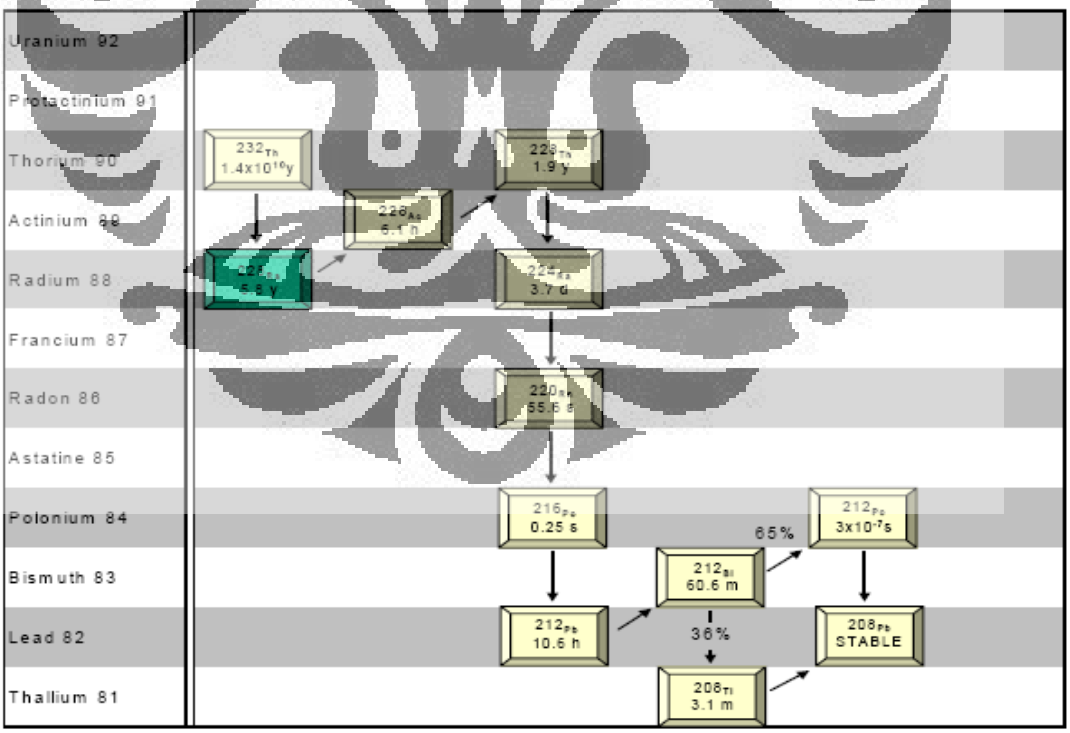
TENORM terdapat pada pertambangan/industri terbentuk sebagai bahan radioaktif yang terkonsentrasi melalui suatu proses produksi. Proses produksi tersebut antara lain dapat berupa kerak air (*scale*) yang melekat pada pipa

(pengerasan garam pada permukaan pipa penyalur minyak dan gas), residu, dan *sludge* (lumpur) TENORM terbawa ke permukaan pada air produksi sebagai radionuklida terlarut, secara umum untuk air yang lebih bersifat garam, konsentrasi TENORM akan lebih besar. Selama operasi produksi berjalan normal, karbonat dan sulfat dari kalsium, barium, dan stronsium dapat *berpresipitasi* dan membentuk kerak air pipa dan *sludge*. Peningkatan intensitas radiasi terdapat pada permukaan pipa sebagai sumbangan dari radium yang secara kimia mirip dengan kalsium, barium, dan stronsium. Radon terdapat pada operasi produksi gas alam melalui peluruhan radioaktif ^{226}Ra. Secara kimia radon tidak reaktif, namun radon memiliki sifat yang mirip dengan propan dan mengalir mengikuti aliran gas, dan dapat terdeposit pada peralatan proses. Radon mempunyai waktu paro pendek (3,8 hari), tetapi anak luruhnya berumur lebih panjang seperti *lead*, bismuth, dan polonium yang terdeposit.

Radionuklida TENORM tersebut terutama adalah ^{238}U bersama dengan anak luruhnya ^{226}Ra, ^{222}Rn, ^{210}Pb, ^{210}Po; ^{232}Th bersama anak luruhnya ^{228}Ra, ^{228}Th, ^{224}Ra, ^{220}Rn, dan ^{40}K, seperti yang diperlihatkan dalam Gambar 2.1 dan Gambar 2.2.

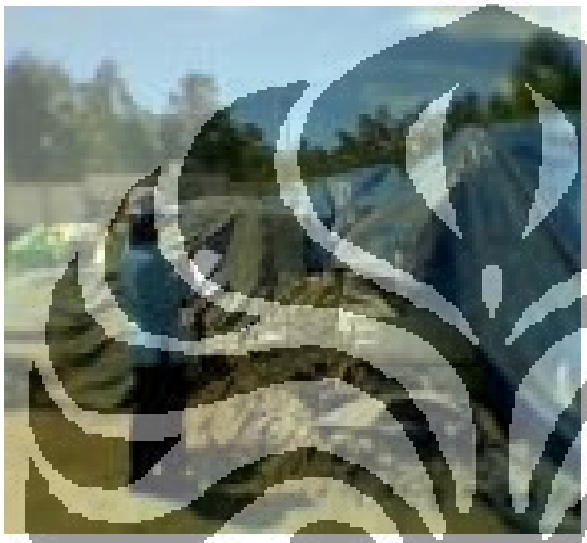


Gambar 2.1. Peluruhan Radioaktif Uranium-238



Gambar 2.2. Peluruhan Radioaktif Torium-232

TENORM pada industri dan pertambangan dapat berupa bahan baku produk atau hasil samping (*by product*), baik berbentuk gas, padat (*scale* dan *slag*), lumpur (*sludge*), lapisan tipis (*film*) maupun cairan. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 2.3, Gambar 2.4, Gambar 2.5, dan Gambar 2.6. (BAPETEN, 2006)



Gambar 2.3. *Slag* TENORM

Gambar 2.4. *Sludge* TENORM

Gambar 2.5. Cairan Limbah TENORM

Gambar 2.6. *Scale* TENORM

Di luar negeri banyak kegiatan industri dan pertambangan yang menghasilkan TENORM, antara lain tambang minyak dan gas, tambang logam (besi, tembaga, aluminium, timah, nikel, emas), tambang granit, tambang kaolin, PLTU (batubara dan panas bumi), pabrik papan gipsum (*Gypsum Plaster Board*), pabrik pulp dan kertas, pabrik air minum dan pabrik pupuk fosfat.

Menurut EPA (*Environmental Protection Agency*), 1993, bahwa survey radiasi yang dilakukan di Montana dan Idaho yang menggunakan *slag* dalam konstruksi material dan mengaspal jalan, pada saat dilakukan pengukuran adalah lebih dari 0,565μSv/jam (65μR/jam) di dalam rumah dan 0,435 μSv/jam (50μR/jam) pada jalan yang menggunakan *slag*. Pengukuran pada timbunan *slag* diperoleh pajanan radiasi gamma lebih dari 0,87μSv/jam (100μR/jam).

2.7. Risiko TENORM

Rata-rata pajanan radiasi tahunan secara umum dapat dilihat pada Tabel 2.3, nilai rata-rata merupakan gambaran penerimaan dosis bagi masyarakat yang berasal dari radiasi alam, bila dibandingkan dengan pajanan radiasi yang disebabkan dari kegiatan TENORM. (UNSCEAR, 2000)

Tabel.2.3 Rata-Rata dosis Ekivalen Efektif Radiasi Alam Secara Umum

Kosmik		
	Komponen foton dan pengion langsung	0,28 mSv
	Komponen netron	0,10
	Radionuklida kosmik	0,01
Radiasi terestrial eksternal		

Outdoors	0,07
Indoors	0,41
Pajanan inhalasi	
Deret uranium dan torium	0,006
Radon (^{222}Rn)	1,15
Toron (^{220}Rn)	0,10
Pajanan *ingestion* (penelanan)	
^{40}K	0,17
Deret uranium dan torium	0,12 mSv
Total	2,4

Sumber: *UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly*.

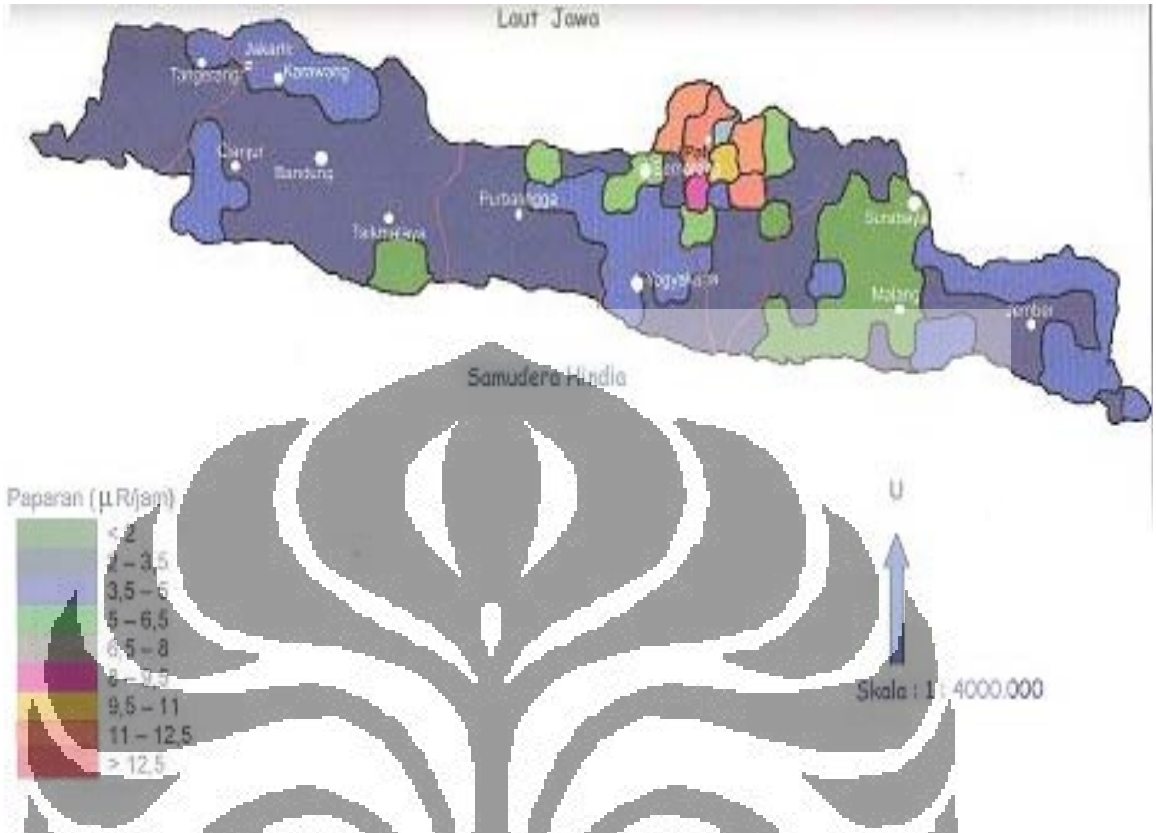
Pajanan radiasi (radiasi pengion) dapat berisiko bagi masyarakat, namun risiko yang timbul bergantung pada beberapa faktor antara lain jenis dan tipe radiasi, jumlah dosis yang diterima, dan sensitivitas dari jaringan yang terkena radiasi. Faktor-faktor tersebut diperhitungkan saat menentukan dosis efektif atau risiko relatif pajanan radiasi yang dinyatakan dalam besaran rem (*roentgen equivalents to man*).

Perkiraan harapan-hidup dari risiko kanker bagi suatu populasi untuk semua umur disebabkan oleh radiasi pengion yaitu sekitar 6 x 10^{-4} (6 dari 10000) per rem. Dengan perkataan lain apabila suatu populasi dengan anggota 10.000 orang masing-masing menerima 1 rem, maka 6 orang diantaranya secara statistik dinyatakan terkena risiko kanker disebabkan radiasi dengan asumsi bahwa penyebab kanker lainnya diabaikan. Dengan nilai batas dosis pada pekerja radiasi 5 rem per tahun, maka untuk 10.000 pekerja radiasi, maka risiko kanker pada pekerja radiasi sebanyak

30 orang. Bila nilai batas dosis (NBD) untuk masyarakat umum 100 mrem (1 mSv) maka risiko dapat diabaikan karena peluang terjadinya risiko kanker hanya 6 x 10^{-5}.

Perlu diketahui bahwa nilai batas dosis untuk seluruh tubuh sesuai *Basic Safety Standard* -115 adalah 20 mSv pertahun bagi pekerja radiasi dan untuk masyarakat adalah 1 mSv per tahun tidak termasuk radiasi latar. Di Indonesia sesuai dengan peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir nilai batas dosis adalah 50 mSv/tahun bagi pekerja radiasi dan 5 mSv untuk masyarakat (1 mSv = 100 mrem).

Menurut penelitian Udiyani pada tahun 2002, pajanan radiasi alam di pulau Jawa berkisar antara 1,41 ± 0,09 μR/jam – 14,33 ± 0,69 μR/jam. Pajanan radiasi terendah berada di daerah Nganjuk dan yang tertinggi berada di daerah Jepara, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.7.



Sumber : Udiyani, 2002

Gambar 2.7. Peta Sebaran Pajanan Radiasi di Pulau Jawa

Berdasarkan penelitian Udiyani, maka perkiraan dosis radiasi yang diterima masyarakat di pulau Jawa yang berasal dari radiasi latar berkisar 1,23 – 12,26 mSv per tahun, dengan asumsi masyarakat menetap selama satu tahun. Sedangkan menurut Pusat Diseminasi Iptek Nuklir-BATAN, radiasi latar berkisar 1 – 2 mSv pertahun dan untuk dosis kasus ekstrim sampai 20 mSv (BATAN, 2007).

2.7.1. Efek Biologi Radiasi Pada Tubuh

Sel dalam tubuh manusia terdiri dari sel genetik dan sel somatik. Sel genetik adalah sel telur pada perempuan dan sel sperma pada laki-laki, sedangkan sel

somatik adalah sel lain yang ada dalam tubuh. Berdasarkan jenis sel, maka efek radiasi dapat dibedakan atas efek genetik dan efek somatik. Efek genetik adalah efek radiasi yang terjadi pada sel genetik dan dirasakan oleh keturunan dari individu yang terkena pajanan radiasi. Bila efek radiasi terjadi pada sel somatik dan dirasakan oleh individu yang terpajan radiasi maka disebut efek somatik.

Bila ditinjau dari dosis radiasi, efek radiasi dibedakan menjadi efek stokastik dan efek determenistik sebagai berikut :

1. Efek stokastik, adalah efek yang terjadi sebagai akibat pajanan radiasi dengan dosis yang menyebabkan terjadinya perubahan pada sel. Dosis radiasi serendah apapun selalu terdapat kemungkinan untuk menimbulkan perubahan pada sistem biologik, baik pada tingkat molekul maupun sel. Dengan demikian radiasi tidak hanya dapat membunuh sel tetapi dapat mengubah sel.

Efek stokastik terjadi tanpa ada dosis ambang dan baru muncul setelah masa laten yang lama, semakin besar dosis, semakin besar peluang terjadinya efek stokastik, sedangkan keparahannya tidak bergantung kepada dosis.

Pajanan radiasi dosis rendah dapat meningkatkan risiko kanker dan efek pewarisan yang secara statistik dapat dideteksi pada suatu populasi, namun tidak secara serta merta terkait dengan pajanan individu. Pada Tabel 2.4 terlihat perkiraan risiko kanker dan efek pewarisan pada populasi terpajan radiasi (BATAN, 2002).

Tabel 2.4. Perkiraan Risiko Kanker dan Efek Pewarisan pada Populasi Terpajan Radiasi

Populasi terpajan	Risiko efek stokastik		10^{-2} Sv^{-1}	Total
	Kanker Fatal	Kanker Non Fatal	Efek pewarisan	
Pekerja radiasi	4,0	0,8	0,8	5,6
Masyarakat	5,0	1,0	1,3	7,3

Sumber : BATAN, 2002

2. Efek deterministik, adalah efek yang terjadi dengan dosis radiasi yang dapat menyebabkan kematian sel pada sebagian atau seluruh tubuh. Efek deterministik timbul bila dosis yang yang diterima di atas dosis ambang (*threshold dose)* dan umumnya timbul beberapa saat setelah terpajan. Efek ini mempunyai dosis ambang, jadi dengan nilai dosis tertentu dapat menimbulkan efek deterministik meliputi efek somatik seperti luka bakar, kemandulan, katarak, kelainan kogenital (setelah iradiasi dalam rahim).

Bedasarkan efek yang timbul akibat pajanan radiasi, maka efek akibat pajanan radiasi dari TENORM dapat dikategorikan sebagai efek stokastik. Hal ini disebabkan bahwa pajanan radiasi TENORM merupakan pajanan kronik, yaitu pajanan yang diterima secara terus menerus dengan dosis radiasi rendah.

Menurut O'Brien, radionuklida masuk melalui saluran pernafasan (inhalasi) dan saluran pencernaan (*ingestion*) kemudian mengalami proses yang cukup kompleks terdistribusi ke berbagai organ dan jaringan tubuh (hati, ginjal, limpa, kulit, organ lain). Unsur radionuklida tersebut beredar ke seluruh tubuh, di reabsorpsi dalam organ atau jaringan semula dan jaringan lainnya atau dikeluarkan secara alami

dari dalam tubuh melalui organ ekskresi dan jaringan sekresi (ginjal, saluran pencernaan, kulit) bersama urin, feses dan keringat (O'Brien, 1998).

Penyebaran radionuklida di dalam tubuh dapat bersifat merata ke seluruh tubuh atau terlokalisir pada organ atau jaringan tertentu.

Florida Institute of Phosphate Research (FIPR) melaporkan bahwa pemantauan yang dilakukan dengan TLD (pemantau dosis radiasi perorangan) dibeberapa lokasi industri fosfat antara tahun 1992-1996 dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5. Dosis TLD di Lingkungan Produksi Asam Fosfat pada Tahun 1992-1996

Lokasi TLD	Laju dosis (μR/jam)	Rerata (μR/jam)
Wet-Acid Production	72-247	154
Between Settlers	77-100	94
Handrail Near settler	17-57	38
By carbon columns	52-144	89

Sumber : *FIPR*, 1998

Laju dosis pada *Wet-Acid Production* lebih tinggi dibandingkan laju dosis lainnya. Pada laporan ini juga diperkirakan penerimaan dosis pekerja dalam satu tahun, dengan lokasi yang berbeda berdasarkan hasil pemantauan dengan menggunakan TLD badge. Hasil pemantauan dosis para pekerja dibedakan menurut jenis pekerjaan/lokasi yang berbeda, berkisar antara 3,48-209,9 mrem per tahun (0,035-2,099 mSv). Dosis yang tebesar pada *DAP carloader* dan terendah pada *Shipper-receiver*, dan *RSO / estimator* menerima dosis 15 mrem per tahun (0,15 mSv per tahun). Pada umumnya dosis yang diterima masih di bawah 1 mSv per tahun, dan hanya beberapa orang yang melebihi 1 mSv. (*FIPR*,1998)

Penelitian Mellawati pada tahun 2004 terhadap tiga kecamatan di sekitar industri pupuk fosfat diperoleh dosis efektif dari dosis eksterna yang diterima oleh penduduk dapat dilihat padaTabel 2.6.

Tabel 2.6. Laju Dosis Efektif per Tahun Disekitar Industri Fosfat pada Tahun 2004

No.	Lokasi	Laju dosis efektif (mSv per tahun)
1.	A	2,28 - 2,94
2.	B	2,26 - 2,92
3.	C	2,31 - 2,98
4.	D	39,11 - 50,59
5.	E	78,59 - 101,64
6.	F	2,20 - 2,85
7.	G	2,08 – 2,69
8.	H	1,96 – 2,54
9.	I	1,97 – 2,55
10,	J	1,83 – 2,36
11.	K	1,81 – 2,34
12.	L	1,82 – 2,35

Sumber : Mellawati, 2004

Dari Tabel 2.6. dapat diketahui bahwa dosis efektif radiasi eksterna yang diterima penduduk berkisar 1,81-2,94 mSv per tahun, dan bila penduduk berada disekitar tumpukan limbah padat dengan lokasi D dan E maka dosis yang diterima akan semakin besar yaitu berkisar 39,11-101,64 mSv per tahun.

Selain pajanan eksterna penduduk juga menerima pajanan radiasi interna yang diperoleh dari pola makan melalui konsumsi ikan, sehingga terjadi peningkatan dosis. Total dosis yang diterima penduduk disekitar industri fosfat menjadi 2,10-2,62

mSv per tahun. Berdasarkan perhitungan dosis yang diterima penduduk, maka diperkirakan probabilitas penduduk terkena risiko kanker atau penyakit lain akibat pajanan radiasi adalah 5,13 orang per tahun.

Berdasarkan adanya ketentuan tentang nilai batas dosis, maka diperlukan beberapa *review* tingkat pengecualian berdasarkan *Basic Safety Series (BSS)* No.115, seperti yang tercantum dalam Tabel 2.7.

Tabel 2.7. Radionuklida Alam yang Memerlukan *Review* untuk Pengawasan

Radio nuklida	Jenis Peluruhan	Energi (MeV) Laju Emisi (%) *1	Waktu Paruh *1	Kadar di Alam *1 (%)	Aktivitas Spesifik (Bq/g metal)	Tingkat Pengecualian berdasarkan BSS (Bq/g)
K-40	β	1,314(89,3) γ: 1,46(10,7)	$1,28x10^9$ tahun	0,0117	30,3	100
Rb-87	β	0,273(100)	$4,75x10^{10}$ tahun	27,85	892	10.000
La-138	β	0,254(32,9) γ: 0,7884(33) γ: 1,4356(67)	$1,35x10^{11}$ tahun	0,089	0,632	10
Sm-147	α	2,232(100)	$1,07x10^{10}$ tahun	15,07	127	10
Lu-176	β	0,42(100) γ: 0,306(94,6) γ: 0,201(78,4)	$3x10^{10}$ tahun	2,6	65,2	100
Th-232	α	4,013(77) 3,954(23)	$1,41x10^{10}$ tahun	100	4.060	10
Th-232 series	Th-232, Ra-228, Ac-228, Th-228, Ra-224, Rn-220, Po-216, Pb-212, Bi-212, Tl-208, Po-212					1
U-235	α	4,40(57) 4,368(12,3) γ: 0,186(54) γ: 0,144(10,5)	$7,04x10^8$ tahun	0,72	576	10
U-238	α	4,197(77) 4,15(23)	$4,47x10^9$ tahun	99,274	12400	10
U-238 series	U-238, Th-234, Pa-234m, U-234, Th-230, Ra-226, Rn-222, Po-218, Pb-214, Bi-214, Po-214, Pb-210, Bi-210, Po-210					1

Radio nuklida	Jenis Peluruhan	Energi (MeV) Laju Emisi (%)*1	Waktu Paruh *1	Kadar di Alam *1(%)	Aktivitas Spesifik (Bq/g metal)	Tingkat Pengecualian berdasarkan BSS (Bq/g)
Rn-220*2	α	6,288(99,93)	55,6 detik	-	-	-
Rn-222*3	α	5,4895(99,9)	3,824 hari	-		

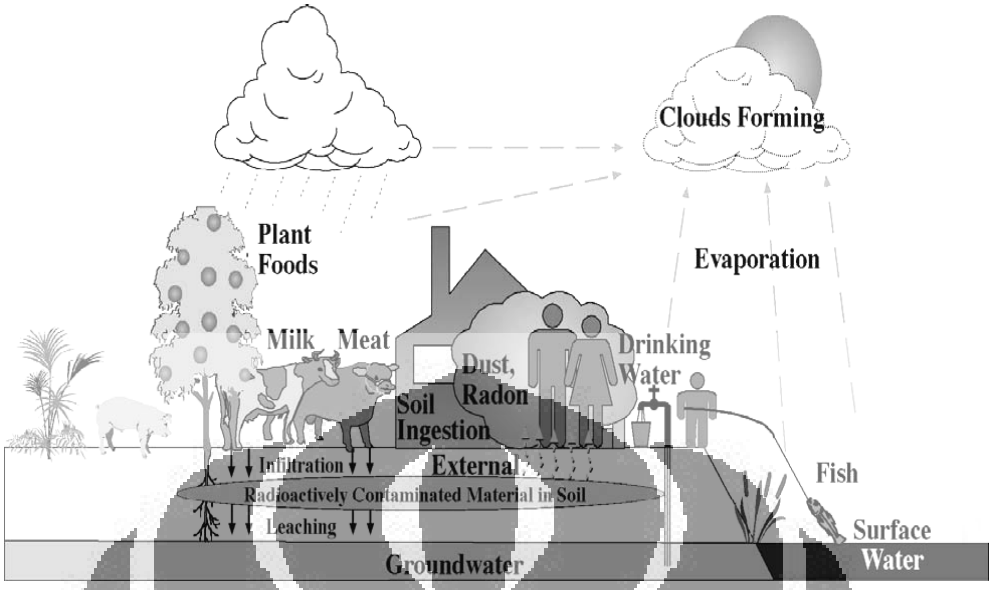
Keterangan : *1: Dikutip dari *Radiation Data Book* (Chijinshokan, 1982).
*2: Rn-220 adalah produk luruh dari Ra-224 pada rantai Th-232.
*3: Rn-222 adalah produk luruh dari Ra-226 pada rantai U-238.

Sumber : BAPETEN, 2006.

2.7.2. Jalur Masuk Radiasi TENORM ke Tubuh Manusia

Jika suatu radionuklida masuk ke dalam tubuh manusia, radionuklida tersebut akan terus menyinari tubuh sampai radioaktivitasnya meluruh atau tubuh mengeluarkan radionuklida tersebut. Laju peluruhan radionuklida bergantung pada waktu paro yang bervariasi dari mulai nano detik sampai ribuan tahun. Sedang laju keluaran radionuklida dari tubuh bergantung pada sejumlah variabel seperti komposisi kimia bahan dan laju perpindahan dari satu organ ke organ lain dan dapat berlangsung beberapa hari sampai tahunan. Dengan demikian, penyinaran dapat berlangsung secara cepat dalam beberapa hari, atau sampai puluhan tahun.

Radionuklida dapat masuk ke dalam tubuh melalui udara, air (air tanah, air permukaan, air laut), dan rantai makanan. Radionuklida tersebut masuk ke dalam tubuh secara *ingestion* (melalui makanan atau minuman), secara *inhalation* (pernafasan) atau melalui kulit. Radionuklida-radionuklida yang masuk ke tubuh manusia akan memberikan dosis interna, sedangkan radionuklida-radionuklida yang terdeposit atau terlarut dalam komponen-komponen lingkungan di luar tubuh akan memberikan dosis eksterna. Jalur masuk radionuklida ke dalam tubuh dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 Jalur Masuk Radionuklida ke dalam Tubuh

2.8.TENORM pada Industri

Pengukuran TENORM di berbagai industri yang dilakukan pada tahun 2006 seperti yang ditampilkan dalam Tabel 2.8.

Tabel 2.8. Identifikasi TENORM pada Industri di Indonesia pada Tahun 2006

Industri	Radionuklida	Konsentrasi Aktivitas (Bq/kg)	Laju pajanan (μSv/jam)	Lokasi Penemuan	Keterangan
Geothermal	Ra-226 Ra-228 Th-228 K-40	10,37 ~ 29,74 18,86 ~ 46,43 23,80 ~ 44,17 209,11 ~ 494,62	0,025 ~ 0,183	Kerak di luar	
Minyak dan Gas	Ra-226 Ra-228 Th-228 K-40	0,110 ~ 0,335 ttd ~ 0,409 ttd ~ 4,459 ttd	0,020 ~ 0,205	EWTP, *desalter*	Nilai maksimal terdapat pada *desalter*
Industri Fosfat	Ra-226 Ra-228 Th-228 K-40	1735,58 9,52 ttd 2122,03	0,031 ~ 17,400	Tangki TK 2434, Tangki pengolahan Phospat	Nilai maksimal terdapat pada tangki pengolahan

Industri	Radionuklida	Konsentrasi Aktivitas (Bq/kg)	Laju pajanan (μSv/jam)	Lokasi Penemuan	Keterangan
				rock, Lantai dasar pabrik, *Storage Phospat rock* + *Phospat Acid*	pupuk
Sandblasting					
Garnet	U-238 Th-232	50 ~ 770 40 ~ 6796		Tumpukan *garnet*	Nilai maksimal pada *garnet* dari India
Copper slag	U-238 Th-232	10 ~ 170 30 ~ 570		Tumpukan *Copper slag*	
Steel grit	U-238 Th-232	1,5 ttd	0,020 ~ 2,260	Timbunan *steel grit*, Tong *steel grit & steel shot*	
Tin slag	Ra-226 Ra-228 Th-228 K-40	780,03 1487,56 1730,53 200,13		Tanah sebaran Dermaga 7	Bekas pakai
Pulp dan Kertas	Ra-226 Ra-228 Th-228 K-40		0,022 ~ 0,072		Sampel tidak diambil karena tidak ada peningkatan pajanan
Pengolahan Baja	Ra-226 Ra-228 Th-228 K-40		0,026 ~ 0,069	Stock yard, slab steel plant, billet steel plant, ruang pamer, ruang pertemuan	Sampel tidak diambil karena tidak ada peningkatan pajanan
Aluminium	Ra-226 Ra-228 Th-228 K-40	ttd ttd 3,57 ttd	0,075 ~ 0,257	Alumina Silo, Area *Gas Cleaning System*, Kantor *gas*	Nilai maksimal terdapat pada alumina silo

Industri	Radionuklida	Konsentrasi Aktivitas (Bq/kg)	Laju pajanan (µSv/jam)	Lokasi Penemuan	Keterangan
				cleaning, Lobby kantor utama, Ruang Rapat	
Peleburan Timah	Ra-226 Ra-228 Th-228 K-40	4,38 ~ 35,69 ttd ~ 4,99 ttd ~ 6,79 ttd ~ 246,15	0,040 ~ 0,056	Ruang Pertemuan, *Gypsum storage*, *Slugde storage*, Konsentrat tembaga *storage*, *Slag storage*, *Anoda slime storage*	Nilai maksimal terdapat pada Ruang Pertemuan
Bahan Bangunan (GRANIT)	Ra-226 Ra-228 Th-228 K-40	75,38 ~ 86,71 118,59 ~ 136,96 133,96 ~ 148,46 1295,63 ~ 1341,18	0,048 ~ 0,230	Ruang Rapat, penempatan: Batuan *blue pearl*, *Granit Gamelia Brown*, *Granit African Red*	Nilai maksimal terdapat pada penempatan Granit *African Red*
Pengolahan Air	Ra-226 Ra-228 Th-228 K-40		0,044 ~ 0,061	Ruang Pertemuan, Tumpukan pasir bekas filtrasi, *Yard* pipa bekas, Parit air lumpur	Nilai maksimal terdapat pada tumpukan pasir bekas filtrasi
PLTA	Ra-226 Ra-228 Th-228 K-40		0,040 ~ 0,200	Mess PT. INALUM (Penginapan, R. Tamu), *Guest House*, Dam Siguragura, Jembatan	Nilai maksimal terdapat pada Mess Penginapan

Industri	Radionuklida	Konsentrasi Aktivitas (Bq/kg)	Laju pajanan (μSv/jam)	Lokasi Penemuan	Keterangan
				Simanimbo.	

Sumber : BAPETEN, 2006.

Pada tabel 2.9 memperlihatkan bahwa Australia membuat kategori TENORM berdasarkan jenis dan kegiatan yang dilakukan di industri, bahan baku, serta jenis radioaktifnya dengan kategori sebagai berikut :

1. Bahan baku (*raw material*)
2. Hasil produksi
3. Limbah yang dihasilkan/ hasil samping dari produksi

Tabel 2.9. Ringkasan NORM dalam Industri dan Bahan di Australia

Kategori NORM I. Bahan baku II. Produk III. Limbah/produk samping	Scale pertambangan/produksi dan limbah yang dihasilkan di Australia (estimasi)	Konsentrasi radionuklida (kBq/kg)	Pengelolaan limbah atau pemanfaatan produk samping
PENAMBANGAN DAN PEMROSESAN MINERAL PASIR I. Bijih II. Mineral berat III. a. Tails dari pemisahan primer b. *Oversize* dari pemisahan sekunder c. Tails dari pemisahan sekunder d. Debu dari pemisahan sekunder e. Padatan dari *rutile* sintetis f. Padatan *kiln*	I. 3,5 Mt/tahun II. a. 2,5 Mt/tahun Konsentrat b. 2 Mt/tahun *Ilmenite/Rutile* c. 390 kt/tahun Zircon d. 80 kt/tahun *Monazite* konsentrat e. **kt/tahun *Rutile* sintetis III. a. 30 Mt/tahun b. 40 kt/tahun c. 400 kt/tahun d. 20 kt/tahun e. **kt/tahun f. **kt/tahun	I. 0,02-0,3, 0,03-0,12 U II. a. 0,3-3 Th, <0,1-0,8 U b. 0,2-2 Th, <0,1-0,6 U c. 0,6-1,2 Th, 1-4 U d. 40-250 Th, 6-30 U e. <0,2-1,5 Th, <0,1-0,3 U III. a. <0,2 Th, <0,1 U b. 0,3-8 Th, 0,6-2,0 U c. 0,8-24 Th, 0,1-12 U d. 1-20 Th, 0,1-6 U e. <0,2-1,5 Th, <0,1-0,3 U f. 0,1-1,2 Th, 0,1-1,2 U	IIIa. Penyimpanan *landfill* diluar area penambangan IIIb. s/d IIIf. Pengenceran dengan padatan inert, kemudian penyimpanan *landfill.*
PRODUKSI PIGMEN TITANIUM I. Rutile/*Rutile* sintetis II. Pigmen Titanium III. a. Slurry ternetralisasi b. Padatan dari pengolahan efluen	I. sda II. 185 kt/tahun pigmen Titanium III. a. 200 kt/tahun	I. sda II. <0,01 Th, <0,01 U III. a. 1,2 Th, 0,35 U	IIIa. Penyimpanan *landfill* IIIb. Penyimpanan *landfill* IIIc. Pembuangan ke

Kategori NORM I. Bahan baku II. Produk III. Limbah/produk samping	Scale pertambangan/produksi dan limbah yang dihasilkan di Australia (estimasi)	Konsentrasi radionuklida (kBq/kg)	Pengelolaan limbah atau pemanfaatan produk samping
c. Efluen cair	b. 200 kt/tahun c. **	b. 0,8-1,4 Th, 0,3-0,5 U c. <0,1 Th, <0,1 U	laut
INDUSTRI ZIRCONIUM DAN KERAMIK I. Zircon II. Zirconia, bahan refraktori, keramik, glazes *a. Sludge* b. Residu klorinator c. Debu *d. Slag*	I. sda II. ** III. **	I. sda II. ** III. **	
PRODUKSI ALUMINA *I. Bauxite* II. Alumina III. Red mud	I. 55 Mt/tahun bauxite II. 16 Mt/tahun III. >20 Mt/tahun	I. 0,5 kBq/kg Th, 0,12 U, 0,7 K-40 II. ttd Th, ttd U III. 1,3 kBq/kg Th, 0,4 U, 0,15 K-40	III. *Landspreading*
PENAMBANGAN DAN PEMROSESAN TEMBAGA I. Bijih tembaga II. Konsentrat tembaga/logam yang dimurnikan III. a. Tails dari flotasi b. Debu dari smelter	I. 20 Mt/tahun II. a. 800 kt/tahun produk tembaga primer b. 250 kt/tahun tembaga yang dimurnikan III.	I. ** II. a. ** III. a. Bq/kg Th, Bq/kg U b. Bq/kg Pb-210, Po-210 c. Bq/kg Th, Bq/kg U	IIIa. Penyimpanan dalam kolam tailing dengan tails U

Kategori NORM I. Bahan baku II. Produk III. Limbah/produk samping	Scale pertambangan/produksi dan limbah yang dihasilkan di Australia (estimasi)	Konsentrasi radionuklida (kBq/kg)	Pengelolaan limbah atau pemanfaatan produk samping
c. *Slag* dari smelter	a. ** kt/tahun b. ** kt/tahun c. ** kt/tahun		
PENAMBANGAN DAN PEMROSESAN TANTALUM/TIMAH I. Bijih Tantalum II. a. Konsentrat Tantalum b. Timah III. a. Tails Tantalum b. Tin slag	I. 2,5 Mt/tahun II. a. 2,5 kt/tahun b. ** kt/tahun III. a. **kt/tahun b. ** kt/tahun	I. <10 Bq/kg Th, <60 Bq/kg U II. a. 7,5-75 Bq/kg U + Th III. a. ** b. **	IIIa. Penyimpanan *landfill*
PELEBURAN BESI I. Bijih besi II. Besi (+ baja) III. *a. Furnace slag* b. Debu	I. 200 Mt/tahun II. 8 Mt/tahun III. a. ** Mt/tahun b. ** kt/tahun	I. ** III. a. ** b. <100 kBq/kg Pb-210 dan Po-210	III.Penyimpanan *landfill* dari *slag* dan debu
INDUSTRI FOSFAT I. Batuan fosfat II. Pupuk, asam fosforik III.	I. 2 Mt/tahun (batuan lokal)	I. <0,01 kBq/kg Th, 0,1-1,9 U II.	IIIa. *Stockpiled* pada lokasi / manufaktur plasterboard (10%)

Kategori NORM I. Bahan baku II. Produk III. Limbah/produk samping	Scale pertambangan/produksi dan limbah yang dihasilkan di Australia (estimasi)	Konsentrasi radionuklida (kBq/kg)	Pengelolaan limbah atau pemanfaatan produk samping
a. Phosphogypsum b. Kalsium florida c. *Furnace slag* dan debu *d. Scale*	II. a. 4 Mt/tahun superfosfat b. 100 kt/tahun asam (<1993) c. ADP II. a. 250 kt/tahun (<1993) b. 90% dari bijih c. 1% dari bijih menjadi debu dan 85% menjadi slag	a. 0,01-0,06 kBq/kg Th, 0,5-2,2 U, 0,1-1,0 Ra-226 (termasuk ADP) b. <0,01 kBq/kg Th, 1,2-1,5 U, 0,3 Ra-226 III. a. <0,01 kBq/kg Th, 0,01-0,02 U, 0,8-0,35 Ra-226, 0,32-0,44 Pb-210 b. <0,01 kBq/kg Th, 0,01-0,2 U, 0,01-3,9 Ra-226, 0,03-1 Pb-210	
PRODUKSI MINYAK DAN GAS I. Minyak dan gas alam II. Minyak dan gas hasil pemurnian III. a. Pasir dan *sludge* b. *Scale* lunak c. *Scale* keras dan film	I. ** III. a. 200 t b. ** c. 1-2 t	III. a. <0,01 kBq/kg Th, <0,01 U, 0,1-10 Ra-226, 0,05-4 Ra-228, 0,01-1 Pb-210 b. <0,01-0,07 Na/kg Th, <0,01 U, 0,1-10 Ra-226, 0,05-4 Ra-228, 0,01-1 Pb-210 c. <0,01 Bq/kg Th, <0,01-0,5 U, 0,1-100 Ra-226, 0,1-40 Ra-228, 0,1-300 Pb-210	IIIa. *Landfill* Pembuangan di laut

Kategori NORM I. Bahan baku II. Produk III. Limbah/produk samping	Scale pertambangan/produksi dan limbah yang dihasilkan di Australia (estimasi)	Konsentrasi radionuklida (kBq/kg)	Pengelolaan limbah atau pemanfaatan produk samping
PLTU I. Batubara II. Tenaga listrik III. *a. Fly ash* *b. Bottom ash*	I. a. 35 Mt/tahun batubara hitam b. 38 Mt/tahun batubara coklat III. a. 8,6 Mt/tahun *fly ash* b. 1 Mt/tahun *bottom ash*	I. a. 0,005-0,05 kBq/kg Th, 0,01-0,05 U, 0,01-0,5 K-40 b. 0,005 kBq/kg Th, 0,01 U, 0,02 K-40 III. a. 0,02-0,2 kBq/kg Th, 0,02-0,19 U, 0,04-0,3 Pb-210, 0,1-0,8 K-40 b. 0,05-0,19 kBq/g Th, 0,05-0,2 U, 0,005-0,08 Pb-210, 0,04-0,10 K-40	IIIa. Penyimpanan *landfill* Manufaktur semen dan batubata IIIb. Penyimpanan *landfill* Konstruksi jalan
PENJERNIHAN AIR I. Air permukaan atau air bor II. Air minum III. *a. Sludge* *b. Resin dan cartridges*	I. 1400 GL III. 100 kt/tahun[1]	I. <1 Bq/L Ra-228, <1 Bq/L Ra-226 II. ** III. **	III. a. Penyimpanan *landfill* atau landspreading b. Penyimpanan *landfill*
BAHAN BANGUNAN I. a. Bahan baku b. Limbah produk samping	I. b. 15% daur ulang *phosphogypsum*, II. 10% fly ash	I. b. sda II. Beton – 0,001-0,24 kBq/kg Th, 0,001-0,25 Ra-	

Kategori NORM I. Bahan baku II. Produk III. Limbah/produk samping	Scale pertambangan/produksi dan limbah yang dihasilkan di Australia (estimasi)	Konsentrasi radionuklida (kBq/kg)	Pengelolaan limbah atau pemanfaatan produk samping
II. Batubata, semen, *plasterboard*, keramik lantai	III. **	226, 0,005-1,5 K-40 Batubata – 0,001-0,2 kBq/kg Th, 0,01-2,2 Ra-226, 0,01-1,6 K-40 *Plasterboard* - <0,01-0,05 kBq/kg Th, <0,01-0,7 Ra-226, 0,025-0,1 K-40 Keramik – 0,02-0,2 kBq/kg Th, 0,03-0,2 Ra-226, 0,16-1,4 K-40	

Sumber : FNCA, 2005

Tabel 2.10. Hasil Survei/Status Penggunaan Mineral termasuk Uranium dan Torium di Jepang

Mineral	Impor Tahunan (Negara Penghasil)	Produk (Produk Samping)	Proses	Konsentrasi Analisis Nuklida*[4] (Bq/g)			Laju Dosis Radiasi*[5] (μSv/jam)	Estimasi Dosis Efektif (mSv/Tahun)
				Sampel	U-238	Th-232		
Monasit	Sebelumnya 10 ton (Vietnam, Malaysia)	Unsur Spa *bathing*, Cat	Pasir monasit dihancurkan untuk digunakan sebagai bahan baku produk kesehatan, cat, dan unsur spa *bathing*.	Monasit	± 40	± 300*[6]	Gudang monasit Permukaan: 100 (konsentrasi Th 7%) Tempat fabrikasi produk 1 m: 0,8	0,3 (bekerja di tempat fabrikasi produk) (beban kerja tahunan: ± 360 jam, laju dosis tempat kerja*[7] : 0,75 μSv/jam)
Bijih fosfat	± 0,9 Juta ton (Cina, Moroko, Jordan, Afrika Selatan, dll)	*Diammonium* Hydrogen Fosfat (gipsum/	Bijih fosfat di-decomposed dengan menambahkan asam sulfurik ke dalam asam fosforik dan gipsum. Diammonium hidrogen fosfat dihasilkan dengan cara mereaksikan asam fosforik dengan ammoium.	Bijih fosfat (Jordan)	0,74	0,0078	Gudang bjih fosfat Permukaan: 0,32-0,46 1 m: 0,19-0,22 Penyimpanan bijih fosfat Permukaan lantai: 0,26 1 m: 0,17 Bijih fosfat (Morocco) Permukaan: 4,6 Gudang produk Permukaan: 0,05 1 m: 0,05	0,28 (bekerja di gudang bijih fosfat) (beban kerja tahunan: ± 1600 jam, laju dosis radiasi tempat kerja*[7] : 0,18 μSv/jam)
				Bijih fosfat (Morocco)	1,2	0,0084		
				Bijih fosfat (Cina)	0,10	0,0019		
				Fosfat diperkaya	0,8	0,0038		
				Diammonium Hydrogen Fosfat	0,73	0,0044		

Titanium	± 400.000 ton (Afrika Selatan, India, Vietnam, Australia, Canada, dll)	Titanium oksida (gipsum / oksida besi)	Mineral titanium di-decomposed dengan menambahkan asam sulfurik dan titanium oksida kemudian diproduksi *setelah still standing*, penyaringan, *baking* dan proses pengeringan.	Mineral Titanium (Afrika Selatan)	0,074-0,44	0,13-0,16	*Yard* bahan baku mineral (Afrika Selatan) Permukaan: 0,20-0,40 1m: 0,15-0,25 Tangki *still standing* Permukaan: 0,30 1m: 0,15 *Yard* limbah industri Permukaan: 0,30 1 m: 0,15	0,27 (bekerja di *yard* mineral) (beban kerja tahunan: ± 1400 jam, laju dosis radiasi tempat kerja*[7] : 0,19 μSv/jam)
				Produk titanium oksida	0,018	0,0013		
				Limbah industri	0,21	0,23		
Bastnaesite	± 2000-3000 ton (USA)	*Abrasive*	*Bastnaesite* dihancurkan dengan comminutor basah, dan	*Bastnaesite raw material*	1,1	5,8	*Yard* bahan baku Permukaan: 1,9 1 m: 0,6	0,40 (bekerja di *yard* produk) (beban kerja tahunan: ± 480 jam, laju dosis
				Padatan yang dipisahkan melalui filter	1,0	4,9		

			abrasive dahasilkan setelah penyaringan, pengeringan, roasting, penggerusan dan proses pengelompokan.	Produk abrasive	1,4	7,1	Bahan baku input hopper Permukaan: 2,0 1 m: 0,10 Yard produk Permukaan: 3,6 1 m: 0,88	radiasi tempat kerja*[7] : 0,84 µSv/jam)
Zirkon	± 70.000 ton (Afrika Selatan, Australia, dll)	Refraktori	Zirkon ditimbang dan kemudian dihasilkan *firebricks* setelah proses *mixing*, *molding*, *drying* dan *baking*.	Bahan baku (pasir zirkon)	4,2	0,77	*Yard* bahan baku (bubuk zirkon untuk *firebrick*) Permukaan: 2,7 1 m: 1,0 80% zirkon-kandungan refraktor Permukaan: 1,8 1 m: 1,2 *Yard* penyimpanan limbah sementara 1 m: 0,15	0,14 (bekerja di yard produk) (beban kerja tahunan: ± 120 jam, laju dosis radiasi tempat kerja*[7] : 1,13 µSv/jam)
				Firebricks (100% zirkon)	3,5	0,81		
				Debu yang dikumpulkan pada tempat pembuangan limbah	0,17	0,037		
Batubara	± 155 juta ton (Australia, Cina,	*Fly ash* *Clinker*	Ketika membakar batubara dalam *boiler*, *clinker*	Batubara (Cina)	0,015	0,018	*Yard* penyimpanan batubara	0,13 (bekerja di gudang *clinker*) (beban kerja
				Clinker	0,097	0,072		

	Indonesia, Canada, dll)		dan *fly ash* dikumpulkan dari dasar boiler dan alat pengumpul debu.	*Fly ash*	0,095	0,091	Permukaan: 0,03 1 m: 0,03 Gudang *clinker* Permukaan: 0,15 1 m: 0,15 Penyimpanan abu Permukaan: 0,15 1 m: 0,10	tahunan: ± 1100 jam, laju dosis tempat kerja*[7]: 0,12 µSv/jam).

Catatan:

*[4]: konsentrasi yang mewakili pada sampel yang ditemukan dalam survei mineral ke mineral menunjukkan konsentrasi aktivitas yang relatif tinggi. (survei dilakukan oleh Office of Nuclear Reactor Regulation, Nuclear Safety Division, Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology).

*[5]: laju dosis yang mewakili pada tempat-tempat yang ditemukan dalam survei mineral ke mineral menunjukkan lau dosis yang relatif tinggi. 1 m artinya laju dosis diukur pada titik 1 m dari target.

*[6]: Bahan menjadi subyek pengawasan karena konsentrasi dan jumlah thoriumnya melebihi 370 Bq/g dan 900 g.

*[7]: Laju dosis ditentukan dengan mengurangi laju dosis latar (diukur pada batas lokasi) dari laju dosis radiasi *ambient* pada jarak 1 m dari target

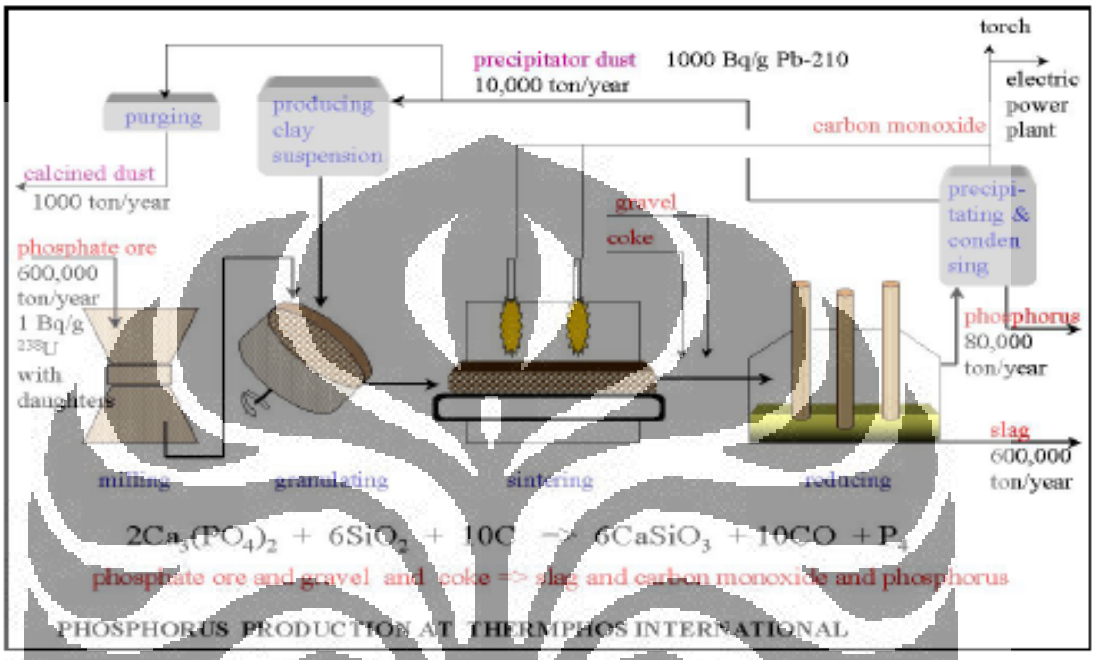
Sumber : FNCA, 2005

2.9. TENORM di Industri Fosfat

TENORM di industri fosfat berasal dari batuan fosfat yang ditambang pada skala besar sebagai bahan sumber untuk pupuk dan produk lain yang mengandung fosfor. Kandungan radionuklida pada bijih biasanya kurang dari 3 Bq/g. Batuan fosfat diproses dengan salah satu dari cara berikut.

1. Sebagian besar batu fosfat diolah dengan asam, dan tergantung pada proses rincinya, proses ini menghasilkan asam fosfor (sebagian besar digunakan untuk manufaktur pupuk dan sebagian lainnya untuk produk berbahan baku fosfat) atau mengubah batuan secara langsung menjadi pupuk. Bidang-utama yang mungkin menjadi perhatian radiologik adalah :
   a. Produksi asam fosfor menghasilkan asam fosfogipsum dalam jumlah besar yang mengandung radium pada konsentrasi yang sama dengan batuan asalnya. Fosfogipsum juga digunakan dalam bahan bangunan dan pertanian. Plaster board yang terbuat dari fosfogipsum dilaporkan memiliki konsentrasi aktivitas ^{226}Ra dari tingkat tidak bermakna seperti gipsum alam sampai dengan 0,7 Bq/g.
   b. Kerak dan sedimen yang mengandung radium yang terbentuk di dalam peralatan proses, konsentrasi radionuklidanya bervariasi mulai dari nilai yang sama dengan batuan asalnya sampai dengan 1000 kali lebih besar.
2. Beberapa batuan fosfat diubah di dalam tanur bersuhu tinggi menjadi elemen fosfor yang digunakan untuk produksi asam fosfor dengan kemurnian tinggi dan produk lainnya yang mengandung fosfor. Selama

proses tersebut, ^{210}Pb yang terkonsentrasi di debu presipitator dapat mencapai ribuan kali. (IAEA-SRS No.49)



Sumber : J. Van der Steen

Gambar 2.9. Produksi Fosfor oleh Proses Panas

Kegiatan pada industri fosfat bermula dari pertambangan maupun pengolahannya mengandung berbagai radionuklida alam yang terlepas ke lingkungan terutama ^{238}U dan ^{232}Th beserta anak luruhnya. Konsentrasi radionuklida bervariasi sesuai dengan tipe dan proses produksinya. Pada Tabel 2.11 dapat dilihat konsentrasi beberapa radionuklida pada industri pupuk fosfat yang terdiri dari *slag* fosfat, *phosphogypsum* dan pupuk fosfat.

Tabel 2.11. Konsentrasi Beberapa Radionuklida pada Industri Pupuk Fosfat

Radionuklida	*Concentration* Bq/g (pCi/g) *Slag phosphat*	*Concentration* Bq/g (pCi/g) *Phosphogypsum*	*Concentration* Bq/g (pCi/g) Pupuk fosfat	*Concentration* Bq/g (pCi/g) Potasium
^{40}K	-	-	-	25,75 (696)
^{238}U	0.92 (25)	0,22 (6,0)	2,04 (55)	-
^{234}U	0.88 (24)	0,23 (6,2)	2,07 (56)	-
^{230}Th	1,19 (32)	0,48 (13)	1,96 (53)	-
^{226}Ra	1,26 (35)	1,22 (33)	0,31 (8,3)	-
^{210}Pb	1,26 (35)	0,96 (26)	0,22 (5,8)	-
^{210}Po	1,26 (35)	0,96 (26)	0,22 (5,8)	-
^{235}U	0,05 (1,3)	0,01 (0,30)	0,096 (2,6)	-
^{231}Pa	0,05 (1,3)	0,01 (0,30)	0,096 (2,6)	-
^{227}Ac	0,05 (1,3)	0,01 (0,30)	0,096 (2,6)	-
^{232}Th	0,03 (0,77)	0,009 (0,27)	0,037 (1,0)	-
^{228}Ra	0,03 (0,77)	0,009 (0,27)	0,037 (1,0)	-
^{228}Th	0,03 (0,77)	0,052 (1,4)	0,037 (1,0)	-

Sumber : EPA, 1993

Pada industri fosfat, konsentrasi ^{238}U, ^{234}U, dan ^{230}Th dalam pupuk fosfat lebih tinggi dari pada *slag* fosfat dan *phosphogypsum*, sedangkan ^{226}Ra, ^{210}Pb, ^{210}Po yang terdapat pada *slag* fosfat lebih tinggi dari *Phosphogypsum* dan pupuk fosfat. Konsentrasi ^{230}Th, ^{226}Ra, ^{210}Pb, ^{210}Po pada *slag* fosfat, ^{226}Ra pada *phosphogypsum*, dan ^{238}U, ^{234}U, ^{230}Th pada pupuk fosfat sudah melebihi dari 1 Bq/g.

Pajanan radiasi dari cerobong *Phosphogypsum* berkisar 0,287μSv/jam (33 μR/jam) dan pada lokasi yang lebih besar volume *Phosphogypsum* pajanan radiasinya berkisar 0,174 – 0,87 μSv/jam (20 – 100μR/jam) dengan rata-rata pajanan 0,522 μSv/jam (60 μR/jam) (The TENORM Page, 2006).

Hasil penelitian Mellawati pada tahun 2004 yang dilakukan terhadap sedimen di perairan sekitar lokasi industri fosfat, seperti yang diperlihatkan pada Tabel 2.12.

Tabel 2.12. Kadar ^{238}U, ^{232}Th, dan ^{226}Ra dalam Sedimen dari Perairan Beberapa Negara

No.	Negara	^{238}U (Bq/kg)	^{232}Th (Bq/kg)	^{226}Ra (Bq/kg)
1.	Dunia	10 -50	7 - 50	Tidak terdeteksi
2.	Lousiana, USA	34	46	64
3.	China	26 -119	35 - 228	18 - 135
4.	Prancis	20 -85	23 - 52	6 - 40
5.	Yunani	15 - 1049	18 - 66	24 - 764
6.	Turki	15 - 224	5 - 63	Tidak terdeteksi
7.	Itali	15 - 169	16 - 174	Tidak terdeteksi
8.	Republik Ireland	8 – 120	3 - 60	10 - 200
9.	Netherlands	19 – 47	22 - 77	Tidak terdeteksi
10.	Jepang	Tidak terdeteksi	5 - 185	5 – 130
11,	Penelitian Mellawati	10,42-11,45	16,38 – 20,17	10,55 – 12, 23

Sumber Chowdhury, 1999, Mellawati, 2004
1 Bq$^{238}U \approx 8{,}10 \times 10^{-5}$ g^{238}U ; 1 Bq$^{232}Th \approx 26{,}81 \times 10^{-5}$ Bq g ^{232}Th ;
1 Bq$^{226}Ra \approx 0{,}2778 \times 10^{-10}$ g ^{226}Ra

Kadar ^{238}U, ^{232}Th, dan ^{226}Ra yang terdapat dalam sedimen di perairan sekitar lokasi industri fosfat relatif lebih rendah dengan kadar ^{238}U, ^{232}Th, dan ^{226}Ra yang terdapat dalam sedimen di perairan negara lain, namun sedimen tersebut mempunyai

potensi meningkatkan pajanan radiasi bagi masyarakat dan lingkungan sekitarnya. (Mellawati, 2004)

Hasil penelitian Annaliah pada tahun 1994 yang dilakukan pada industri fosfat diperoleh data seperti yang ditunjukan pada Tabel 2.13.

Tabel 2.13. Kadar ^{238}U, ^{226}Ra ^{232}Th ^{40}K dalam Batuan Fosfat dan Hasil Pengolahannya pada Industri Fosfat tahun 1994

Kode	Jenis contoh	^{238}U (Bq/kg)	^{226}Ra (Bq/kg)	^{232}Th (Bq/kg)	^{40}K (Bq/kg)
A	Asam fosfat	1223,3	5,2	20,8	10
A'	Asam fosfat	1923,1	228,3	12,3	270,2
B	Gips	88,6	676,3	9,2	2
B'	Gips	163,1	1010,2	21,7	300,1
C	Batuan fosfat ex Madura	206,1	569,6	9,8	4
C'	Batuan fosfat ex Madura	190,8	278,1	14,4	170,4
D	Batuan fosfat ex Tunisia	484,3	836,3	24,1	67,3
D'	Batuan fosfat ex Tunisia	484,3	446,3	69,4	450,1
E	Batuan fosfat ex Maroko	1241,9	1716,3	13,7	3,6
E'	Batuan fosfat ex Maroko	1403,5	1780,3	47,0	2,6
F	Batuan fosfat ex Yordania	1414,4	866,6	13,4	2,5
F'	Batuan fosfat ex Yordania	1440,3	2100,2	24,5	3,5
G	Batuan fosfat ex Florida	1247,8	1445,2	39,7	2,1
G'	Batuan fosfat ex Florida	1279,7	1774,2	48,4	130,2
H	Pupuk fosfat (TSP)	1009,4	701,4	28,6	20,1
H'	Pupuk fosfat (TSP)	1052,5	811,3	14,8	325,3

Keterangan : Tanda (') = sampling kedua,
Analisis ^{238}U dan ^{232}Th dengan ralat ± 2%, analisis ^{226}Ra dan ^{40}K dengan ralat ± 10%

Sumber, Annaliah, et al, 1994

Batuan fosfat ex Tunisia, Maroko, Yordania, dan Florida memiliki kadar ^{238}U, dan ^{226}Ra lebih tinggi daripada batuan fosfat ex Madura (pada umumnya sudah melebihi nilai konsentrasi/kadar yang ditetapkan yaitu sebesar 1000 Bq/kg). (Annaliah, 1994)

Pengukuran secara langsung dilapangan terhadap pajanan radiasi gamma yang dilakukan pada industri fosfat seperti yang diperlihatkan pada Tabel 2.14.

Tabel 2.14. Hasil Pengukuran Pajanan Radiasi Gamma pada Industri Fosfat

No.	Lokasi	Laju pajanan			Sampel	Keterangan
		Atomtex (µSv/jam)	Fieldspec (µSv/jam)	MINI SON 21305/F0000233 (µSv/jam)		
1.	Ruang Pertemuan	0,049	0,047	-		
2.	Kantor K3	0,031	-	-		Pengukuran dilakukan di dalam mobil
3.	Kantor K3	0,041	-	-		Pengukuran dilakukan di luar mobil
PABRIK III (PA)						
1.	*Gypsum Storage*	0,091	0,092	-	Phospo Gypsum	
2.	Lantai dasar Pabrik PA	0,490	0,513	0,5		
3.	Tangki TK 2434	17,400	22	23		Pengukuran di dasar tangki bagian luar. Dalam Tangki terdapat H_3PO_4
4.	*Filter* 2	0,750	0,600	0,5		Dalam filter terdapat campuran gypsum

No.	Lokasi	Laju pajanan			Sampel	Keterangan
		Atomtex (µSv/jam)	Fieldspec (µSv/jam)	MINI SON 21305/F0000233 (µSv/jam)		
						dan asam fosfat
5.	*Filter* 1	0,150	0,140	0,2		Dalam filter terdapat campuran gipsum dan asam fosfat
6.	*Digester* 1	0,076	0,070	-		
7.	*Storage Phosporic Acid product*	0,057	0,0596	-		
8.	Tangki pengolahan *Phospate rock*	0,300	0,4	-		Pada saat pengukuran ada dalam kondisi *overhaul*
9.	Digester 2	0,044	0,461	-		
	Phospate rock storage				*Phospate rock*	
PABRIK II (SP 36)						
	Scrap Area	0,113	0,112	-		
1.	Tangki *mix acid*	0,040	0,0395	-		Pengukuran di area sekitar tangki
2.	*Netralizing Pit*	0,134	0,133	-		Pengukuran pada tepi *netralizing pit*
3.	*Storage Phospate Rock* + *Phospate Acid*	0,170	0,176	-		
4.	Lantai dasar pabrik	0,157	0,158	-		
	Unit Granulasi	0,065	0,0635			

No.	Lokasi	Laju pajanan			Sampel	Keterangan
		Atomtex (μSv/jam)	Fieldspec (μSv/jam)	MINI SON 21305/F0000233 (μSv/jam)		
5.	-	-	-	-	*Phospate Fertilizer* (SP-36)	Area Pengolahan *Phospate Fertilizer* tidak dikunjungi.
Catatan : *Action level* = 0,50 μSv/jam = 500 nSv/jam						

Sumber : BAPETEN, 2006.

2.10. Penentuan Risiko Radiasi TENORM dan Pengukurannya

Untuk menentukan risiko radiasi TENORM dapat dilakukan melalui tahapan yang harus dilakukan yaitu :

⇨ Melakukan *Screening survey* untuk menentukan *hot spot area.*

Screening survey ini dilakukan untuk mengetahui daerah kerja yang terkontaminasi dengan TENORM pada suatu industri. TENORM dapat dideteksi secara langsung melalui radiasi gamma dari anak luruhnya dengan surveymeter. Untuk *Screening survey* ini diperlukan surveymeter yang peka terhadap radiasi gamma. Surveymeter dengan detektor GM atau NaI(Tl). yang dapat mendeteksi sampai μR/jam, sedangkan untuk mengukur kontaminasi permukaan dapat digunakan surveimeter dengan detektor GM tipe E, seperti yang diperlihatkan pada 2.8 dan gambar 2.9.

Gambar 2.10. Surveimeter tingkat radiasi gamma

Gambar 2.11 Surveimeter tingkat kontaminasi

Screening survey dapat juga dilakukan dengan mengunakan spektometer *gamma in situ* dengan detektor Ge kemurnian tinggi (HPGe), seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.10. Dengan alat ini keberadaan TENORM sekaligus jenis radionuklidanya dapat diketahui secara langsung.

Gambar 2.12.Spektrometer *Gamma In Situ*

⇨ Pengambilan sampel TENORM dan komponen lingkungan.

Pengambilan sampel dilakukan pada lokasi yang telah ditentukan. Sampel padat diambil sebanyak 2-5 kg dan sampel cair diambil sebanyak 1-2 liter., seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.13. Sampel diberi label pada setiap wadahnya dengan mencantumkan nama lokasi, tanggal, bulan, dan tahun pengambilan, serta waktu pengambilan. (BATAN, 2003)

Gambar 2.13.Pengambilan Sampel TENORM

⇨ Melakukan analisis laboratorium untuk menentukan jenis dan konsentrasi radionuklida yang terkandung di dalam TENORM dan komponen lingkungan

Untuk menentukan konsentrasi radionuklida di dalam TENORM, maka sampel TENORM harus dibawa ke laboratorium untuk dianalisis. Metode penentuan radionuklida di dalam TENORM berbeda, tergantung dengan jenis radionuklida dan sifat fisik dari TENORM tersebut.

⇨ Melakukan perkiraan dosis yang diterima pekerja dan masyarakat untuk menentukan risiko radiasi TENORM.

Pengukuran konsentrasi dari masing-masing radionuklida yang terkandung di dalam TENORM perlu dilakukan untuk memperkirakan dosis yang diterima oleh pekerja maupun masyarakat. Dengan diketahuinya konsentrasi masing-masing radionuklida, maka dapat diperkirakan dosis efektif tahunan yang diterima oleh pekerja maupun masyarakat di sekitar fasilitas industri.

2.11. Program RESRAD

RESRAD merupakan suatu perangkat lunak komputer yang dirancang untuk menghitung dosis dan risiko radiasi yang berasal dari bahan radioaktif residual. RESRAD 6 mewakili 6 versi utama dari kode RESRAD sejak pertama kali dikeluarkan pada tahun 1989. Sejak itu, RESRAD telah digunakan secara luas oleh *U.S. Department of Energy (DOE)* dan juga oleh *U.S. Environmental Protection Agency (EPA)*, *U.S. Army Corps of Engineers*, *U.S. Nuclear Regulatory Commission (NRC)*, industri, universitas, badan pemerintah serta institusi asing.

Perangkat lunak RESRAD (*RESidual RADioactivity*) dikembangkan sebagai suatu perangkat multifungsi untuk membantu mengembangkan kriteria pembersihan (*clean up*) dan memperkirakan dosis atau risiko yang berhubungan dengan bahan radioaktif residual. RESRAD dapat digunakan untuk:

a. Menghitung pedoman tanah (konsentrasi yang akan disesuaikan dengan dosis atau risiko yang didasarkan pada *clean up* atau persyaratan pelepasan yang seterusnya ditetapkan pada berbagai peraturan federal dan negara bagian).
b. Menghitung potensial dosis tahunan atau risiko seumur hidup terhadap pekerja atau anggota masyarakat yang dihasilkan dari pajanan bahan radioaktif residual dalam tanah.
c. Menghitung konsentrasi radionuklida dalam berbagai media (udara, air permukaan, dan air tanah) yang dihasilkan dari aktivitas residual dalam tanah.
d. Mendukung analisis ALARA (*as low as reasonably achievable*) atau analisis keuntungan biaya yang dapat membantu dalam proses pengambilan keputusan *clean up*.

2.11.1. Kriteria Pembebasan Radiologi

Kriteria dasar yang harus dipenuhi sebelum suatu tapak dapat dibebaskan untuk penggunaan tanpa pembatasan radiologi adalah :

$$H_E(t) \leq H_{EL}, \qquad t_r \leq t \leq t_h, \tag{2.1}$$

dengan

$H_E(t)$ = TEDE tahunan rata-rata yang diterima oleh anggota kelompok penduduk kritis pada waktu *t* setelah survei radiologi pada tapak (mSv/th),

H_{EL} = batas dosis dasar (0,25 mSv/th),

t_r = waktu tapak dibebaskan untuk penggunaan tanpa pembatasan radiologi setelah survei radiologi (1 th), dan

t_h = horizon waktu (1.000 th).

Waktu pelaksanaan survei radiologi merupakan waktu awal, atau waktu 0. Waktu tapak dibebaskan sesudah survei radiologi dilaksanakan adalah waktu pembebasan, atau waktu t_r. Nilai *default* yang digunakan dalam aplikasi RESRAD untuk t_r adalah 1 tahun, untuk t_h, nilai *default*nya adalah 1.000 tahun.

2.11.2. Faktor Konversi Dosis

DCF adalah rasio

$$DCF_{ix} = H_{E,ix} / E_{ix} \ , \tag{2.2}$$

dengan

$H_{E,ix}$ = EDE tahunan akibat pajanan radiasi eksterna (x = 1) dari radionuklida utama *i* dan radionuklida penghubungnya (mSv/th) atau CEDE tahunan akibat pajanan 50 tahun terhadap radiasi interna dari sejumlah

radionuklida utama *i* dan penghubungnya yang terhisap (*inhaled*) ($x = 2$) atau tercerna (*ingested*) ($x = 3$) dalam satu tahun (mSv/th); dan

E_{ix} = parameter pajanan untuk radionuklida utama *i* (konsentrasi radionuklida utama *i* pada suatu sumber standar [untuk jalur radiasi eksterna] atau jumlah tahunan radionuklida utama *i* yang terhisap atau tercerna [untuk jalur radiasi interna]) (Bq/g untuk radiasi eksterna [$x = 1$] dari zona terkontaminasi; Bq/th untuk radiasi interna dari inhalasi [$x = 2$] atau *ingestion* / penelanan) [$x = 3$]).

2.11.3. Faktor Transpor Lingkungan

ETF adalah rasio bergantung waktu

$$ETF_{ij,pq}(t) = E_{ij,pq}(t) / \left[S_i(0) \times SF'_{ij,pq}(t)\right], \qquad (2.3)$$

dengan

$E_{ij,pq}(t)$ = nilai parameter pajanan pada waktu *t* untuk radionuklida utama *j* (atau radiasi untuk selanjutnya) yang dibawa jalur lingkungan *pq* akibat peluruhan radionuklida *i* yang mulanya ada dalam tanah (Bq/g untuk radiasi eksterna dari zona kontaminasi; Bq/th untuk radiasi interna). Untuk $p = 1$, 2 atau 8 (jalur radiasi eksterna, inhalasi debu, atau *ingestion* / penelanan tanah), $E_{ij,pq} = E_{jp}$. Untuk $p = 3$, 4, atau 5 (jalur *ingestion* / penelanan makanan tumbuhan, daging, atau susu), bila $q = 1$, atau 2 (*uptake* akar atau deposisi daun-daunan), $E_{ij,pq} = E_{jpq}$. Untuk $p = 4$ atau 5, bila $q = 6$ (*ingestion* / penelanan tanah oleh ternak), $E_{ij,pq} = E_{jpq}$. Untuk $p = 6$ atau 7 (jalur *ingestion* / penelanan makanan laut atau air minum), $E_{ij,pq} = E_{ijp}$.

p = tanda indeks untuk jalur lingkungan.

q = tanda indeks untuk komponen jalur lingkungan p.

$S_i(0)$ = konsentrasi rata-rata radionuklida utama i dalam zona terkontaminasi seragam pada waktu 0 (Bq/g).

$SF'_{ij,\,pq}(t)$ = faktor pengatur untuk mengubah konsentrasi tanah. Untuk $p = 1, 2,$ atau 8, $SF'_{ij,pq}(t) = SF_{ij}(t)$; $SF_{ij}(t)$ adalah faktor sumber, yang bila dikalikan dengan $S_i(0)$, akan memberikan konsentrasi tanah radionuklida j pada waktu t, $S_j(t)$. Untuk $p = 3, 4$ atau 5, bila $q = 1$ atau 2, $SF'_{ij,pq}(t) = SF_{ij}(t)$; bila $q = 3$ atau 4, $SF'_{ij,pq}(t) = 1$. Untuk $p = 4$ atau 5, bila $q = 5$, $SF'_{ij,pq}(t) = 1$, dan bila $q = 6$, $SF'_{ij,pq}(t) = SF_{ij}(t)$. Untuk $p = 6$, atau 7, $SF'_{ij,\,pq}(t) = 1$.

Parameter pajanan untuk radiasi eksterna dari zona terkontaminasi adalah konsentrasi radionuklida utama j di tanah (*ground*), memperhitungkan okupansi dan ukuran dan kedalaman zona terkontaminasi dengan cara pengalian faktor. Parameter pajanan untuk jalur radiasi interna adalah besaran tahunan radionuklida utama j yang dihisap atau dicerna sesudah bermigrasi melalui jalur lingkungan pq. Hanya ada dua jalur pajanan interna (inhalasi dan *ingestion* / penelanan); beberapa jalur lingkungan dapat memberi kontribusi ke tiap jalur tersebut.

2.11.4. Faktor Sumber

Faktor sumber adalah rasio bergantung waktu

$$SF_{ij}(t) = S_{ij}(t)/S_i(0) \quad , \tag{2.4}$$

dengan

$S_{ij}(t)$ = konsentrasi pada waktu t radionuklida utama j yang tersisa di zona terkontaminasi setelah pelindian dan pertumbuhan dari radionuklida utama i, bila $j \neq i$ (Bq/g), atau konsentrasi pada waktu t radionuklida utama i yang tersisa di zona terkontaminasi sesudah pelindian dan peluruhan (atau transformasi), tidak termasuk andil dari pertumbuhan dari radionuklida lain, bila $j = i$ (Bq/g); dan

$S_i(0)$ = konsentrasi awal radionuklida utama i di zona terkontaminasi (Bq/g).

2.11.5. Total Dosis Efektif

"Dosis radiasi" didefinisikan sebagai dosis efektif (*effective dose equivalent* / EDE) dari radiasi eksterna dan dosis efektif terikat (*committed effective dose equivalent* / CEDE) dari radiasi interna. Sedangkan "dosis total" merupakan jumlah radiasi eksterna (EDE) dan radiasi interna (CEDE) dan disebut sebagai dosis efektif total (*total effective dose equivalent* / TEDE). Pembatas dosis atau *dose constraint* digunakan sebagai dasar untuk *guidelines* bergantung pada persyaratan peraturan dan skenario penggunaan tanah. Amerika Serikat menggunakan 0,25 mSv per tahun sebagai batas atau konstrain umum untuk *clean up* tanah atau dekontaminasi tapak. Asas pengawasan untuk semua *guideline* adalah sebagai berikut. Pertama, dosis radiasi tahunan yang diterima oleh anggota masyarakat dari residu zat radioaktif, diprediksi dengan realistik tetapi dengan analisis yang cukup konservatif terhadap penggunaan sebenarnya dari tapak atau kemungkinan penggunaannya di masa yang akan datang, tidak boleh melebihi dosis konstrain 0,25 mSv per tahun. Kedua, dosis harus memenuhi prinsip ALARA bila dampak kesehatan dan lingkungan, sumber daya ekonomi, budaya dan alam, serta faktor lainnya ikut dipertimbangkan.

BAB 3

KERANGKA KONSEP DAN DEFINISI OPERASIONAL

3.1. Kerangka Konsep

Penelitian ini mempunyai kerangka konsep yang terdiri dari beberapa tahapan yang terdiri dari Input, Proses dan Output. Ketiga tahapan tersebut menjadi suatu unit analisis yang saling terkait untuk keberhasilan dari penelitian ini. Adapun hubungan dari tahapan yang menjadi unit analisis tersebut digambarkan pada Gambar 3.1.

3.2. Definisi Operasional

Setiap elemen dalam masing-masing unit analisis Input, Proses dan Output didefinisikan menjadi suatu penjelasan seperti yang diuraikan di bawah ini :

3.2.1. Unit Input

1) Hasil penelitian adalah informasi yang diperoleh dari pengukuran dan analisis terhadap pajanan radiasi TENORM yang dilakukan di Indonesia maupun di luar negeri. Adapun informasi yang diperoleh adalah berupa nilai-nilai yang terdiri dari :

- ⇨ Laju pajanan gamma > 2 x BG
- ⇨ Pajanan radiasi gamma > 50μR/jam
- ⇨ Konsentrasi aktivitas > 1 Bq/g
- ⇨ Dosis efektif > 1 mSv per tahun

Cara pengukuran : Wawancara dan observasi dokumen.

Rekomendasi kebijakan..., Gloria Doloressa, FKM UI, 2008

Alat ukur : *Checklist*.

Skala pengukuran : Ordinal.

Hasil pengukuran : Nilai pajanan radiasi TENORM, yang diperoleh masih di bawah atau sudah melebihi nilai batas yang telah ditetapkan dalam peraturan.

2) Peraturan TENORM adalah peraturan-peraturan terkait dengan TENORM baik secara nasional/di Indonesia maupun internasional/luar negeri yang digunakan sebagai referensi dalam pengaturan TENORM. Peraturan tersebut terdiri dari :

- ⇨ *International Atomic Energy Agency* (IAEA) mengatur bahwa bahan dengan nilai konsentrasi ≥ 1 Bq/g dan nilai dosis efektif > 1 mSv/tahun adalah nilai batas untuk melakukan intervensi.
- ⇨ Peraturan Pemerintah Republik Indonesia (PP) No. 33 tahun 2007 tentang Keselamatan Radiasi Pengion dan Keamanan Sumber Radioaktif.
- ⇨ Peraturan Pemerintah Republik Indonesia (PP) No. 27 tahun 2002 tentang Pengelolaan Limbah Radioaktif
- ⇨ Peraturan Pemerintah Republik Indonesia (PP) No. 29 tahun 2008 tentang Perizinan Pemanfaatan Sumber Radiasi Pengion dan Bahan Nuklir.

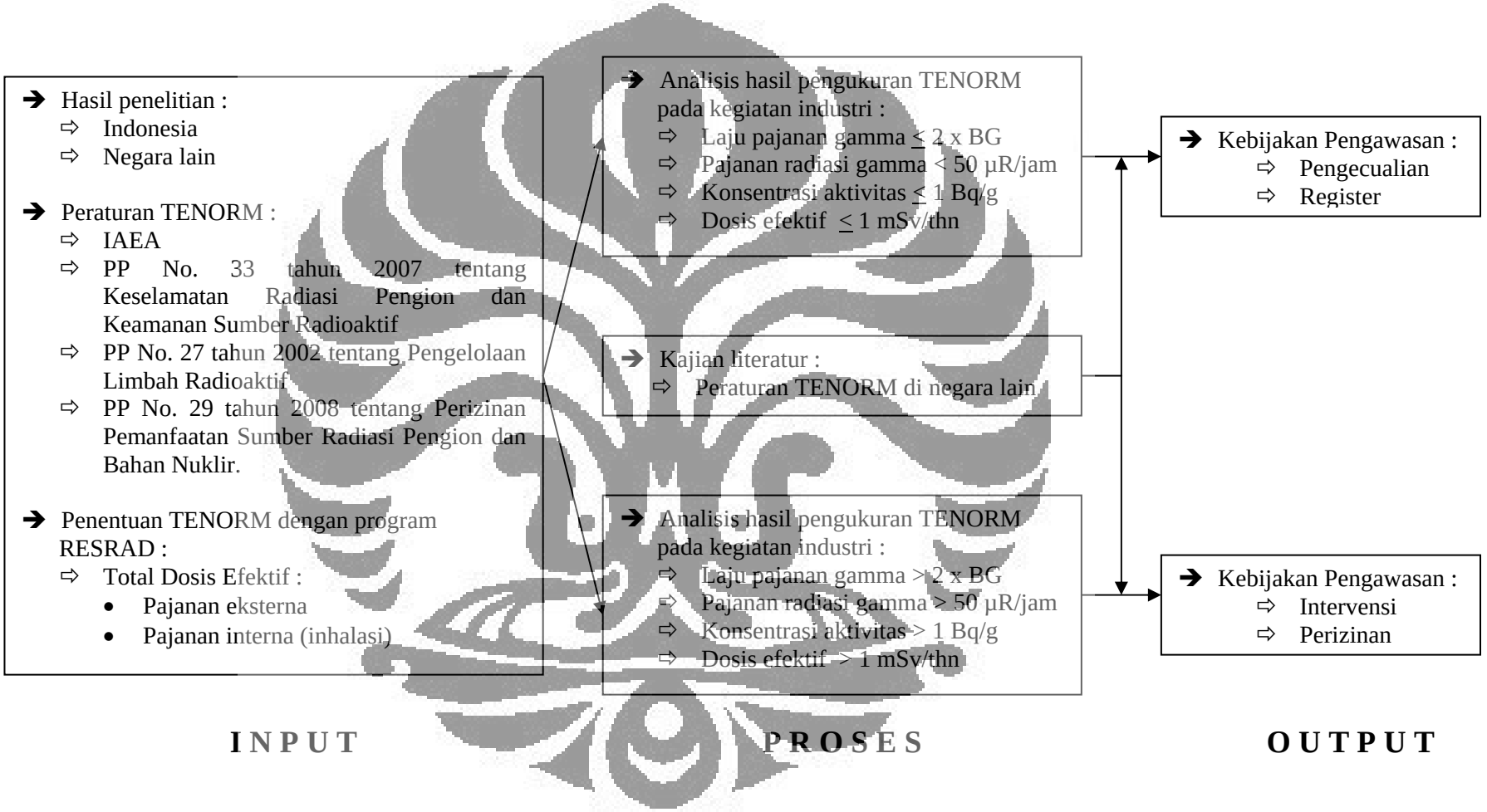
3) Penentuan TENORM dengan program RESRAD adalah suatu langkah yang dilakukan untuk mengetahui nilai total dosis efektif dari radiasi TENORM dengan menggunakan program RESRAD. Besarnya nilai dosis radiasi TENORM tersebut merupakan total dosis yang diperoleh melalui pajanan eksterna dan pajanan interna (melalui inhalasi/pernafasan).

3.2.2. Unit Proses

Kajian Literatur adalah suatu kajian terhadap pajanan radiasi TENORM yang dilakukan berdasarkan nilai dosis yang diperoleh dari hasil perhitungan program RESRAD, kemudian dibandingkan dengan peraturan yang terkait TENORM baik peraturan yang ada di Indonesia maupun yang ada di luar negeri. Peraturan-peraturan tersebut berisi tentang persyaratan dan ketentuan yang berlaku untuk TENORM.

3.2.3. Unit Output

Kebijakan Pengawasan adalah suatu konsep yang menjadi garis besar dari Badan Pengawas atau BAPETEN dalam melakukan kegiatan pengawasan TENORM terhadap industri yang dalam kegiatannya menghasilkan TENORM melalui intervensi atau perizinan.



Gambar 3.1. Kerangka Konsep

BAB 4

METODOLOGI

4. 1. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain studi eksplorasi yang merupakan suatu penelitian dengan melakukan analisis kualitatif terhadap data yang dikumpulkan melalui observasi dokumen maupun wawancara dalam upaya memperoleh beberapa informasi mengenai kebijakan pengawasan TENORM dan menentukan pilihan dari beberapa alternatif studi kasus yang telah ada. Penelitian ini juga dikelompokkan ke dalam survei pengalaman.

4. 2. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei-Juni 2008, di Pusat Teknologi Limbah Radioaktivitas (PTLR), di Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi (PTKMR) Badan Tenaga Nuklir Nasional dan di Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN).

4. 3. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian ini adalah melalui wawancara mendalam dan observasi dokumen.

Wawancara mendalam dilakukan sebagai salah satu penerapan dari metode triangulasi sumber. Melalui wawancara diharapkan bahwa para informan dapat memberikan informasi yang diperlukan dalam penelitian ini. Sebagai panduan dalam

Rekomendasi kebijakan..., Gloria Doloressa, FKM UI, 2008

melakukan wawancara digunakan pedoman wawancara, sehingga pelaksanaan wawancara lebih terarah.

Observasi dokumen dilakukan terhadap data pengukuran pajanan radiasi TENORM yang dilakukan oleh pihak PTLR-BATAN dan BAPETEN pada industri fosfat pada tahun 2006 dan 2007. Sebagai panduan dalam melakukan observasi dokumen digunakan daftar periksa (*checklist*) sehingga ketika pelaksanaan observasi dokumen tidak terjadi kekeliruan..

4. 4. Jenis Data

4.4.1. Data Primer

Data primer diperoleh melalui melalui wawancara dengan beberapa informan dari BAPETEN dan BATAN. Informan atau orang-orang yang diwawancarai dalam penelitian terdiri dari :

1. Kepala BAPETEN
2. Kepala Pusat Pengkajian Sistem dan Teknologi Pengawasan Fasilitas Radiasi dan Zat Radioaktif BAPETEN
3. Direktur Peraturan Pengawasan Fasilitas Radiasi dan Zat Radioaktif BAPETEN.
4. Direktur Perizinan Fasilitas Radiasi dan Zat Radioaktif BAPETEN
5. Kepala Bidang Pengkajian Industri dan Penelitian BAPETEN
6. Kepala Bidang Keselamatan dan Lingkungan PTLR-BATAN
7. Kepala Bidang Teknologi Penyimpanan Lestari PTLR-BATAN
8. Kepala Bidang Dosimetri PTKMR-BATAN
9. Kepala Sub Bidang Keselamatan Lingkungan PTKMR-BATAN

10. Ahli Peneliti Utama PTKMR-BATAN

4.4.2. Data Sekunder

Data sekunder diperoleh melalui observasi dokumen terhadap data pengukuran pajanan radiasi TENORM yang dilakukan oleh pihak PTLR-BATAN dan BAPETEN pada industri fosfat. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data tahun 2006 dan 2007.

4. 5. Pengolahan Data

Data sekunder berupa hasil pengukuran pajanan radiasi TENORM yang telah terkumpul kemudian diolah secara komputerisasi dengan menggunakan program RESRAD. Program RESRAD merupakan suatu perangkat multi fungsi untuk memperkirakan total dosis efektif atau kriteria yang terkait dengan zat radioaktif residu atau TENORM yang terdapat pada tanah.

Penentuan nilai total dosis efektif dari TENORM berdasarkan :

- ⇨ Jalur pajanan merupakan hubungan antara media lingkungan terkontaminasi, beragam jalur dan mekanisme transpor kontaminan untuk mengakibatkan pajanan terhadap manusia baik pajanan eksterna maupun pajanan interna (melalui inhalasi dan penelanan / *ingestion*).
- ⇨ Skenario pajanan radiasi merupakan keadaan lingkungan yang menyebabkan orang dapat terpajan oleh kontaminan melalui jalur pajanan lingkungan.

Jalur dan skenario pajanan merupakan informasi utama yang mempengaruhi pajanan radiasi TENORM dan merupakan data penting yang harus diperhitungkan dalam pengolahan data dengan program RESRAD.

4. 6. Analisis Data

Tahapan dalam menganalisis data penelitian ini dilakukan melalui dua tahap, yaitu melakukan perhitungan dengan menggunakan program RESRAD dan melakukan kajian literatur terhadap peraturan-peraturan yang terkait dengan TENORM baik peraturan yang ada di Indonesia maupun di negara lain.

Data primer penelitian yang diperoleh melalui wawancara mendalam sebagai salah satu penerapan dari metode triangulasi sumber. Tujuannya adalah sebagai upaya penyahihan suatu penemuan dan menghindari bias. Pembanding lain adalah data sekunder yang diperoleh melalui pengumpulan dan observasi dokumen yang berkaitan dengan TENORM. Hasil analisis data primer disajikan dengan menuliskannya dalam bentuk narasi dan bersifat personal sesuai yang diucapkan informan.

Terhadap data yang diperoleh akan dilakukan analisis yang mengarah pada kesimpulan dan rekomendasi kebijakan. Pembahasan hasil penelitian dilakukan dengan cara membandingkan hasil penelitian dengan peraturan yang relevan.

4.6.1. Program RESRAD

Pada tahap ini data yang diperoleh dari hasil observasi dokumen kemudian diolah secara komputerisasi dengan menggunakan program RESRAD. Hasil dari perhitungan program RESRAD tersebut berupa nilai total dosis efektif dari pajanan radiasi TENORM. Selanjutnya, hasil nilai total dosis efektif dibandingkan dengan nilai-nilai batas yang terdapat dalam peraturan-peraturan TENORM yang berlaku, masih di bawah atau sudah melebihi nilai batas yang telah ditetapkan.

4.6.2. Kajian Literatur

Kajian literatur ini bertujuan untuk memperoleh beberapa informasi yang akan digunakan sebagai landasan teori dan pedoman dalam memberikan rekomendasi kebijakan pengawasan TENORM, agar rekomendasi dapat sebagai masukan bagi Badan Pengawas dalam menetapkan kebijakan pengawasan dalam pelaksanaan pengawasan TENORM.

Kajian literatur ini dilakukan dengan membandingkan antara nilai total dosis efektif dari perhitungan program RESRAD dengan peraturan-peraturan yang terkait TENORM, baik peraturan di Indonesia maupun peraturan di luar negeri. Analisis terhadap nilai yang diperoleh dari perhitungan program RESRAD dengan peraturan-peraturan terkait TENORM adalah sebagai bahan pertimbangan yang akan diimplementasikan menjadi suatu kebijakan pengawasan yang akan ditetapkan oleh Badan Pengawas. Peraturan yang terkait TENORM diperlukan dalam rangka pengawasan dalam pemanfaatan tenaga nuklir.

Pemanfaatan adalah kegiatan yang berkaitan dengan tenaga nuklir yang meliputi penelitian, pengembangan, penambangan, pembuatan, produksi, pengangkutan, penyimpanan, pengalihan, ekspor, impor, penggunaan, dekomisioning, dan pengelolaan limbah radioaktif.

Dalam melakukan pengawasan terhadap semua kegiatan pemanfaatan maka BAPETEN memiliki kebijakan pengawasan melalui peraturan, perizinan dan inspeksi. Kebijakan pengawasan tersebut hendaknya juga berlaku dalam hal pengawasan terhadap TENORM. Peraturan bidang keselamatan nuklir dikeluarkan dengan maksud tercapainya tujuan pengawasan. Dalam hal ini akan dilakukan kajian terhadap nilai yang diperoleh dari perhitungan program RESRAD dengan peraturan

TENORM. Jika nilai tersebut tidak melebihi nilai batas yang telah ditetapkan dalam peraturan maka pengawasan TENORM dalam industri ini termasuk ke dalam pengecualian. Namun apabila nilai yang diperoleh melebihi nilai batas yang telah ditetapkan dalam peraturan, maka TENORM yang berasal dari kegiatan industri ini harus mendapat pengawasan melalui perizinan, sehingga harus mematuhi semua ketentuan peraturan dan perundangan pengawasan TENORM.

Pengecualian adalah dikeluarkannya suatu instansi dari kewajiban untuk memiliki izin Pemanfaatan Sumber Radiasi Pengion. Hal tersebut akan diberlakukan kepada industri apabila nilai tidak melebihi nilai batas yang telah ditetapkan dalam peraturan. Dalam hal register, BAPETEN tetap melakukan pengawasan TENORM namun tingkat persyaratan keselamatan yang harus dipenuhi oleh industri ini lebih rendah daripada persyaratan keselamatan yang harus dipenuhi untuk perizinan.

Perizinan bertujuan untuk mengendalikan bahwa kegiatan pemanfaatan akan dilakukan sesuai dengan peraturan yang berlaku. Dengan perizinan ini BAPETEN dapat mengetahui dimana, oleh siapa dan bagaimana kegiatan pemanfaatan dilakukan. Ada beberapa persyaratan keselamatan yang harus dipenuhi sebelum izin diberikan oleh BAPETEN, yaitu :

- ⇨ Mempunyai izin usaha atau izin lain dari instansi yang bersangkutan;
- ⇨ Mempunyai fasilitas yang memenuhi persyaratan keselamatan;
- ⇨ Mempunyai petugas ahli yang memenuhi kualifikasi;
- ⇨ Mempunyai peralatan teknik dan peralatan keselamatan radiasi;
- ⇨ Memiliki prosedur kerja yang aman bagi pekerja, masyarakat dan lingkungan hidup.

Sebagai implementasi dari kebijakan pengawasan yang telah ditetapkan oleh BAPETEN terhadap TENORM, maka kegiatan industri tersebut wajib memiliki izin dari Badan Pengawas dan harus memenuhi semua persyaratan izin yang berlaku.

Inspeksi dilakukan oleh BAPETEN dalam rangka pengawasan dan untuk memastikan ditaatinya syarat-syarat dalam perizinan dan peraturan perundang-undangan. Dalam rangka melaksanakan pengawasan TENORM maka BAPETEN melakukan inspeksi untuk memastikan apakah pengelolaan TENORM pada kegiatan industri tersebut telah mematuhi semua persyaratan izin berdasarkan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Semua uraian di atas dilakukan oleh BAPETEN untuk memastikan bahwa keselamatan radiasi yang merupakan tindakan untuk melindungi pekerja, masyarakat dan lingkungan hidup dari bahaya radiasi dapat dipenuhi.

BAB 5

HASIL PENELITIAN

Pada bab ini akan disampaikan hasil penelitian yang bersumber dari data primer maupun data sekunder. Data primer diperoleh dari beberapa informan melalui wawancara, sedangkan data sekunder diperoleh dari observasi dokumen yang sesuai dengan topik penelitian yang dilakukan.

5.1. Karakteristik Informan

Pada penelitian ini ditentukan beberapa informan dengan karakteristik berdasarkan pendidikan, masa kerja dan jabatan seperti yang diperlihatkan pada Tabel 5.1 sebagai berikut :

Tabel 5.1 Karakteristik Informan Berdasarkan Pendidikan, Masa Kerja dan Jabatan pada Tahun 2008

No	Kode Informan	Strata Pendidikan			Masa Kerja (Tahun)	Jabatan Informan
		S-3	S-2	S-1		
1	1	S-3			28	Kepala
2	2		S-2		27	Kepala Pusat
3	3			S-1	27	Direktur
4	4		S-2		25	Direktur
5	5	S-3			25	Kepala Bidang
6	6	S-3			20	Kepala Bidang
7	7		S-2		19	Kepala Bidang
8	8		S-2		23	Kepala Bidang

Rekomendasi kebijakan..., Gloria Doloressa, FKM UI, 2008

9	9	S-3			18	Kepala Sub Bidang
10	10			S-1	25	Ahli Peneliti Utama

Jumlah informan dalam penelitian ini sebanyak 10 informan. Informan-informan tersebut adalah pegawai senior yang telah mempunyai pengalaman di bidang ketenaganukliran sudah cukup lama. Masa kerja mereka dalam bidang ini pada umumnya sudah diatas 18 tahun, di samping itu saat ini informan juga sebagai pejabat struktural dan ahli peneliti utama dalam bidang keilmuan ini. Formasi informan adalah sebagai berikut : pejabat struktural sebanyak 9 orang dan pejabat fungsional sebanyak 1 orang. Pendidikan para informan terdiri dari S-3 sebanyak 4 orang, S-2 sebanyak 4 orang dan S-1 sebanyak 2 orang.

5.2. Hasil Wawancara

Wawancara dilakukan dengan BAPETEN dan Badan Pelaksana, dengan tujuan hasil wawancara yang diperoleh dapat menggambarkan tentang pengawasan TENORM dari sudut pandang sebagai Pengawas maupun Pelaksana. Hasil wawancara tersebut adalah sebagai berikut :

5.2.1. Hasil Wawancara dengan BAPETEN

a. Definisi TENORM

Definisi TENORM yang digunakan adalah berdasarkan PP No. 33 tahun 2007 dalam pasal 1 yang menyebutkan bahwa TENORM adalah zat radioaktif alam yang dikarenakan kegiatan manusia atau proses teknologi terjadi peningkatan

paparan potensial jika dibandingkan dengan keadaan awal. Berikut petikan wawancaranya :

"… definisi TENORM sesuai dengan PP tentunya karena secara legal sudah BAPETEN keluarkan dan tidak boleh keluar dari PP tersebut, TENORM adalah zat radioaktif alam yang dikarenakan kegiatan manusia atau proses teknologi terjadi peningkatan paparan potensial jika dibandingkan dengan keadaan awal…" (informan no. 3).

b. Penghasil TENORM

Penghasil TENORM adalah suatu badan atau industri yang disebabkan kegiatannya menghasilkan TENORM. Penghasil TENORM tidak memanfaatkan sumber radiasi namun memanfaatkan bahan yang lain, namun pada saat proses kegiatannya menghasilkan sumber radiasi di dalam produk, hasil samping maupun limbahnya. Berikut petikan wawancaranya :

"…Pertambangan, industri logam, industri migas, granit, peleburan timah, pupuk fosfat (menggunakan bahan baku batuan fosfat yang sudah mengandung NORM)…" (informan no.2)

"…..pertambangan, explorasi migas, pabrik pupuk fosfat…" (informan no.3)

"…Umumnya pertambangan non nuklir seperti tambang timah, tambang emas, eksplorasi minyak dan gas bumi…" (informan no.4)

"…ekstraksi mineral dan logam (tembaga, timah) (uranium, torium), peleburan timah (uranium, thorium), migas (radium), penambangan (uranium, torium), pupuk fosfat (uranium dan anak luruhnya)…" (informan no.5)

c. Intervensi

Intervensi merupakan suatu tindakan yang dilakukan dalam upaya mengurangi paparan radiasi TENORM yang dapat memapari manusia. Setiap penghasil TENORM wajib melakukan intervensi. Berikut petikan wawancaranya :

"…Intervensi merupakan tindakan untuk menurunkan paparan radiasi agar tidak melebihi nilai batas intervensi dengan tujuan keselamatan pekerja, masyarakat

dan lingkungan. Intervensi dilakukan dengan tindakan remedial seperti menghilangkan/memindahkan sumber seperti clean up atau dibersihkan, merubah pathway sumber radiasi seperti isolasi atau dijauhkan dari pekerja dan kondisi kerja seperti pemindahan sumber radiasi dari lingkungan kerja, pemberian shielding, ventilasi, pembatasan personil…" (informan no. 2)

"… Intervensi adalah setiap tindakan untuk mengurangi atau menghindari paparan atau kemungkinan terjadinya paparan kronik. Intervensi yang dilakukan adalah dalam bentuk clean up, isolasi, disposal. Bentuk intervensi yang akan dilakukan oleh penghasil TENORM disesuaikan dengan kondisi yang ada pada penghasil TENORM …" (informan no. 3)

"Intervensi adalah tindakan bagaimana caranya supaya dosis radiasi tidak diterima oleh manusia. Bentuk intervensi yang paling murah adalah landfill." (informan no.4)

"Intervensi tindakan untuk mengurangi paparan yang akan diterima oleh individu pada suatu kegiatan. Bentuk intervensi dalam remedial yang berarti pemulihan kembali, secara konkrit mengurangi paparan dalam bentuk menghilangkan sumber (keluar dari lokasi), memindahkan, memodifikasi pathway seperti isolasi (memasang shielding atau pagar supaya orang tidak mendekat) atau orang yang mungkin terpapar TENORM dikurangi dari segi waktu maupun personil." (informan no.5)

d. Tingkat Intervensi

Tingkat intervensi adalah suatu nilai batas yang digunakan untuk melakukan tindakan intervensi. Badan Pengawas menggunakan pedoman yang berasal dari IAEA sebagai referensi untuk menentukan tingkat intervensi. Berikut petikan wawancaranya :

"…Pedoman IAEA digunakan sebagai pedoman untuk menentukan tingkat intervensi TENORM …" (informan no. 1)

"…Semua negara menggunakan IAEA sebagai panduan untuk pengawasan TENORM. Tingkat intervensi merupakan dosis efektif per tahun > 1 mSv dan konsentrasi aktivitas > 1 Bq/g …" (informan no. 2)

"…Tingkat intervensi yang diambil oleh BAPETEN sudah mempertimbangkan peraturan internasional yaitu IAEA dan juga melihat dari peraturan negara-negara lain. Nilai intervensi dengan konsentrasi aktivitas > 1 Bq/g dan dosis efektif > 1 mSv/thn. …" (informan no. 3)

"…menggunakan peraturan IAEA sebagai pedoman, juga melihat beberapa pedoman dari negara-negara lain yang sudah lebih dahulu melakukan pengawasan TENORM sebagai referensi. Tingkat intervensi yaitu : dosis efektif per tahun > 1 mSv dan konsentrasi aktivitas > 1 Bq/g (informan no. 5)

e. Pelaksanaan Intervensi

Pelaksanaan intervensi dilakukan oleh penghasil TENORM melalui tindakan remedial yang terdiri dari pembersihan atau *clean-up*, isolasi dan penempatan limbah (*disposal*). Berikut petikan wawancaranya :

"…Intervensi dilakukan dengan tindakan remedial seperti menghilangkan/memindahkan sumber seperti clean up atau dibersihkan, merubah pathway sumber radiasi seperti isolasi atau dijauhkan dari pekerja dan kondisi kerja seperti pemindahan sumber radiasi dari lingkungan kerja, pemberian shielding, ventilasi, pembatasan akses personil…" (informan no. 2)

"…Intervensi yang dilakukan dalam bentuk clean up, isolasi, disposal. Bentuk intervensi yang akan dilakukan oleh penghasil TENORM disesuaikan dengan kondisi yang ada pada penghasil TENORM …" (informan no. 3)

"…dilakukan intervensi dengan isolasi seperti pemagaran, pembatasan akses manusia dan landfill…." (informan no.4)

"…Bentuk intervensi dalam remedial berarti pemulihan kembali, secara konkrit mengurangi paparan dalam bentuk menghilangkan sumber (keluar dari lokasi), memindahkan, memodifikasi pathway seperti isolasi (memasang shielding atau pagar supaya orang tidak mendekat) atau orang yang mungkin terpapar TENORM dikurangi dari segi waktu maupun personil." (informan no.5)

f. Koordinasi

Koordinasi yang dilakukan oleh Badan Pengawas dengan beberapa instansi pemberi izin atau instansi regulasi terkait TENORM, seperti ESDM, BP MIGAS, KLH, DEPPERIN, DEPNAKERTRANS dan PEMDA adalah sebagai upaya melaksanakan pengawasan TENORM. Berikut petikan wawancaranya :

"…Ada kesepakatan antara BAPETEN dengan Departemen ESDM bahwa nanti akan dibuat peraturan bersama yang harus dipatuhi oleh tingkat pusat yang

implementasinya di daerah bahwa setiap hal terkait dengan TENORM harus mendapat persetujuan dari BAPETEN…" (informan no.1)

"…Diperlukan koordinasi yang kuat antara instansi-instansi terkait pada tingkat pelaksana dalam menerapkan pengawasan TENORM dilapangan, walaupun izin pengelolaan TENORM bukan dari BAPETEN…" (informan no.2)

"…Untuk melaksanakan pengawasan TENORM diperlukan koordinasi yang baik antara BAPETEN dengan instansi pemberi izin, diantaranya kalau di perindustrian dengan Departemen Perindustrian, kalau di pertambangan dengan ESDM, kalau migas dengan BP MIGAS…" (informan no.3)

"…Tujuan dari koordinasi antara BAPETEN dengan instansi pemberi izin adalah supaya dapat meng-enforce, melakukan intervensi dan supaya masyarakat dapat selamat.…" (informan no.4)

"…Koordinasi BAPETEN dengan instansi lain yang terkait dengan pengawasan TENORM harus dilakukan dengan baik sehingga terbentuk suatu kesepahaman tentang kriteria keberterimaan dalam intervensi…" (informan no.5)

g. Pengawasan TENORM

Pengawasan TENORM dilakukan oleh Badan Pengawas dalam upaya melindungi pekerja, masyarakat dan lingkungan hidup terhadap bahaya radiasi TENORM. Berikut petikan wawancaranya :

"…Adanya peraturan bersama yang menyebutkan bahwa setiap hal terkait dengan pengelolaan TENORM harus mendapat persetujuan dari BAPETEN, apabila tidak maka izin dari ESDM tidak dapat diterbitkan…" (informan no.1)

"…Diperlukan SK bersama dalam pengawasan TENORM. Bisa juga pengelolaan TENORM menjadi salah satu persyaratan keselamatan radiasi di dalam dokumen AMDAL…" (informan 2)

"…Pengawasan TENORM tidak secara langsung oleh BAPETEN. Nantinya dalam melakukan pengawasan TENORM, BAPETEN akan bekerja sama dengan instansi pemberi izin supaya mempunyai daya enforce. Peraturan TENORM akan dimasukkan kedalam peraturan instansi pemberi izin sehingga terdapat pernyataan yang menjelaskan bahwa setiap hal terkait dengan radiasi maka merefer ke peraturan BAPETEN...." (informan no.3)

"…Pengawasan TENORM akan dilakukan secara berkoordinasi antara BAPETEN dengan instansi pemberi izin yang lain dalam bentuk SKB (Surat Keputusan Bersama) atau MOU (Memory of Understanding), tapi yang lebih dekat

adalah berupa SKB yang melibatkan BAPETEN, BATAN, ESDM, KLH, DEPERIN, PEMDA, dll…" (informan no.4)

"…Dalam melakukan pengawasan TENORM, BAPETEN melakukan koordinasi tergantung kasusnya, misalnya migas dengan ESDM dan BP MIGAS, tapi karena banyak terkait dengan lingkungan maka dilakukan koordinasi dengan KLH. Untuk industri pupuk fosfat maka harus ada koordinasi dengan Depnaker, harus ada keselamatan kerja. Pelaksanaan enforcement pengawasan TENORM dilakukan oleh instansi lain yang memberikan izin secara langsung. …" (informan no.5)

5.2.2. Hasil Wawancara dengan Badan Pelaksana (BATAN)

a. Definisi TENORM

Dalam bagian ini dapat diketahui pengertian tentang TENORM yang diberikan oleh Badan Pelaksana. Berikut petikan wawancaranya :

"…Terjadinya peningkatan konsentrasi radionuklida dan paparan radiasi pada NORM karena adanya kegiatan manusia…" (informan no.6)

"…Material atau bahan dari alam karena proses teknologi atau proses yang lain seperti pengolahan dan sebagainya dalam bidang pertambangan atau industri sehingga tingkat radiasinya menjadi lebih tinggi daripada bahan asalnya atau NORMnya..." (informan no.7)

"…Bahan yang terbentuk sebagai akibat terkonsentrasinya atau terakumulasinya radionuklida alam oleh suatu kegiatan manusia, pertambahan secara terus menerus. Peningkatan konsentrasi radionuklida alam karena adanya proses teknologi…" (informan no.8)

"...adanya peningkatan radiasi alam yang disebabkan oleh adanya kegiatan manusia yang melibatkan teknologi..." (informan no.9)

"... terjadi peningkatan pajanan radiasi dari radionuklida alam karena ada proses teknologi..." (informan no.10)

b. Potensi Bahaya TENORM

Dalam bagian ini Badan Pelaksana menjelaskan tentang potensi bahaya TENORM bagi manusia. Berikut petikan wawancaranya :

"…TENORM mengandung radioaktif yang apabila tidak dikelola dengan baik dan benar akan membahayakan bagi pekerja, masyarakat dan lingkungan hidup sehingga TENORM perlu dikelola dan diawasi…" (informan no.6)

"…TENORM menjadi akumulasi dari bahan yang mengandung radiasi atau zat radioaktif yang cukup banyak sehingga paparan radiasinya menjadi lebih tinggi. Bila tidak diawasi atau tidak dikelola bisa terjadi kontak dengan orang atau masyarakat secara terus menerus dan dapat menimbulkan bahaya bagi kesehatan…" (informan no.7)

"…TENORM merupakan bahan radioaktif yang apabila tidak dikelola dengan baik dan benar akan membahayakan, tidak hanya terhadap para pekerja sendiri tetapi juga masyarakat dan lingkungan hidup akan dapat tercemar, sehingga TENORM perlu dikelola dan diawasi…" (informan no.8)

"...Bahaya TENORM secara interna (gas Radon atau gas Thoron yang berasal dari Radium; debu, air) dan eksterna (radiasi gamma). Radioaktif juga mempunyai target organ ketika masuk ke dalam tubuh. TENORM perlu mendapat pengawasan karena bahaya yang ditimbulkan oleh TENORM tersebut, hal itu sudah melalui penelitian di luar negeri..." (informan no.9)

"...TENORM harus mendapat pengawasan karena selama ini banyak penelitian yang membuktikan bahwa ada potensi bahaya TENORM terhadap pekerja dan masyarakat..." (informan no.10)

c. Bentuk Intervensi

Dalam bagian ini dapat diketahui pendapat dari Badan Pelaksana tentang intervensi beserta bentuk intervensinya. Berikut petikan wawancaranya :

"…Intervensi adalah tindakan untuk mengurangi, mencegah atau menghilangkan potensi radiasi yang ada di TENORM dengan tindakan tertentu seperti remediasi atau clean-up atau membatasi orang untuk memasuki area radiasi TENORM…" (informan no.7)

"…Intervensi adalah suatu tindakan pengurangan dan menghindari paparan berlebih supaya pekerjanya tidak mendapatkan paparan yang terus dari TENORM mempunyai umur panjang, Prinsip proteksi radiasi harus diterapkan dalam intervensi TENORM…" (informan no.8)

"...Intervensi suatu usaha untuk mengatasi masalah yang berkaitan dengan TENORM. Intervensi dapat dilakukan dari aspek manajerial, aspek teknis dan aspek pengelolaan limbah dengan landfill..." (informan no.9)

"…Intervensi merupakan usaha untuk melakukan pembatasan dan mengurangi pajanan radiasi TENORM terhadap manusia.Intervensi bisa dilakukan dengan pembersihan lokasi dari cemaran TENORM, mengisolasi lokasi TENORM dari pekerja dan penyimpanan limbah TENORM..." (informan no.10)

d. Pengawasan TENORM

Dalam bagian ini dapat diketahui pendapat dari Badan Pelaksana dalam hal pengawasan TENORM. Berikut petikan wawancaranya :

"…Pengawasan TENORM dilakukan dengan cara menjadikan pengelolaan TENORM merupakan salah satu persyaratan untuk memperoleh izin kegiatan industri…" (informan no.6)

"…Pengawasan TENORM berupa laporan kepada BAPETEN bahwa pihak perusahaan memiliki TENORM dan melakukan pengelolaan TENORM supaya aman terhadap masyarakat dan lingkungan hidup. Bisa berupa izin namun persyaratannya tidak sama dengan izin pemanfaatan zat radioaktif, tingkatnya lebih ringan supaya tidak memberatkan kepada pihak perusahaan. Izin yang sifatnya/ketentuannya lebih ringan daripada izin pemanfaatan zat radioaktif…" (informan no.7)

"…Dalam pelaksanaan intervensi sebaiknya ada izin dari BAPETEN agar pengawasan TENORM lebih kuat dalam penerapannya…" (informan no.8)

"...Pengawasan TENORM bisa di masukkan sebagai bagian dari AMDAL atau RPL dan RKLnya. Bisa juga menjadi salah satu persyaratan untuk memperoleh izin dari instansi pemberi izin..." (informan no.9)

"...Pengawasan TENORM dilakukan dengan intervensi atau izin. Dengan izin mengingat potensi bahaya TENORM pada industri fosfat terhadap pekerja cukup tinggi dan industri fosfat sudah memakai bahan baku yang mengandung TENORM..." (informan no.10)

5.3. TENORM pada Industri Fosfat di Indonesia

Industri fosfat dalam penelitian ini merupakan satu-satunya industri fosfat di Indonesia yang bergerak dalam bidang produksi pupuk fosfat. Industri fosfat memiliki 3 (tiga) fasilitas pabrik yaitu pabrik I memproduksi Asam Fosfat, pabrik II memproduksi SP36 dan pabrik III memproduksi *Phosporic Acid*. Untuk mendukung produksinya industri fosfat ini mendatangkan bahan baku berupa bijih (batuan) fosfat

dari Jordania, Maroko, Cina dan Mesir. Untuk pabrik II persentase impor bahan baku dari Maroko dan pabrik III persentase terbesar dari Mesir dan Cina.

Bijih fosfat umumnya berupa pasir kuarsa, mineral tanah dan lainnya berupa partikel-partkel fosfat. Biji fosfat dapat diproses untuk menghasilkan asam fosfat dan produk derivat fosfat lainnya. Hasil ini selanjutnya dapat diproses secara kimiawi untuk menghasilkan pupuk fosfat. Batuan fosfat selain mengandung partikel-partikel fosfat dan mineral tanah, juga mengandung radionuklida alam berupa deret uranium (^{238}U, ^{234}U, ^{226}Ra dan ^{222}Rn), deret torium (^{232}Th, ^{228}Ra dan ^{220}Rn) dan ^{40}K. Konsentrasi uranium dalam biji fosfat berkisar antara 20 – 300 ppm (0,26 – 3,7 Bq/g) dan torium berada dalam konsentrasi 1,0 – 5,0 ppm (3,7 – 22,2 mBq/g).

Produksi asam fosfat dengan proses basah menimbulkan limbah kerak fosfat (kapur) dan produksi derivat fosfat dengan proses panas akan menimbulkan gips (*phosphogypsum*). Kerak fosfat (kapur) dan gips ini mengandung radionuklida uranium dan torium beserta anak luruhnya yang disebabkan oleh proses yang terjadi dan akan mengalami pemekatan (pengkonsentrasian) yang disebut TENORM *(Technologically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Materials*)

Limbah kapur dan gips ditimbun di dalam kawasan industri fosfat. Pada lokasi penimbunan kapur dan gips tersebut terdapat pekerja yang bekerja untuk keperluan pemuatan dan pembongkaran, serta kegiatan daur ulang.

Gas radon dan turunannya yang dihasilkan dari peluruhan ^{238}U maupun ^{232}Th akan 'keluar' (*emanate*) dari timbunan kapur dan gips ke udara dan menyebar di atmosfer sekitarnya. Jalur pajanan kedua gas dan turunannya ini merupakan sumber

terbesar dosis radiasi terhadap pekerja. Jalur pajanan utama yang diperhitungkan adalah inhalasi dan pajanan eksternal bentangan limbah kapur dan gips.

5.3.1. Hasil Pengukuran Radon dan Radiasi Gamma

Pengukuran laju dosis radiasi gamma dan konsentrasi radon dilakukan pada jarak 1 meter dan di atas permukaan bentangan limbah kapur dan gips. Hasil pengukuran dianalisis untuk memperkirakan dosis efektif tahunan pekerja. Lamanya waktu pajanan dalam setahun disesuaikan dengan waktu kerja 6 jam per hari, 5 hari per minggu dan 52 minggu per tahun.

Hasil pengukuran laju dosis gamma dan prakiraan dosis tahunan untuk pemancar-γ (gamma) pada pekerja dapat dilihat pada Tabel 5.2. Dosis tahunan diperoleh setelah data laju dosis di titik pengukuran dikurangi laju dosis latar 0,12 μSv/jam. Perkiraan dosis tahunan ini merupakan penerimaan dosis eksternal dari jalur pajanan bentangan limbah pemancar-γ turunan radon (Syahrir, 2007).

Tabel 5.2.Nilai Dosis Radiasi Gamma Pekerja di Industri Fosfat Tahun 2006

Limbah	Titik Pengukuran	Laju dosis, μSv/jam		Dosis Eksterna, μSv per tahun	Rerata, μSv per tahun
		Permukaan	Vertikal 1 m		
Kapur	1	0,66 ± 0,44	0,44 ± 0,02	509 ± 38,9	
	2	0,57± 0,03	0,33 ± 0,01	334 ± 21,6	
	3	0,56 ± 0,02	0,43 ± 0,02	487 ± 25,6	443 ±51,3
Gips	4	0,52 ± 0,02	0,34 ± 0,01	349 ± 21,5	
	5	0,43 ± 0,02	0,33 ± 0,01	334 ± 21,6	342 ± 30,5

Dari Tabel 5.2. terlihat bahwa hasil pengukuran dari beberapa titik diperoleh rerata dosis radiasi gamma yang diterima pekerja dari limbah kapur adalah sebesar (443 ± 51,3) μSv per tahun, lebih tinggi dibandingkan dengan rerata dosis di limbah gips yaitu sebesar (342 ± 30,5) μSv per tahun.

Hasil pengukuran konsentrasi radon di udara pada jarak 1 m, dan di atas permukaan limbah kapur dan gips, dan perkiraan dosis inhalasi bagi pekerja dapat dilihat pada Tabel 5.3. Untuk konversi dosis digunakan koefisien dosis 9 nSv/(Bq j.m^3) dengan faktor ekuilibrium 0,6 sesuai arahan UNSCEAR 2000.

Tabel 5.3.Nilai Dosis Inhalasi Pekerja di Industri Fosfat Tahun 2006

Limbah	Titik Pengukuran	Konsentrasi ^{222}Rn, Bq/m^3	Dosis inhalasi, μSv per tahun	Rerata, μSv per tahun
Kapur	1	121	983	
	2	111	903	
	3	86,7	702	863 ± 145
Gips	4	92,5	749	
	5	85,1	689	719 ±42,4

Dari Tabel 5.3. rerata dosis inhalasi yang diterima pekerja dari limbah kapur adalah sebesar (863 ± 145) μSv per tahun, lebih tinggi dibandingkan dengan dosis inhalasi dari limbah gips yaitu sebesar (719 ± 42,4) μSv per tahun. Berdasarkan nilai dosis yang diterima tersebut, maka dari kedua hasil perhitungan dapat diperoleh perkiraan dosis efektif pekerja tahunan untuk limbah kapur dan gips sebesar (1,3 ± 0,2) mSv per tahun dan (1,1 ± 0,1) mSv per tahun dengan menjumlahkan rerata dosis radiasi gamma dan dosis inhalasi dari Tabel 5.2. dan 5.3.

5.3.2. Nilai Total Dosis Efektif dari Program RESRAD

Dengan menggunakan program RESRAD diperoleh perkiraan nilai total dosis efektif tahunan pekerja berdasarkan konsentrasi radionuklida yang terkandung dalam limbah kapur dan gips.

Tabel 5.4.Konsentrasi Radionuklida Sampel Limbah Kapur dan Gips Tahun 2006

Sampel	Konsentrasi, Bq/kg						
	^{238}U	^{232}Th	^{226}Ra	^{224}Ra	^{228}Th	^{228}Ac	^{228}Ra
Kapur	1195	33,9	948,3	91,2	203,4	19,3	33,9
Gips	958,7	30,8	344,6	53,2	110,5	17,4	30,8

Tabel 5.4 menunjukkan konsentrasi setiap radionuklida yang terdapat di dalam limbah kapur dan gips. Pada limbah kapur, radionuklida yang mempunyai konsentrasi tinggi diantaranya ialah ^{238}U = 1195 Bq/kg, ^{226}Ra = 948,3 Bq/kg dan ^{228}Th = 203,4 Bq/kg. Untuk limbah gips, radionuklida yang mempunyai konsentrasi tinggi diantaranya ialah ^{238}U = 958,7 Bq/kg, ^{226}Ra = 344,6 Bq/kg dan ^{228}Th = 110,5 Bq/kg. Konsentrasi radionuklida yang terkandung di dalam limbah kapur mempunyai nilai yang lebih tinggi dari konsentrasi radionuklida yang terkandung di dalam limbah gips.

Program RESRAD digunakan untuk menghitung nilai total dosis efektif bagi pekerja di masing-masing lokasi limbah kapur dan gips. RESRAD di-*setting* untuk jalur pajanan eksternal dan inhalasi saja. Luasan kontaminasi untuk kapur adalah 65 500 m^2, dan gips 108 467 m^2. Perhitungan dosis tahunan dilakukan untuk masa kerja selama 25 tahun. Hasil perkiraan nilai total dosis efektif dengan RESRAD disajikan pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5. Nilai Total Dosis Efektif Pekerja pada Industri Fosfat dengan RESRAD

Area	Total dosis efektif, mSv per tahun	Eksterna, mSv per tahun	Radon, mSv per tahun	Inhalasi, mSv per tahun
Kapur	1,230	0,943	0,259	0,028
Gips	0,994	0,139	0,853	0,002

Dari Tabel 5.5 dapat diketahui total dosis efektif pekerja pada industri fosfat yang memperoleh pajanan dari limbah kapur dan limbah gips. Total dosis efektif pekerja yang diperoleh dari pajanan limbah kapur sebesar 1230 μSv per tahun (1,23 mSv per tahun), sedangkan dari pajanan limbah gips sebesar 994 μSv per tahun (0,994 mSv per tahun). Total dosis efektif pekerja yang diperoleh dari pajanan limbah kapur mempunyai nilai lebih tinggi dari total dosis efektif pekerja yang diperoleh dari pajanan limbah gips.

BAB 6

PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas hasil penelitian yang diperoleh dari data primer maupun data sekunder. Data primer diperoleh dari beberapa informan melalui wawancara, sedangkan data sekunder diperoleh dari observasi dokumen dan kajian literatur yang sesuai dengan topik penelitian yang dilakukan.

6. 1.Analisis Hasil Penelitian

6. 1.1. Nilai Dosis Efektif TENORM

Hasil penelitian diperoleh nilai Total Dosis Efektif pekerja dari pengukuran radon dan radiasi gamma yang berasal dari pajanan limbah kapur dan limbah gips sebesar (1,3 ± 0,2) mSv per tahun dan (1,1 ± 0,1) mSv per tahun. Dosis efektif ini diperoleh dengan menjumlahkan rerata dosis radiasi gamma dan dosis inhalasi. Pengukuran laju dosis radiasi gamma dan konsentrasi radon dilakukan pada jarak 1 meter dan di atas permukaan bentangan limbah kapur dan limbah gips.

Nilai Total Dosis Efektif dari Program RESRAD yang diperoleh dari pajanan limbah kapur sebesar 1,230 mSv per tahun, sedangkan pajanan dari limbah gips sebesar 0,994 mSv per tahun. Dosis efektif yang diterima dari limbah kapur mempunyai nilai yang lebih tinggi dari total dosis efektif pekerja yang di peroleh dari pajanan limbah gips.

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh melalui pengukuran radon dan radiasi gamma, dan Program RESRAD maka total dosis efektif yang diterima dari

Rekomendasi kebijakan..., Gloria Doloressa, FKM UI, 2008

pajanan limbah kapur sudah melebihi dari dosis yang ditetapkan bila mengacu pada ICRP 60 (1 mSv per tahun). Sementara dosis efektif melalui pengukuran radon dan radiasi gamma yang berasal dari limbah gips nilainya sudah melebihi, namun dengan Program RESRAD hampir mendekati 1 mSv. Dosis efektif yang diterima oleh pekerja dalam hal ini sebagai masyarakat umum, karena pekerja di industri fosfat belum termasuk pekerja radiasi. Saat ini BAPETEN masih menetapkan nilai batas dosis untuk masyarakat umum sebesar 5 mSv per tahun, sehingga dosis yang diterima masih di bawah nilai yang ditetapkan.

Hasil penelitian bila dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Mellawati, hampir sama yaitu melebihi 1 mSv, walaupun ada sedikit perbedaan.

Perbedaan hasil penelitian ini dapat terjadi pada saat pengukuran di lapangan, misalnya, waktu pengambilan yang berbeda, pemilihan *hot spot*, alat ukur yang digunakan, cara pengambilan sampel yang tidak sama, serta pelaksanaannya. Untuk mendapatkan hasil yang lebih sempurna dalam rangka menentukan dosis efektif pada pekerja di industri fosfat, perlu adanya kajian lebih lanjut atau analisis keselamatan pada industri fosfat dengan membuat pedoman. Pedoman ini akan menyamakan persepsi dalam pengelolaan TENORM, baik pada Badan Pengawas, Badan Pelaksana, dan Penghasil TENORM. Pedoman ini sebaiknya tidak saja digunakan pada industri fosfat, tetapi pada industri lain penghasil TENORM, namun harus disesuaikan dengan kondisi masing-masing industri. Kajian dan analisis keselamatan perlu dilakukan dalam rangka menentukan nilai batas dosis untuk masyarakat yang akan mengacu pada IAEA.

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh konsentrasi setiap radionuklida yang terdapat di dalam limbah kapur dan gips. Pada limbah kapur, radionuklida yang

mempunyai konsentrasi tinggi diantaranya ialah ^{238}U = 1195 Bq/kg, ^{226}Ra = 948,3 Bq/kg dan ^{228}Th = 203,4 Bq/kg. Untuk limbah gips, radionuklida yang mempunyai konsentrasi tinggi diantaranya ialah ^{238}U = 958,7 Bq/kg, ^{226}Ra = 344,6 Bq/kg dan ^{228}Th = 110,5 Bq/kg. Konsentrasi radionuklida yang terkandung di dalam limbah kapur mempunyai nilai yang lebih tinggi dari konsentrasi radionuklida yang terkandung di dalam limbah gips.

Dari hasil penelitian bila dibandingkan dengan nilai batas konsentrasi aktivitas menurut IAEA yang akan diacu, maka ^{238}U pada limbah kapur sudah melebihi nilai batas, sedangkan ^{226}Ra mendekati nilai batas, dan ^{228}Th dan lainnya masih lebih rendah dari nilai batas yang ditetapkan. Untuk limbah gips konsentrasi aktivitas ^{238}U mendekati nilai batas dan radionuklida lainnya masih lebih rendah dari nilai batas yang ditetapkan.

Berdasarkan hal di atas dalam menentukan nilai batas ini perlu pengkajian dan analisis lebih lanjut, karena radionuklida yang ada pada TENORM yang dihasilkan industri fosfat terdiri dari berbagai radionuklida namun pada satu jenis bahan (seperti limbah kapur, gips dll). Penentuan nilai batas untuk pengawasan TENORM, apakah melihat bahan secara menyeluruh (salah satu unsur sudah terpenuhi) dikategorikan dalam pengawasan. Demikian juga halnya bila dikaitkan dengan dosis yang diterima oleh pekerja pada industri fosfat tidak semua lokasi melebihi nilai dosis yang ditetapkan.

Kategorisasi juga dapat diberlakukan dengan melihat kategorisasi TENORM yang diterapkan oleh Jepang. Dalam menerapkan pengawasan TENORM, Jepang membuat kategori TENORM berdasarkan jenis dan kegiatan yang dilakukan, bahan baku, serta jenis radioaktifnya. Selanjutnya metode pengaturan sesuai dengan

karakteristiknya berdasarkan pada konsentrasi aktivitas radionuklida dan dosis radiasi.

6.1.2. Penelitian di Indonesia

Mellawati melakukan perbandingan kadar ^{238}U, ^{232}Th, dan ^{226} Ra yang terdapat dalam sedimen di perairan sekitar lokasi industri fosfat dengan kadar ^{238}U, ^{232}Th, dan ^{226} Ra yang terdapat dalam sedimen di perairan negara lain, diperlihatkan pada Tabel 2.12,. Kadar ^{238}U, ^{232}Th, dan ^{226} Ra yang terdapat dalam sedimen di perairan sekitar lokasi industri fosfat relatif lebih rendah dengan kadar ^{238}U, ^{232}Th, dan ^{226} Ra yang terdapat dalam sedimen di perairan negara lain, namun sedimen tersebut mempunyai potensi meningkatkan pajanan radiasi bagi masyarakat dan lingkungan sekitarnya.

Berdasarkan hasil penelitian Annaliah pada tahun 1994, ditunjukkan pada Tabel 2.13, yang dilakukan pada industri fosfat menunjukan bahwa pada batuan fosfat ex Tunisia, Maroko, Yordania, dan Florida memiliki kadar ^{238}U, dan ^{226} Ra lebih tinggi daripada batuan fosfat ex Madura (pada umumnya sudah melebihi nilai konsentrasi/kadar yang ditetapkan yaitu sebesar 1000 Bq/kg).

Dalam produk hasil pengolahan industri fosfat seperti asam fosfat, gips dan pupuk fosfat juga mengandung ^{238}U dan ^{226} Ra yang cukup tinggi. Seperti diketahui bahwa untuk mendukung produksinya industri fosfat ini mendatangkan bahan baku berupa bijih (batuan) fosfat dari Jordania, Maroko, Cina dan Mesir. Untuk pabrik II persentase impor bahan baku dari Maroko dan pabrik III persentase terbesar dari Mesir dan Cina. Berdasarkan hal tersebut dapat diperkirakan industri fosfat berpotensi meningkatkan pajanan radiasi bagi pekerjanya, karena menggunakan

bahan baku yang memang sudah mengandung radioaktif, kemudian pada kegiatan proses kerjanya, penyimpanan dan pengelolaan hasil limbahnya. Dengan demikian kegiatan pada industri fosfat berkontribusi untuk meningkatkan Total Dosis Efektif yang diterima pekerjanya.

Penelitian Mellawati pada tahun 2004, diperlihatkan pada Tabel 2.6 terhadap tiga kecamatan di sekitar industri pupuk fosfat diperoleh dosis efektif dari dosis eksterna yang diterima oleh penduduk diketahui bahwa dosis efektif radiasi eksterna yang diterima oleh penduduk berkisar 1,81-2,94 mSv per tahun, dan bila penduduk berada di sekitar tumpukan limbah padat dengan lokasi D dan E maka dosis yang diterima akan semakin besar yaitu berkisar 39,11-101,64 mSv per tahun.

Selain pajanan eksterna, penduduk juga menerima pajanan radiasi interna yang diperoleh dari pola makan melalui konsumsi ikan, sehingga terjadi peningkatan dosis. Total dosis yang diterima penduduk disekitar industri fosfat menjadi 2,10-2,62 mSv per tahun. Berdasarkan perhitungan dosis yang diterima penduduk, maka diperkirakan probabilitas penduduk terkena risiko kanker atau penyakit lain akibat pajanan radiasi adalah 5,13 orang per tahun.

Namun, berdasarkan penelitian Udiyani pada tahun 2002, pajanan radiasi alam di pulau Jawa berkisar antara 1,41 $\pm$ 0,09 μR/jam – 14,33 $\pm$ 0,69 μR/jam, maka perkiraan dosis radiasi yang diterima masyarakat di pulau Jawa yang berasal dari radiasi latar berkisar 1,23 – 12,26 mSv per tahun, dengan asumsi masyarakat menetap selama satu tahun.

6.1.3. Penelitian di Luar Negeri

Kegiatan pada industri fosfat bermula dari pertambangan maupun pengolahannya mengandung berbagai radionuklida alam yang terlepas ke lingkungan terutama ^{238}U dan ^{232}Th beserta anak luruhnya. Konsentrasi radionuklida bervariasi sesuai dengan tipe dan proses produksinya. Tabel 2.11 memperlihatkan konsentrasi radionuklida dari berbagai tipe bahan pada industri fosfat.

Konsentrasi ^{238}U, ^{234}U, dan ^{230}Th yang terdapat pupuk fosfat lebih tinggi dari pada *slag* fosfat dan *phosphogypsum*, sedangkan ^{226}Ra, ^{210}Pb, ^{210}Po yang terdapat pada *slag* fosfat, lebih tinggi dari *Phosphogypsum* dan pupuk fosfat. Konsentrasi ^{230}Th, ^{226}Ra, ^{210}Pb, ^{210}Po pada *slag phosphate*, ^{226}Ra pada *phosphogypsum*, dan ^{238}U, ^{234}U, ^{230}Th pada pupuk fosfat sudah melebihi dari 1 Bq/g.

Pajanan radiasi dari cerobong *Phosphogypsum* berkisar 0,287μSv/jam (33 μR/jam) dan pada lokasi yang lebih besar volume *Phosphogypsum* pajanan radiasinya berkisar 0,174 – 0,87 μSv/jam (20 – 100μR/jam) dengan rata-rata pajanan 0,522 μSv/jam (60 μR/jam).

Bila diasumsikan pekerja berada di lokasi ini selama 2000 jam (1 tahun), maka dosis yang diterima sebesar 1044 μSv (1,044 mSv). Sesuai rekomendasi ICRP tahun 1990 maka dosis yang diterima sudah melebihi nilai batas yang ditetapkan, namun masih dibawah nilai batas dosis yang ditetapkan BAPETEN.

Florida Institute of Phosphate Research melaporkan bahwa pemantauan yang dilakukan dengan TLD pada beberapa lokasi kegiatan di industri fosfat antara tahun 1992-1996 dapat dilihat pada Tabel 2.5. Laju dosis pada *Wet-Acid Production* lebih tinggi dibandingkan laju dosis lainnya. Dari hasil pemantauan pada lokasi tersebut

dapat diperkirakan bahwa dosis yang diterima pekerja akan melebihi 1 mSv per tahun, apabila pekerja bekerja terus menerus selama satu tahun.

Pada laporan ini juga diperkirakan penerimaan dosis pekerja dalam satu tahun, dengan lokasi yang berbeda berdasarkan hasil pemantauan dengan menggunakan TLD badge. Hasil pemantauan dosis pada pekerja dibedakan menurut jenis pekerjaan/lokasi yang berbeda, berkisar antara 3,48-209,9 mrem per tahun (0,035-2,099 mSv). Dosis yang tebesar pada *DAP carloader* dan terendah pada *Shipper-receiver*, dan RSO/estimator menerima dosis 15 mrem/tahun (0,15 mSv per tahun). Pada umumnya dosis yang diterima masih di bawah 1 mSv per tahun, dan hanya beberapa orang yang melebihi 1 mSv.

6.2. Peraturan Terkait TENORM

6.2.1. Peraturan di Indonesia

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 33 tahun 2007 tentang Keselamatan Radiasi Pengion dan Keamanan Sumber Radioaktif. Dalam peraturan ini TENORM diatur berdasarkan :

1. Pasal 48, menyebutkan antara lain bahwa :
   (1) Intervensi diterapkan dalam situasi meliputi paparan kronik.
   (2) Situasi paparan kronik meliputi :
      a. Paparan yang berasal dari NORM;
      b. Paparan yang berasal TENORM;
      c. Paparan yang berasal dari sisa zat radioaktif pada kejadian masa lampau

d. Paparan yang berasal dari Sumber yang tidak diketahui pemiliknya.

2. Pasal 49, menyebutkan bahwa :

   (1) Intervensi terhadap situasi paparan kronik dilaksanakan melalui tindakan remedial.

   (2) Ketentuan lebih lanjut mengenai intervensi terhadap paparan kronik diatur dengan Peraturan Kepala BAPETEN.

3. Pasal 50, menyebutkan bahwa pelaksanaan intervensi :

   (1) 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.

   (2) Pelaksanaan intervensi dilaporkan pada BAPETEN.

   (3) BAPETEN mengevaluasi pelaksanaan intervensi.

4. Pasal 51, menyebutkan bahwa BAPETEN wajib melaksanakan intervensi terhadap paparan kronik kecuali TENORM melalui tindakan remedial.

5. Pasal 52, menyebutkan bahwa pelaksanaan intervensi hanya diberlakukan untuk TENORM dan NORM dengan konsentrasi radioaktif melebihi Tingkat Intervensi.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 27 tahun 2002 tentang Pengelolaan Limbah Radioaktif. Peraturan yang berkaitan dalam pengelolaan TENORM adalah :

1. Pasal 4, menyebutkan bahwa Pengelolaan limbah radioaktif bertujuan untuk melindungi keselamatan dan kesehatan pekerja, anggota masyarakat, dan lingkungan hidup dari bahaya radiasi dan atau kontaminasi.

2. Pasal 32, menyebutkan bahwa :
   (1) Setiap orang atau badan yang melakukan penambangan bahan galian non nuklir yang dapat menghasilkan limbah radioaktif sebagai hasil samping penambangan wajib melakukan analisis keselamatan radiasi.
   (2) Hasil analisis keselamatan radiasi sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) wajib disampaikan kepada Badan Pengawas.
   (3) Tata cara analisis keselamatan radiasi sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) diatur lebih lanjut dengan Keputusan Kepala Badan Pengawas.
3. Pada penjelasan pasal 32, menyebutkan antara lain bahwa pengertian badan yang dimaksud adalah sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku. Analisis keselamatan radiasi meliputi kandungan zat radioaktif dan perkiraan limbah radioaktif selama penambangan.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 29 tahun 2008 tentang Perizinan Pemanfaatan Sumber Radiasi Pengion dan Bahan Nuklir. Peraturan ini mengatur tentang perizinan pemanfaatan tenaga nuklir antara lain :

1. Pasal 3, menyebutkan antara lain bahwa pemanfaatan Sumber Radiasi Pengion dikelompokkan menjadi 3 (tiga) yang meliputi Kelompok A, Kelompok B, dan Kelompok C.
2. Pada pasal 7 huruf b menyebutkan antara lain bahwa Pemanfaatan Sumber Radiasi Pengion kelompok B meliputi kegiatan antara lain penyimpanan zat radioaktif. Dalam penjelasan pasal 7 huruf b disebutkan bahwa penyimpanan zat radioaktif yang dimaksud adalah bahan lain yang mengandung radioaktif, yang

merupakan hasil samping antara lain dari kegiatan produksi, penambangan, atau rekayasa industri.

Berdasarkan peraturan tersebut, maka industri fosfat sebaiknya diberlakukan izin, karena kegiatan dalam proses produksinya berpotensi meningkatkan dosis radiasi pada pekerjanya. Kegiatan tersebut dimulai dari penggunaan bahan baku yang mengandung zat radioaktif, kegiatan pada prosesnya, serta limbah yang dihasilkan mengandung zat radioaktif (TENORM). Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa dosis yang diterima sudah melebihi dosis yang ditetapkan untuk masyarakat umum (1 mSv per tahun).

Namun bila melihat Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.27 tahun 2002 pada Pasal 32 maka industri fosfat yang melakukan penambangan bahan galian non nuklir yang dapat menghasilkan limbah radioaktif sebagai hasil samping hanya wajib melakukan analisis keselamatan radiasi. Hasil analisis keselamatan radiasi wajib disampaikan kepada Badan Pengawas. Dengan demikian dalam peraturan ini industri fosfat tidak memerlukan izin, tetapi harus melakukan analisis keselamatan radiasi dan melaporkan ke Badan Pengawas. Bila hal ini yang diberlakukan maka Badan Pengawas sebaiknya sesegera mungkin membuat pedoman cara melakukan analisis keselamatan dan mensosialisasikannya, baru kemudian dapat menerapkan peraturan ini. Hal ini dapat dilakukan dengan koordinasi dengan instansi yang terkait.

Walaupun industri fosfat tidak dalam pengawasan BAPETEN, industri ini tetap harus diawasi karena berpotensi menyebabkan risiko akibat dari kegiatannya. Maka sebaiknya industri ini menerapkan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja secara terintegrasi dalam rangka perlindungan terhadap pekerja,

anggota masyarakat, dan lingkungan hidup dari bahaya radiasi dan atau kontaminasi. Dengan demikian pengawasan dapat saja dilakukan oleh Departemen Tenaga Kerja karena industri fosfat adalah merupakan tempat kerja yang mempunyai risiko terhadap bahaya-bahaya yang ada di tempat kerja termasuk bahaya fisik (radiasi). Potensi bahaya ini dapat timbul dari mulai bahan baku, pada proses dalam kegiatannya, maupun penyimpanan dan pembuangan limbahnya. Pengawasan terhadap industri fosfat harus dilakukan sesuai dengan Pasal 3 pada Peraturan Menteri Tenaga Kerja No. 05 tahun 1996 tentang Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja, menyebutkan bahwa setiap perusahaan yang mempekerjakan tenaga kerja sebanyak seratus orang atau lebih dan atau mengandung potensi bahaya yang ditimbulkan oleh karakteristik proses atau bahan produksi yang dapat mengakibatkan kecelakaan kerja seperti peledakan, kebakaran, pencemaran dan penyakit akibat kerja wajib menerapkan Sistem Manajemen K3.

Pada penjelasan Pasal 50 di Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.33 tahun 2007 disebutkan juga bahwa *"TENORM umumnya merupakan mineral ikutan yang berasal dari kegiatan penambangan dan industri. Pengusaha yang karena kegiatannya ini menghasilkan TENORM bukanlah Pemegang Izin pemanfaatan tenaga nuklir, sehingga untuk implementasi ketentuan ini diperlukan koordinasi dengan instansi yang bertanggung jawab di bidang pertambangan dan perindustrian"*.

Namun bila dikaitkan dengan limbah TENORM, industri fosfat harus memenuhi standar baku mutu agar tidak mencemari lingkungan. Baku mutu untuk pengelolaan limbah seharusnya juga mencakup parameter untuk nuklir (radiasi), karena industri fosfat berpotensi melepaskan radionuklida alam ke lingkungan.

Namun demikian, pengawasan pengelolaan hidup berada di KLH, sementara pengelolaan limbah radioaktif berada pada BAPETEN. Untuk itu perlu kejelasan dalam hal pengawasan limbah industri fosfat.

Walaupun dalam penjelasan peraturan tidak disebutkan koordinasi dengan DEPNAKERTRANS dan KLH tetapi dalam pengawasan dan perlindungan terhadap pekerja DEPNAKERTRANS mempunyai peranan. Sedangkan KLH berperan dalam pengelolaan limbah dan perlindungan lingkungan hidup. Untuk itu perlu adanya kejelasan pengawasan terhadap industri fosfat, sehingga pengawasan dapat dilakukan oleh Badan Pengawas yang berwenang dan tidak terjadi tumpang tindih dalam pelaksanaannya.

Tumpang tindihnya pengawasan juga akan membingungkan pihak industri dan juga pelaksanaan pengawasan sehingga diperlukan koordinasi yang kuat antar lembaga pengawas. Dengan adanya koordinasi, diharapkan pengawasan akan lebih mudah dilaksanakan dan yang paling utama adalah terlindunginya masyarakat dari potensi bahaya radiasi TENORM.

6.2.2. Peraturan di Luar Negeri

BSS-115 menyebutkan bahwa keselamatan radiasi dan persyaratan dasar untuk undang-undang dan infrastruktur bidang pemerintahan perlu untuk menerapkan standar secara efektif. Suatu komponen penting dari infrastruktur ini adalah keberadaan suatu badan pengawasan nasional yang berkompeten yang mempunyai otoritas untuk menetapkan peraturan, seperti halnya kemampuan untuk menyelenggarakan pemenuhan peraturan.

Peraturan yang diterapkan dalam BSS 115 adalah sebagai berikut :

Pemanfatan (*Practices*)

BSS No.115 telah menguraikan kewajiban dasar dan persyaratan administratif yang harus dipenuhi jika suatu aktivitas TENORM tertentu dianggap sebagai dibawah kendali pengawasan. Aplikasi persyaratan, seperti yang ditetapkan oleh Badan Pengawas menurut BSS No.115, terhadap pemanfaatan apapun akan setaraf dengan karakteristik dari pemanfaatan itu. Tidak semua persyaratan relevan untuk setiap pemanfaatan. Dalam beberapa hal untuk aktivitas TENORM direkomendasikan pendekatan berjenjang terhadap suatu nilai, tergantung pada besar dan kemungkinan dari pajanan itu.

Pada industri TENORM, tindakan pengendalian yang sederhana, telah dipertimbangkan dalam kesehatan kerja secara umum, dengan perlengkapan proteksi radiasi yang cukup. Namun, persyaratan kesehatan kerja ditetapkan secara umum oleh Badan Pengawas yang tidak mempunyai pengetahuan khusus tentang risiko radiasi. Pedoman merupakan hal yang diperlukan oleh pelaksana dan pengawas pada tindakan pengendalian yang sesuai, untuk mencapai persyaratan kesehatan kerja secara umum.

Notifikasi (*Notification*)

Notifikasi adalah suatu persyaratan administratif, menginformasikan tujuan untuk melakukan suatu pemanfaatan tertentu kepada Badan Pengawas. Menurut BSS No.115 notifikasi didefinisikan sebagai 'suatu dokumen yang dikirimkan kepada Badan Pengawas oleh seorang yang berwenang untuk memberitahukan tujuan dari pemanfaatan atau tindakan lain yang diuraikan dalam Kewajiban Umum untuk

pemanfaatan Standar'. Notifikasi cukup dengan ketentuan bahwa pajanan normal yang terkait dengan tindakan atau pemanfaatan tidak melebihi nilai batas yang ditetapkan oleh Badan Pengawas. Nilai batas yang relevan dengan pajanan potensial, serta konsekuensi yang merugikan, jika dapat diterima untuk TENORM maka dapat diabaikan.

Pengawasan (*Authorization*)

Dalam BSS No.115 pengawasan adalah 'izin yang diberikan dalam suatu dokumen oleh Badan Pengawas kepada seorang yang berwenang yang menyampaikan permohonan untuk melakukan pemanfaatan atau tindakan lain, yang diuraikan dalam Kewajiban Umum untuk pemanfaatan Standar. Pengawasan dapat berupa registrasi (*registration)* atau izin'. Badan Pengawas berlaku untuk melakukan pengawasan, kecuali jika aktivitas NORM dikeluarkan atau dibebaskan.

Registrasi (*registration*) didefinisikan sebagai 'bentuk pengawasan untuk pemanfaatan berisiko rendah atau seorang yang berwenang bertanggung jawab terhadap pemanfaatan yang sesuai, mempersiapkan dan menyampaikan suatu penilaian keselamatan terhadap fasilitas dan peralatan yang dimilikinya kepada Badan Pengawas. Pemanfaatan mendapatkan pengawasan dengan beberapa kondisi atau batasan yang tepat. Beberapa persyaratan terhadap penilaian keselamatan dan kondisi atau batasan yang diberlakukan bagi pemanfaatan harus lebih lunak dibandingkan untuk izin'.

Izin didefinisikan sebagai 'suatu pengawasan yang diberikan oleh Badan Pengawas atas dasar suatu penilaian keselamatan dan dilengkapi oleh beberapa persyaratan dan kondisi-kondisi spesifik untuk ditaati oleh pemegang izin'.

Intervensi (*Intervention*)

Dalam upaya mengurangi atau mencegah pajanan dalam situasi intervensi, tindakan proteksi dan/atau remediasi akan dilaksanakan pada saat dibenarkan oleh Badan Pengawas. Tindakan, ukuran dan jangka waktu dioptimalkan agar menghasilkan manfaat yang maksimum, dengan mempertimbangkan keadaan sosial dan ekonomi. Infrastruktur pengawas perlu membuatnya dalam menentukan alokasi dari tanggung-jawab untuk manajemen intervensi situasi pajanan kronik, antara Badan Pengawas, organisasi intervensi lokal atau nasional dan *registrant* atau pemegang izin.

Rencana tindakan remedial atau lokasi-spesifik untuk situasi pajanan kronik akan disiapkan dengan tepat. Perencanaan akan menetapkan tingkat tindakan dan jenis tindakan yang akan dilakukan dengan mempertimbangkan pajanan individu, kolektif, risiko radiasi dan non radiasi, sosial dan ekonomi, serta manfaat dan pertanggungjawaban keuangan untuk intervensi.

"Area abu-abu" antara pemanfaatan dan intervensi merupakan masalah tertentu dalam TENORM, sebab banyak industri - termasuk bagian limbah terbesarnya memajani lingkungan – telah ada lama sebelum pengendalian pengawasan terhadap radiasi ditetapkan. Oleh karena itu, maka pengendalian pengawasan industri hendaknya harus diterapkan secara retrospektif. Jika diperlakukan sebagai " pemanfaatan " murni, ini dapat memaksakan persyaratan yang tidak praktis terhadap banyak industri. Selama ini proteksi radiasi tidak dipertimbangkan dalam perancangan pembuatan fasilitas.

Seperti diterangkan pada bagian sebelumnya, tidak semua hal yang berisi TENORM harus berada di bawah kendali pengawasan. Sistem pengawasan harus menentukan lingkup peraturan yang relevan, implikasi yang terjadi bahwa material itu berisi sejumlah radioaktivitas yang lebih tinggi dari tingkatan yang ditentukan akan memerlukan peraturan. Jika ini terjadi, ada beberapa sarana pengawasan yang dapat digunakan untuk mengendalikan bahan-bahan ini, tergantung pada tingkat pajanan terhadap pekerja dan anggota masyarakat.

Sistem pengawasan perlu membuat suatu pembedaan antara pemanfaatan dan intervensi serta menetapkan untuk kedua situasi tersebut sebagai kendali pengawasan. Pada suatu pemanfaatan, sarana pengendalian dari aktivitas TENORM, ketika tidak dikeluarkan atau dibebaskan, adalah notifikasi dan pengawasan. Notifikasi adalah suatu kewajiban orang yang berwenang yang berniat untuk menyelesaikan suatu aktivitas TENORM. Pengawasan adalah suatu kewajiban dari Badan Pengawas, dapat berupa format registrasi atau izin. Untuk intervensi, Badan Pengawas mempunyai kewajiban untuk menetapkan *action level* dan rencana tindakan, ketika Badan Pengawas telah membenarkan suatu intervensi.

Pengaturan di Kanada

Canadian Nuclear Safety Commission membedakan pajanan radiasi dari TENORM sebagai berikut :

1. *Occupationallly Exposed Workers*, adalah pekerja yang dalam kegiatannya terpajan dengan radiasi TENORM. Pekerja ini di klasifikasikan sebagai pekerja di lingkungan NORM, sehingga dosis efektif yang diterima tidak melebihi 20 mSv per tahun.

2. *Incidentally Exposed Workers*, adalah pekerja yang dalam kegiatannya tidak terpajan dengan radiasi TENORM. Pekerja ini di klasifikasikan sebagai masyarakat umum, sehingga nilai batas dosis efektif yang diterima 1 mSv pertahun (*Canadian Working Group*, 2000).

Dalam melakukan pengawasan TENORM, Kanada telah menerapkan peraturan untuk para pekerjanya menjadi dua kategori pekerja yang mempunyai kemungkinan menerima pajanan radiasi TENORM. Untuk pekerja dengan kategori *Occupationallly Exposed Workers* merupakan semua pekerja yang bekerja pada industri penghasil TENORM sehingga pekerja yang bekerja di area penghasil TENORM dikategorikan sebagai pekerja radiasi yang diperbolehkan untuk menerima dosis lebih dari 1 mSv per tahun namun tidak boleh melebihi 20 mSv per tahun. Sedangkan untuk pekerja dengan kategori *Incidentally Exposed Workers* merupakan pekerja yang mempunyai kemungkinan sangat kecil untuk menerima pajanan radiasi TENORM dan dianggap sebagai bagian dari masyarakat umum yang hanya boleh menerima dosis tidak lebih dari 1 mSv per tahun.

Saat ini Badan Pengawas belum melakukan pengawasan terhadap TENORM walaupun di dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.33 tahun 2007 pada pasal 50 telah menyebutkan bahwa penghasil TENORM harus melaksanakan intervensi melalui tindakan remedial. Namun implementasi dari peraturan tersebut, seperti apa saja yang harus diintervensi, apa saja yang harus dilakukan dalam melaksanakan intervensi, personil yang melaksanakan intervensi maupun peralatan proteksi radiasi yang digunakan selama pelaksanaan intervensi belumlah jelas,

karena belum ada pedoman yang mengatur tentang pelaksanaan intervensi TENORM itu sendiri.

Intervensi adalah tindakan yang dilakukan untuk menurunkan pajanan dari radiasi TENORM agar tidak melebihi tindakan intervensi. Sebelum melaksanakan intervensi, penghasil TENORM harus melakukan analisis keselamatan TENORM. Apabila hasil analisis melebihi tingkat intervensi maka penghasil TENORM harus melaksanakan intervensi. Ruang lingkup dari analisis keselamatan TENORM diantaranya yaitu :

1. Standar dasar proteksi radiasi.
2. Perkiraan lokasi keberadaan TENORM.
3. Penetapan tindakan intervensi.
4. Survey tingkat ambang TENORM.
5. Lokasi yang akan dilakukan survey.
6. Instrumen yang digunakan dalam melakukan survey.
7. Karakterisasi TENORM
8. Prosedur penanganan dan pengumpulan sampel TENORM
9. Laboratorium analisis TENORM
10. Pengangkutan

Intervensi dilakukan dalam bentuk tindakan remedial, diantaranya ialah dengan memodifikasi atau isolasi jalur pajanan, pembersihan (*clean up*) dan pembuangan limbah (*disposal*). Bentuk intervensi yang akan dilakukan oleh penghasil TENORM disesuaikan dengan kondisi yang ada pada penghasil TENORM

itu sendiri. Tindakan remedial bertujuan untuk menghindari penerimaan dosis perorangan agar tidak melebihi tingkat intervensi, diantaranya yaitu :

1. Menerapkan keselamatan kerja dalam menangani TENORM, seperti :
   a. Membuat prosedur keselamatan kerja penanganan TENORM
   b. Memberikan pelatihan kepada pekerja tentang pengelolaan TENORM
   c. Menerapkan pemeliharaan kebersihan untuk meminimalkan kontaminasi TENORM
   d. Menggunakan alat pelindung diri (*personal protective equipment*)
   e. Pembatasan akses bagi pekerja yang bukan pekerja radiasi.
   f. Pemantauan pajanan radiasi eksternal terhadap pekerja. Untuk pajanan karena penelanan (*ingestion*) dan produk peluruhan radon (inhalasi) dengan program estimasi dosis.
2. Pengemasan limbah TENORM, seperti :
   a. Jenis wadah penyimpanan limbah
   b. Pembungkusan wadah
   c. Pemberian label peringatan
3. Persyaratan lokasi penyimpanan, seperti :
   a. Pemagaran lokasi penyimpanan
   b. Pembatasan akses
   c. Pemberian tanda bahaya radiasi
4. Prosedur penyimpanan TENORM, seperti :
   a. Pemutakhiran dokumen inventori TENORM
   b. Pemantauan pengemasan wadah penyimpanan

Sebelum melaksanakan intervensi maka penghasil TENORM harus membuat prosedur pelaksanaan intervensi yang harus disampaikan kepada Badan Pengawas untuk dilakukan evaluasi. Ruang lingkup dari prosedur pelaksanaan intervensi tersebut diantaranya yaitu :

1. Pelaksanaan intervensi
2. Deskripsi lokasi pelaksanaan intervensi
3. Deskripsi lokasi pengelolaan limbah TENORM.
4. Hasil pemantauan paparan radiasi di sekitar lokasi pelaksanaan intervensi.
5. Prosedur pembersihan, isolasi dan penempatan limbah TENORM.
6. Pelatihan untuk personil yang melaksanakan intervensi.
7. Peralatan dan perlengkapan proteksi radiasi
8. Rekaman dan pelaporan pelaksanaan intervensi.

Setelah melaksanakan intervensi penghasil TENORM harus menyampaikan laporan pelaksanaan intervensi kepada Badan Pengawas. Laporan pelaksanaan intervensi diantaranya meliputi :

1. Identifikasi, pengukuran konsentrasi dan volume TENORM
2. Pengukuran paparan radiasi di sekitar lokasi pelaksanaan intervensi.
3. Pengukuran dan perkiraan risiko radiologik yang diterima oleh personil pelaksana intervensi maupun masyarakat.
4. Hasil pelaksanaan intervensi.

Prosedur dan laporan pelaksanaan intervensi harus disampaikan kepada BAPETEN untuk di evaluasi, kemudian hasil evaluasi akan diberikan kepada instansi pemberi izin sebagai bahan pertimbangan dalam pemberian izin selanjutnya.

"…setelah melakukan evaluasi terhadap prosedur pelaksanaan intervensi yang dibuat oleh penghasil TENORM maka BAPETEN akan mengeluarkan persetujuan pelaksanaan intervensi TENORM…" (informan no.1)

Petikan wawancara dengan informan no.1 menggambarkan bahwa nantinya BAPETEN akan menerbitkan persetujuan terhadap program pelaksanaan intervensi yang akan dilakukan oleh penghasil TENORM.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 26 tahun 2002 tentang Keselamatan Pengangkutan Zat Radioaktif pada pasal 7 menyebutkan antara lain bahwa sebelum pengangkutan dilaksanakan Pengirim harus terlebih dahulu mendapat persetujuan pengiriman dari Badan Pengawas. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 29 tahun 2008 tentang Perizinan Pemanfaatan Sumber Radiasi Pengion dan Bahan Nuklir yang tercantum di dalam pasal 74 dan pasal 75 yang menyebutkan antara lain bahwa BAPETEN hanya menerbitkan persetujuan untuk persetujuan ekspor dan impor dan persetujuan pengiriman kembali zat radioaktif atau bahan bakar nuklir bekas. Sehingga dalam hal penerbitan persetujuan, BAPETEN hanya dapat menerbitkan persetujuan pengiriman zat radioaktif, persetujuan ekspor dan impor dan persetujuan pengiriman kembali zat radioaktif atau bahan bakar nuklir bekas. Persetujuan terhadap pelaksanaan intervensi TENORM tidak termasuk ke dalam persetujuan yang akan dikeluarkan oleh BAPETEN. Sehingga dalam hal ini BAPETEN tidak dapat menerbitkan persetujuan untuk program pelaksanaan intervensi TENORM.

"…Hasil evaluasi dari BAPETEN terhadap prosedur pelaksanaan intervensi dan laporan pelaksanaan intervensi akan diberikan kepada instansi pemberi izin dalam bentuk rekomendasi. Secara hukum rekomendasi sudah cukup kuat kedudukannya untuk antar instansi…" (informan no.4)

Dari informan no.4 dapat diketahui bahwa hasil evaluasi terhadap terhadap prosedur pelaksanaan intervensi dan laporan pelaksanaan intervensi dari Badan Pengawas adalah berupa rekomendasi dan bukan berupa persetujuan.

Pemberian rekomendasi ini sama halnya seperti rekomendasi yang diberikan oleh KLH sebagai hasil evaluasi dan penilaian terhadap dokumen AMDAL yang dibuat oleh industri.

Dalam hal penerapan intervensi, pengawasan TENORM tidak dilaksanakan oleh BAPETEN secara langsung, sehingga dalam melakukan pengawasan TENORM, BAPETEN akan berkoordinasi dengan instansi pemberi izin lainnya agar mempunyai kekuatan hukum. Tujuan dari koordinasi antara BAPETEN dengan instansi pemberi izin adalah supaya dapat melakukan penegakan hukum, dengan melakukan intervensi agar pekerja, masyarakat dan lingkungan hidup dapat selamat dari potensi bahaya TENORM.

Dalam rangka melaksanakan pengawasan TENORM di Indonesia, dengan berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh dari dalam dan luar negeri serta mendengar pendapat dari beberapa informan yang kemudian juga didukung oleh beberapa peraturan TENORM di dalam dan di luar negeri, dapat ditentukan langkah apa yang harus dilakukan selanjutnya.

*"…Dari pengamatan dunia internasional pabrik pupuk fosfat merupakan target dari proteksi radiasi karena signifikan akumulasinya. Pada industri pupuk fosfat dari proses sudah tinggi, di proses cenderung menjebak Ra-226 dan Pb-210 terakumulasi di tangki-tangki-tangki dan pipa-pipa yang berakibat pada pekerja…" (*informan no.5*)*

Dari petikan wawancara diatas dapat diketahui bahwa permasalahan yang terjadi pada industri pupuk fosfat bukanlah hanya permasalahan yang terjadi di Indonesia, namun sudah menjadi permasalahan di dunia internasional juga.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh para ahli di dalam dan di luar negeri menunjukan bahwa industri pupuk fosfat mempunyai potensi bahaya TENORM yang cukup signifikan terhadap pekerja yang bekerja pada industri pupuk fosfat.

"…Pada industri pupuk fosfat, sejak awal telah menggunakan material bahan baku yang mengandung TENORM bahan baku pupuknya. Penelitian yang dilakukan oleh negara-negara luar mulai dari bahan baku, proses, produk, hasil samping dan limbah yang dihasilkan. Dari hasil penelitian tersebut membuktikan bahwa di lingkungan terjadi peningkatan kandungan radionuklida alam yang terlepas dari industri pupuk fosfat. Penelitian di Bangladesh dan Eropa bahwa rata-rata di lingkungan sekitarnya terakumulasi radionuklida alam seperti ^{210}Po, ^{210}Pb, ^{226}Ra, tidak hanya ditemukan pada kandungan air namun juga ditemukan pada ikan dan biota laut…" (informan no.8)

Informasi yang diperoleh dari informan no.8 hendaknya dapat membangunkan kesadaran dan keperdulian Badan Pengawas dan instansi terkait TENORM lainnya akan potensi bahaya TENORM terhadap lingkungan hidup di sekitar area industri pupuk fosfat. Sehingga mereka sebagai aparatur negara dapat menentukan langkah-langkah apa saja yang harus dilakukan dalam upaya melindungi masyarakat dan lingkungan hidup.

"… Untuk industri pupuk fosfat ada beberapa pendapat yang menyarankan untuk diperlakukan sebagai practice sehingga dianggap sebagai pemanfaatan dan dikenakan izin dari BAPETEN, karena mau di intervensi bagaimana, walaupun dilakukan intervensi akan tetap menghasilkan TENORM dengan konsentrasi aktivitas dan paparan tinggi secara terus menerus, akhirnya paparannya menjadi berkelanjutan dan berlangsung terus menerus. Apabila industri pupuk fosfat tidak dapat diturunkan menjadi 1 mSv dan cenderung di atas nilai tersebut maka akan diperlakukan sebagai practice atau pemanfaat sehingga diperbolehkan untuk memapari di atas 1 mSv tetapi hanya kepada pekerja radiasi sehingga harus memiliki izin dari BAPETEN. Di lokasi setempat banyak pekerja yang berpotensi menerima paparan radiasi yang melebihi nilai batas dosis untuk masyarakat tetapi mereka bukan termasuk pekerja radiasi. Industri pupuk fosfat dapat diberi kewenangan untuk memapari pekerjanya sehingga harus mempunyai izin dari BAPETEN…." (informan no.5)

Berdasarkan wawancara dari informan no.5 dapat diketahui beberapa permasalahan tentang TENORM yang terjadi pada industri pupuk fosfat, sehingga

berdasarkan itu pula maka untuk kasus yang terjadi pada industri pupuk fosfat tidak dapat dibiarkan begitu saja dan harus mendapat pengawasan.

Walaupun sampai saat ini Badan Pengawas belum menetapkan suatu kebijakan bahwa penghasil TENORM termasuk ke dalam kategori pemanfaat tenaga nuklir, namun tidak menutup kemungkinan untuk diberlakukannya izin. Pemberlakuan izin akan dilakukan dengan berdasarkan pertimbangan Badan Pengawas terhadap keselamatan pekerja, masyarakat dan lingkungan hidup bahwa industri fosfat mempunyai potensi meningkatkan dosis radiasi pada pekerja, masyarakat dan lingkungan hidup di sekitar industri fosfat tersebut.

Dalam melakukan kegiatan proses produksinya industri fosfat mempunyai potensi untuk meningkatkan dosis radiasi pada pekerjanya. Kegiatan tersebut dimulai dari penggunaan bahan baku yang mengandung zat radioaktif, kegiatan pada prosesnya, serta limbah yang dihasilkan mengandung zat radioaktif berupa TENORM. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan baik di dalam negeri maupun di luar negeri, ditemukan bahwa pekerja di industri fosfat maupun masyarakat di lingkungan sekitar industri fosfat menerima dosis melebihi nilai yang diperbolehkan untuk masyarakat. Nilai dosis yang diterima oleh pekerja akan semakin meningkat apabila pekerja di industri tersebut menetap/tinggal di lingkungan sekitar industri. Kontribusi peningkatan dosis pada pekerja industri fosfat dapat terjadi dimulai dari bahan baku yang digunakan (mengandung NORM), pada saat proses dalam setiap kegiatan yang dilakukan (TENORM), termasuk limbah yang dihasilkan dan cara pengelolaan limbahnya.

Rekomendasi ICRP tahun 1990 dosis radiasi untuk pekerja radiasi adalah 20 mSv per tahun, dan untuk publik (masyarakat) sebesar 1 mSv per tahun. Sesuai

dengan rekomendasi ini maka dosis yang diterima penduduk sudah melebihi nilai batas yang ditetapkan. Hal ini disebabkan karena pekerja pada industri fosfat saat ini masih dikelompokkan sebagai masyarakat umum dan bukan pekerja radiasi yang harus memenuhi persyaratan tertentu, dan industri fosfat bukan fasilitas yang memanfaatkan radiasi pengion atau bukan pemegang izin pemanfaatan tenaga nuklir.

Perizinan bertujuan untuk mengendalikan bahwa kegiatan pemanfaatan akan dilakukan sesuai dengan peraturan yang berlaku. Dengan perizinan ini Badan Pengawas dapat mengetahui dimana oleh siapa dan bagaimana kegiatan pemanfaatan dilakukan.

Ada beberapa persyaratan keselamatan yang harus dipenuhi sebelum izin diberikan oleh Badan Pengawas, yaitu :

1. Mempunyai izin usaha atau izin lain dari instansi yang bersangkutan;
2. Mempunyai fasilitas yang memenuhi persyaratan keselamatan;
3. Mempunyai petugas ahli yang memenuhi kualifikasi;
4. Mempunyai peralatan teknik dan peralatan keselamatan radiasi;
5. Memiliki prosedur kerja yang aman bagi pekerja, masyarakat dan lingkungan hidup.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.29 tahun 2008 tentang Perizinan Pemanfaatan Sumber Radiasi Pengion dan Bahan Nuklir telah mengatur tentang perizinan pemanfaatan tenaga nuklir. Dalam pasal 7 huruf b menyebutkan antara lain bahwa Pemanfaatan Sumber Radiasi Pengion kelompok B meliputi penyimpanan zat radioaktif. Dalam penjelasan pasal 7 pada huruf b disebutkan

bahwa penyimpanan zat radioaktif yang dimaksud adalah bahan lain yang mengandung radioaktif, yang merupakan hasil samping antara lain dari kegiatan produksi, penambangan, atau rekayasa industri.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.29 tahun 2008 dalam pasal 1 menyebutkan bahwa pemanfaatan adalah kegiatan yang berkaitan dengan tenaga nuklir yang meliputi penelitian, pengembangan, penambangan, pembuatan, produksi, pengangkutan, penyimpanan, pengalihan, ekspor, impor, penggunaan, dekomisioning, dan pengelolaan limbah radioaktif.

Pada uraian sebelumnya telah dijelaskan bahwa industri fosfat dalam melakukan kegiatan proses produksinya telah menggunakan bahan baku yang mengandung zat radioaktif, begitupula kegiatan pada prosesnya, serta limbah yang dihasilkan mengandung zat radioaktif berupa TENORM. Kontribusi peningkatan dosis pada pekerja industri fosfat TENORM merupakan hasil samping dari kegiatan produksi dan termasuk bahan lain yang mengandung radioaktif sehingga industri fosfat dapat dikelompokkan menjadi izin pemanfaatan kelompok B yang meliputi kegiatan penyimpanan zat radioaktif.

Adanya peraturan yang menjadi landasan hukum dalam menerapkan pengawasan TENORM dengan memberlakukan izin pemanfaatan sumber radiasi pengion terhadap industri fosfat akan memperkuat BAPETEN dalam melakukan pengawasan TENORM dalam bentuk perizinan dan inspeksi termasuk dengan penegakan hukumnya.

Untuk memperoleh izin penyimpanan zat radioaktif maka industri fosfat harus memenuhi persyaratan administratif dan persyaratan teknis.

Persyaratan administratif meliputi :

a. Kejelasan identitas pemohon izin
b. Akta pendirian badan hukum atau badan usaha
c. Izin dan/atau persyaratan yang ditetapkan oleh instansi lain yang berwenang sesuai dengan peraturan perundang-undangan
d. Lokasi penyimpanan zat radioaktif.

Sedangkan persyaratan teknis meliputi :

a. Prosedur penyimpanan zat radioaktif.
b. Spesifikasi teknis zat radioaktif yang disimpan yang sesuai dengan standar keselamatan radiasi.
c. Perlengkapan proteksi radiasi dan/atau peralatan keamanan penyimpanan zat radioaktif.
d. Program proteksi dan keselamatan radiasi dan/atau program keamanan penyimpanan zat radioaktif.
e. Hasil pemeriksaan kesehatan pekerja radiasi yang dilakukan oleh dokter yang memiliki kompetensi, yang ditunjuk pemohon izin, dan disetujui oleh instansi yang berwenang di bidang ketenagakerjaan.
f. Data kualifikasi personil, yang meliputi petugas proteksi radiasi, pekerja radiasi dan personil lain yang memiliki kompetensi.

Dalam rangka melaksanakan pengawasan TENORM maka BAPETEN juga melakukan inspeksi untuk memastikan apakah pengelolaan TENORM pada kegiatan industri tersebut telah mematuhi semua persyaratan izin berdasarkan peraturan perundang-undangan yang berlaku. Inspeksi dilakukan oleh Badan Pengawas dalam rangka pengawasan dan untuk memastikan ditaatinya syarat-syarat dalam perizinan

dan peraturan perundang-undangan. Ruang lingkup inspeksi yang dilakukan meliputi inspeksi administratif dan inspeksi teknis.

Inspeksi terhadap persyaratan administratif meliputi :

a. Kebenaran dari identitas pemegang izin
b. Keselamatan dan keamanan lokasi penyimpanan zat radioaktif.

Sedangkan inspeksi terhadap persyaratan teknis meliputi :

a. Prosedur penyimpanan zat radioaktif
b. Spesifikasi teknis zat radioaktif yang disimpan yang sesuai dengan standar keselamatan radiasi.
c. Perlengkapan proteksi radiasi dan/atau peralatan keamanan penyimpanan zat radioaktif
d. Program proteksi dan keselamatan radiasi dan/atau program keamanan penyimpanan zat radioaktif
e. Hasil pemeriksaan kesehatan pekerja radiasi yang dilakukan oleh dokter yang memiliki kompetensi, yang ditunjuk pemohon izin, dan disetujui oleh instansi yang berwenang di bidang ketenagakerjaaan.
f. Data kualifikasi personil, yang meliputi petugas proteksi radiasi, pekerja radiasi dan personil lain yang memiliki kompetensi.

6.3. Rekomendasi

Kebijakan pengawasan TENORM untuk industri fosfat dapat diterapkan melalui intervensi atau perizinan. Kebijakan pengawasan TENORM yang pertama adalah dengan melalui intervensi yang dilakukan dengan tindakan remedial. Penerapan pelaksanaan intervensi akan terlaksana dengan baik apabila antara instansi

pemberi izin atau lembaga regulasi terkait TENORM seperti BAPETEN, BATAN, KLH, ESDM, BP MIGAS, DEPPERIN, DEPNAKERTRANS, PEMDA dapat saling berkoordinasi dan memiliki komitmen yang diwujudkan dalam bentuk peraturan bersama, seperti MOU (*Memoramdum of Understanding*) atau SKB (Surat Keputusan Bersama).

Walaupun dalam penjelasan peraturan tidak disebutkan koordinasi dengan DEPNAKERTRANS dan KLH tetapi dalam pengawasan dan perlindungan terhadap pekerja DEPNAKERTRANS mempunyai peranan. Sedangkan KLH berperan dalam pengelolaan limbah dan perlindungan lingkungan hidup. Untuk itu perlu adanya kejelasan pengawasan terhadap industri fosfat, sehingga pengawasan dapat dilakukan oleh Badan Pengawas yang berwenang dan tidak terjadi tumpang tindih dalam pelaksanaannya.

Sedangkan kebijakan pengawasan TENORM yang kedua adalah melalui perizinan BAPETEN. Dengan memberlakukan izin penyimpanan zat radioaktif yang termasuk ke dalam perizinan kelompok B, maka industri fosfat harus memenuhi persyaratan perizinan yang meliputi persyaratan administratif dan persyaratan teknis.

Tetapi, sebelum menentukan industri fosfat termasuk dalam perizinan, diperlukan pengkajian dan analisis keselamatan secara meyeluruh, sehingga peraturan dan persyaratan yang akan diberlakukan dapat diterapkan.

BAB 7

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. Kesimpulan

1. Hasil penelitian pada industri fosfat diperoleh bahwa konsentrasi aktivitas radionuklida di dalam TENORM pada limbah kapur sebesar ^{238}U = 1195 Bq/kg, ^{226}Ra = 948,3 Bq/kg dan ^{228}Th = 203,4 Bq/kg. Sedangkan pada limbah gips diperoleh konsentrasi aktivitas radionuklida sebesar ^{238}U = 958,7 Bq/kg, ^{226}Ra = 344,6 Bq/kg dan ^{228}Th = 110,5 Bq/kg. Konsentrasi aktivitas radionuklida ^{238}U sudah melebihi 1 Bq/g, konsentrasi aktivitas ^{226}Ra mendekati nilai 1 Bq/g dan yang lainnya masih di bawah 1 Bq/g.
2. Nilai total dosis efektif pada daerah kerja, masyarakat dan lingkungan hidup dari pengukuran radon dan radiasi gamma yang berasal dari pajanan limbah kapur dan limbah gips adalah sebesar (1,3 ± 0,2) mSv per tahun dan (1,1 ± 0,1) mSv per tahun. Nilai total dosis efektif pada daerah kerja, masyarakat dan lingkungan hidup dari perhitungan program RESRAD yang berasal dari pajanan limbah kapur dan gips adalah sebesar 1,230 mSv per tahun dan 0,994 mSv per tahun. Nilai total dosis efektif yang diterima oleh pekerja umumnya melebihi 1 mSv per tahun.
3. Beberapa negara telah menerapkan pengawasan TENORM dalam bentuk pengecualian dan perizinan dengan menggunakan peraturan IAEA sebagai pedoman dalam melaksanakan pengawasan TENORM.

Rekomendasi kebijakan..., Gloria Doloressa, FKM UI, 2008

Amerika menerapkan pengawasan TENORM melalui pengecualian dan perizinan serta diatur dalam *Part N* yang berisikan tentang peraturan dan perizinan TENORM.

Jepang melakukan kategorisasi TENORM berdasarkan radionuklida dan jenis kegiatan yang dilakukan di industri, sehingga. Jepang menerapkan pengawasan TENORM melalui intervensi dan perizinan.

Kanada menerapkan pengawasan TENORM melalui pengawasan terhadap pekerjanya dengan membedakan pekerjanya menjadi dua kategori yaitu pekerja radiasi dan pekerja non radiasi.

4. Kebijakan pengawasan TENORM yang dapat diterapkan di Indonesia adalah melalui intervensi dengan tindakan remedial atau perizinan kelompok B.

7.2. Saran

1. Sebagai Badan Pengawas, BAPETEN hendaknya membuat pedoman pembuatan prosedur analisis keselamatan TENORM yang meliputi :
    1. Penetapan standar dasar proteksi radiasi.
    2. Perkiraan lokasi keberadaan TENORM.
    3. Penetapan tindakan intervensi.
    4. Survey tingkat ambang TENORM.
    5. Penentuan lokasi yang akan dilakukan survey.
    6. Penentuan instrumen yang digunakan dalam melakukan survey.
    7. Penentuan karakterisasi TENORM
    8. Prosedur penanganan dan pengumpulan sampel TENORM
    9. Penentuan laboratorium analisis TENORM

10. Prosedur pengangkutan

2. BAPETEN sebagai Badan Pengawas hendaknya membuat pedoman pembuatan prosedur tindakan remedial yang meliputi :

    1. Membuat program keselamatan kerja dalam menangani TENORM, seperti :

        a. Membuat prosedur keselamatan kerja penanganan TENORM

        b. Membuat program pelatihan kepada pekerja tentang pengelolaan TENORM

        c. Membuat prosedur pemeliharaan kebersihan untuk meminimalkan kontaminasi TENORM

        d. Membuat prosedur penggunaan alat pelindung diri (*personal protective equipment*)

        e. Membuat prosedur pembatasan akses bagi pekerja yang bukan pekerja radiasi.

        f. Membuat prosedur pemantauan pajanan radiasi eksternal terhadap pekerja. Untuk pajanan karena penelanan (*ingestion*) dan produk peluruhan radon (inhalasi) dengan program estimasi dosis.

    2. Membuat prosedur pengemasan limbah TENORM, seperti :

        a. Prosedur pemilihan jenis wadah penyimpanan limbah

        b. Prosedur pembungkusan wadah

        c. Prosedur pemberian label peringatan

    3. Membuat persyaratan lokasi penyimpanan, seperti :

        a. Prosedur pemagaran lokasi penyimpanan

        b. Prosedur pembatasan akses

c. Prosedur pemberian tanda bahaya radiasi

4. Membuat prosedur penyimpanan TENORM, seperti :

a. Prosedur pemutakhiran dokumen inventori TENORM.

b. Prosedur pemantauan pengemasan wadah penyimpanan

3. BAPETEN sebagai BADAN Pengawas hendaknya membuat pedoman pembuatan prosedur pelaksanaan intervensi sebelum melaksanakan intervensi, yang meliputi :

1. Prosedur pelaksanaan intervensi
2. Prosedur deskripsi lokasi pelaksanaan intervensi
3. Prosedur deskripsi lokasi pengelolaan limbah TENORM.
4. Prosedur pemantauan pajanan radiasi di sekitar lokasi pelaksanaan intervensi.
5. Prosedur pembersihan, isolasi dan penempatan limbah TENORM.
6. Program pelatihan untuk personil yang melaksanakan intervensi.
7. Prosedur penggunaan peralatan dan perlengkapan proteksi radiasi
8. Prosedur rekaman dan pelaporan pelaksanaan intervensi.

4. BAPETEN sebagai Badan Pengawas hendaknya membuat pedoman pembuatan laporan hasil pelaksanaan intervensi setelah melaksanakan intervensi, yang meliputi :

1. Hasil identifikasi, pengukuran konsentrasi dan volume TENORM.
2. Hasil pengukuran pajanan radiasi di sekitar lokasi pelaksanaan intervensi.
3. Hasil pengukuran dan perkiraan risiko radiologik yang diterima oleh personil pelaksana intervensi maupun masyarakat.

4. Hasil pelaksanaan intervensi.

5. Pedoman pembuatan prosedur-prosedur tersebut hendaknya diatur melalui suatu peraturan yang setingkat dengan Peraturan Pemerintah agar memiliki kekuatan hukum yang lebih kuat dan mengikat.

6. Untuk penerapan intervensi harus ada koordinasi dan komitmen bersama dari semua pihak seperti BAPETEN, BATAN, KLH, ESDM, BP MIGAS, DEPPERIN, DEPNAKERTRANS, PEMDA dalam bentuk peraturan bersama atau MOU (*Memorandum of Understanding*) atau SKB (Surat Keputusan Bersama).

7. Koordinasi dan komitmen bersama antara lembaga regulasi dilakukan dalam rangka penegakan hukum terhadap pelaksanaan intervensi, diantaranya yaitu :
    1. KLH untuk pengelolaan limbah dan perlindungan lingkungan hidup.
    2. DEPPERIN untuk kegiatan industri.
    3. DEPNAKERTRANS untuk keselamatan dan kesehatan pekerja.
    4. ESDM untuk kegiatan pertambangan.
    5. BP MIGAS untuk kegiatan eksplorasi migas.
    6. PEMDA sebagai lembaga yang berwenang pada lokasi penghasil TENORM berada.

8. Pengawasan TENORM melalui perizinan dengan memenuhi persyaratan administratif dan teknis.

    Persyaratan administratif yang meliputi :

    1. Kejelasan identitas pemohon izin
    2. Mempunyai akta pendirian badan hukum atau badan usaha

3. Mempunyai izin dan/atau persyaratan yang ditetapkan oleh instansi lain yang berwenang sesuai dengan peraturan perundang-undangan
4. Mempunyai lokasi penyimpanan zat radioaktif yang sesuai standar keselamatan radiasi.

Sedangkan persyaratan teknis meliputi :

1. Prosedur penyimpanan zat radioaktif.
2. Spesifikasi teknis zat radioaktif yang disimpan yang sesuai dengan standar keselamatan radiasi.
3. Program proteksi dan keselamatan radiasi dan/atau program keamanan penyimpanan zat radioaktif.
4. Penyediaan perlengkapan proteksi radiasi dan/atau peralatan keamanan penyimpanan zat radioaktif.
5. Penyediaan pemeriksaan kesehatan pekerja radiasi yang dilakukan oleh dokter yang memiliki kompetensi, yang ditunjuk pemohon izin, dan disetujui oleh instansi yang berwenang di bidang ketenagakerjaaan.
6. Penyediaan personil berkualifikasi, yang meliputi petugas proteksi radiasi, pekerja radiasi dan personil lain yang memiliki kompetensi.

DAFTAR PUSTAKA

Annaliah, I. 1994. *Pengukuran Kadar Radioaktivitas Alam dari Deposit Fosfat Alam dan Hasil Pengolahannya*, Puslitbang Keselamatan Radiasi dan Biomedika Nuklir BATAN, Jakarta.

BAPETEN. 2005, *Pengkajian Pengawasan Tentang Keselamatan Radiasi terhadap TENORM di Industri*, Jakarta.

_____. 2006, *Pengkajian Pengawasan Tentang Keselamatan Radiasi terhadap TENORM di Industri*, Jakarta.

_____. 2007, *Metodologi Perkiraan Dosis Terhadap Anggota Masyarakat*, Modul Pelatihan Pengawasan Lingkungan dan Penggunaan PRESTO-RESRAD, BAPETEN, Jakarta.

_____. 2007, *Pengkajian Keselamatan Radiologik Untuk Pengelolaan Limbah TENORM*, Jakarta.

_____. 2007, *Himpunan Peraturan Perundangan Ketenaganukliran*, Badan Pengawas Tenaga Nuklir, Jakarta.

_____. 2007, *Teori Dasar Pogram RESRAD*, Modul Pelatihan Pengawasan Lingkungan dan Penggunaan PRESTO-RESRAD, BAPETEN, Jakarta.

BATAN. 1998, *Glosarium Ilmu dan Teknologi Nuklir*, Badan Tenaga Nuklir Nasional, Jakarta.

_____. 2002, *Efek Radiasi Terhadap Manusia*, Modul Pelatihan Proteksi Radiasi, PUSDIKLAT-BATAN, Jakarta.

_____. 2007, *Apa sih radiasi itu?, Batas-Batas Dosis yang Paling Penting*, Media Kita, Pusat Diseminasi Iptek Nuklir-BATAN, Jakarta.

Canadian NORM Working Group of the Federal Provincial Territorial Radiation Protection Committee. 2000, *Canadian Guidelines for the Management of NORM*, Minister of Public Works and Government Services Canada, Canada.

Conference of Radiation Control Program Directors (CRCPD) Task Force on TENORM (E-36). 2004, *Implementation Guidance for Regulation and Licensing of TENORM Part N The Suggested State Regulations for Control of Radiation (SSRCR)*, USA.

Dunn, Wiiliam N. 2000, *Pengantar Analisis Kebijakan Publik*, Edisi Kedua, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta, Indonesia.

Florida Institute of Phosphate Research. 1998, *Evaluation of Exposure to Technologically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Materials (TENORM) in the Phosphate Industry*, Florida.

FNCA. 2005, *Current Status of TENORM in FNCA Countries (Activity Report of TENORM Task Group)*, Forum for Nuclear Cooperation in Asia (FNCA).

Heaton, B. and Lambley, J. 1995, '*TENORM in the Oil, Gas and Mineral Mining Industry*', J. Appl. Radiation Isotope.

IAEA. 1996, *Safety Series No.115 International Basic Safety Standards for Protection Against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources*, International Atomic Energy Agency, Vienna.

_____. 2004, *Safety Standards Series No. RS-G-1.7 Application of the Concepts of Exclusion and Clearence*, International Atomic Energy Agency, Vienna.

_____. 2006, *Safety Report Series (SRS) No.49 Assessing The Need for Radiation Protection Measures in Work Involving Minerals and Raw Materials*, International Atomic Energy Agency, Vienna.

Indonesia. Departemen Tenaga Kerja. 1998, *Peraturan Perundangan dan Pedoman Teknis SMK3*, Departemen Tenaga Kerja R.I., Jakarta.

Indonesia. Badan Pengawas Tenaga Nuklir. 2008, *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 29 tentang Perizinan Pemanfaatan Sumber Radiasi Pengion dan Bahan Nuklir*, Badan Pengawas Tenaga Nuklir, Jakarta.

Indonesia. Universitas Indonesia. 2000, *Metodologi Penelitian Kesehatan*, Program Pasca Sarjana Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia, Jakarta.

_____. 2002, *Himpunan Perundang-undangan di Bidang Lingkungan Hidup Seri I : Undang-Undang*, Pusat Penelitian Sumberdaya Manusia dan Lingkungan Universitas Indonesia (PPSML UI), Jakarta.

_____. 2002, *Himpunan Peraturan di Bidang Lingkungan Hidup Seri II : PP, KEPMEN*, Pusat Penelitian Sumberdaya Manusia dan Lingkungan Universitas Indonesia (PPSML UI), Jakarta.

Kosako, Toshiso. 2005, *Development of Radiation Protection on TENORM*, Japan Journal Health Physics, Japan.

Martinez Aquire, A. et al. 1994, '*The Distribution of U, Th and ^{226}Ra Derived from the Phosphate Fertilizer Industries on an Estuarine System in Southwest Spain*', J. Environment Radioactivity.

Mellawati, June. 2004, *Pencemaran Lingkungan Oleh Unsur Radionuklida Alam ^{238}U, ^{232}Th, dan ^{226}Ra di Sekitar Kawasan Industri Fosfat (Kajian di Perairan Pesisir Gresik)*, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor.

NIRS (*National Institute of Radiological Sciences*). 1998, *Human Radiation Interface, Application and Safety of Radiation in Medical, Biological, and Environmental Sciences*, Japan.

O'Brien, R. S. and Cooper, M. B., 1998, *Technologically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Materials (TENORM) : Pathway Analysis and Radiological Impact,* Applied Radiation Isotope Vol.49.

Parsons, Wayne. 2005, *Pengantar Teori dan Praktik Analisis Kebijakan,* Public Policy.

Rachmat, Hapsara Habib. 2004, *Pembangunan Kesehatan di Indonesia : Prinsip Dasar, Kebijakan, Perencanaan dan Kajian Masa Depannya,* Gadjah Mada University Press, Yogyakarta, Indonesia.

Steen, J. van der and Weers, A. W. van, 2000. *Radiation Protection in NORM Industries*, NRG Radiation and Environment, Netherlands.

Syahrir. 2007, *Kajian Keselamatan Tempat Penimbunan Gips dan Kapur di PT. Petrokimia Gresik, Kajian Keselamatan Pekerja, Unpublished*, Pusat Teknologi Limbah Radioaktif, Serpong, Tangerang.

Syarbaini. 2001, '*NORM pada beberapa Industri dan Metode Pengukurannya*', Seminar Nasional Keselamatan, Kesehatan dan Lingkungan I, Jakarta.

THE TENORM PAGE. 2006, *Phosphate Industry Waste,* www.tenorm.com/phosphateindustrywaste.htm [1 Mei 2006]

Udiyani, Pande Made. 2002, *Sebaran Zat Radioaktif di Lingkungan dan Hubungannya dengan Perilaku Petani Dalam Penggunaan Pupuk (Studi Kasus Daerah-Daerah Pertanian di Pulau Jawa)*, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor.

United Nation Scientific Commitee On The Effects Of Atomic Radiation (UNSCEAR 2000 Report). 2000, *Sources and Effects of Ionizing Radiation*, United Nations, New York.

Wiharto, Kunto. *Dapatkah diketahui apakah suatu kanker disebabkan radiasi?*, Radioproteksi 1, Jakarta.

LAMPIRAN

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor Lampiran

1. Daftar Periksa (*checklist)*
2. Pedoman Wawancara dengan BAPETEN
3. Pedoman Wawancara dengan PTLR-BATAN
4. Pedoman Wawancara dengan PTKMR-BATAN
5. Matriks Wawancara dengan BAPETEN
6. Matriks Wawancara dengan PTLR-BATAN
7. Matriks Wawancara dengan PTKMR-BATAN
8. *Output* Perhitungan Program RESRAD

DAFTAR PERIKSA (*CHECKLIST*)

No	Hasil Penelitian	Ya	Tidak	Keterangan
	Di Indonesia			
1.	Apakah laju pajanan radiasi gamma > 2 x BG			
2.	Apakah nilai pajanan radiasi gamma > 50 μR/jam			
3.	Apakah konsentrasi aktivitas > 1 Bq/g			
4.	Apakah dosis efektif > 1 mSv per tahun			
5.	Apakah ada peraturan terkait TENORM			
	Di luar negeri			
1.	Apakah laju pajanan radiasi gamma > 2 x BG			
2.	Apakah nilai pajanan radiasi gamma > 50 μR/jam			
3.	Apakah konsentrasi aktivitas > 1 Bq/g			
4.	Apakah dosis efektif > 1 mSv per tahun			
5.	Apakah ada peraturan terkait TENORM			

PEDOMAN WAWANCARA

KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR (BAPETEN),

KEPALA PUSAT P2STPFRZR, DIREKTUR P2FRZR,

DIREKTUR PFRZR, KEPALA PIP-P2STPFRZR

(TOPIK : REKOMENDASI KEBIJAKAN PENGAWASAN TENORM PADA INDUSTRI FOSFAT TAHUN 2008)

I. Tata Cara Pelaksanaan

1. Menjelaskan tujuan penelitian
2. Menyampaikan salam dan memperkenalkan diri sebagai pewawancara
3. Menjelaskan dan meminta izin untuk merekam dan mencatat
4. Menggali informasi sebanyak mungkin dengan tetap menghormati informan
5. Mengakhiri dengan kesan yang baik

II. Waktu Pelaksanaan

1. Tanggal :
2. Pukul :

III. Identitas Informan

1. Nama :
2. Jabatan :
3. Masa kerja :
4. Pendidikan :

IV. Daftar Pertanyaan :

1. Bagaimana menurut Bapak/Ibu,
   a. Apakah yang dimaksud dengan TENORM?
   b. Perlukah dilakukan pengawasan terhadap TENORM?
   c. Industri yang berpotensi menghasilkan TENORM?

2. Berdasarkan PP No.33 tahun 2007 pasal 48 bahwa TENORM adalah termasuk paparan kronik dan harus dilakukan intervensi. Bagaimana menurut Bapak/Ibu,
   a. Apakah yang dimaksud dengan paparan kronik?
   b. Apakah yang dimaksud dengan intervensi?
   c. Bagaimana bentuk intervensi yang dilakukan?

3. Berdasarkan PP No.33 tahun 2007 pasal 52 menyebutkan bahwa "pelaksanaan intervensi hanya diberlakukan untuk TENORM dan NORM dengan konsentrasi radioaktif melebihi Tingkat Intervensi". Bagaimana menurut Bapak/Ibu,
   a. Berapa nilai Tingkat Intervensi yang akan ditetapkan sebagai kebijakan BAPETEN dalam pengawasan TENORM?
   b. Apakah nilai Tingkat Intervensi yang akan diterapkan di Indonesia akan mengikuti pedoman IAEA?
   c. Berdasarkan data UNSCEAR tahun 2000, rerata dosis yang diterima sebesar 2,4 mSv/tahun berasal dari radiasi alam. Jadi apabila ditetapkan

1 mSv/tahun akan terlampaui. Bagaimana pendapat Bapak/Ibu mengenai hal ini?

4. Berdasarkan PP No.33 tahun 2007 pasal 50 menyatakan antara lain : ayat (2) pelaksanaan intervensi dilaporkan pada BAPETEN. Ayat (3) BAPETEN mengevaluasi pelaksanaan intervensi. Bagaimana menurut Bapak/Ibu,
   a. Apakah yang dimaksud dari pasal tersebut adalah BAPETEN mengevaluasi pelaksanaan intervensi berdasarkan laporan?
   b. Kendala seperti apakah yang ditemui oleh BAPETEN dalam pelaksanaan hal tersebut mengingat Pelaksana Intervensi bukanlah Pemegang Izin pemanfaatan tenaga nuklir?

5. Berdasarkan PP No.33 tahun 2007 pada penjelasan pasal 50 menyebutkan antara lain "Pengusaha yang karena kegiatannya ini menghasilkan TENORM bukan Pemegang Izin pemanfaatan tenaga nuklir, sehingga implementasi ketentuan ini diperlukan koordinasi dengan instansi yang bertanggung jawab di bidang pertambangan dan perindustrian". Bagaimana menurut Bapak/Ibu,
   a. Apakah BAPETEN sudah melakukan koordinasi dengan bidang atau departemen terkait lainnya seperti KLH, ESDM, Departemen Tenaga Kerja, Departemen Perindustrian dan Departemen Kesehatan?
   b. Koordinasi dalam bentuk apakah yang sudah dilakukan oleh BAPETEN sampai saat ini?

6. Bagaimana menurut Bapak/Ibu,
    a. Kebijakan seperti apakah yang akan ditetapkan oleh BAPETEN untuk pengawasan TENORM dalam upaya melindungi keselamatan pekerja, masyarakat dan lingkungan hidup?
    b. Kebijakan pengawasan TENORM dari negara manakah yang akan di adopsi oleh BAPETEN dan sesuai dengan kondisi yang ada di Indonesia?
    c. Berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk dapat mengimplementasikan kebijakan pengawasan TENORM di Indonesia?

PEDOMAN WAWANCARA

KEPALA BIDANG KESELAMATAN DAN LINGKUNGAN PTLR-BATAN

KEPALA BIDANG TEKNOLOGI PENYIMPANAN LESTARI PTLR BATAN

(TOPIK : REKOMENDASI KEBIJAKAN PENGAWASAN TENORM

PADA INDUSTRI FOSFAT TAHUN 2008)

I. Tata Cara Pelaksanaan

1. Menjelaskan tujuan penelitian
2. Menyampaikan salam/sapaan
3. Memperkenalkan diri sebagai pewawancara
4. Menjelaskan dan meminta izin untuk merekam dan mencatat
5. Menggali informasi dengan menghormati informan
6. Mengakhiri dengan kesan yang baik

II. Waktu Pelaksanaan

1. Tanggal :
2. Pukul :

III. Identitas Informan

1. Nama :
2. Jabatan :
3. Masa kerja :
4. Pendidikan :

IV. Daftar Pertanyaan :

1. Bagaimana menurut Bapak,
   a. Apakah yang dimaksud dengan TENORM?
   b. Perlukah dilakukan pengawasan terhadap TENORM?
   c. Industri yang berpotensi menghasilkan TENORM?

2. Berdasarkan PP No.33 tahun 2007 pasal 48 bahwa TENORM adalah termasuk paparan kronik dan harus dilakukan intervensi. Bagaimana menurut Bapak,
   a. Apakah yang dimaksud dengan paparan kronik?
   b. Apakah yang dimaksud dengan intervensi?
   c. Bagaimana bentuk intervensi yang dilakukan?

3. Seperti diketahui bersama bahwa setiap tempat/daerah mempunyai tingkat radiasi alam berbeda-beda. Bagaimana menurut Bapak,
   a. Apakah nilai tingkat intervensi yang akan ditetapkan di Indonesia akan mengikuti peraturan IAEA?
   b. Apakah nilai tingkat intervensi tersebut dapat diberlakukan sama untuk seluruh wilayah di Indonesia atau mempunyai nilai tingkat intervensi yang berbeda berdasarkan kondisi tempat/daerahnya masing-masing?

4. Dalam upaya melindungi keselamatan pekerja, masyarakat dan lingkungan hidup, bagaimana menurut Bapak,
   a. Pengawasan TENORM seperti apakah yang perlu dilakukan?

b. Pada tahap manakah yang akan menghasilkan TENORM? Apakah pada tahap proses, limbah yang dihasilkan atau berupa hasil samping, mohon berikan contohnya?

c. Berapa lama waktu yang diperlukan untuk melakukan suatu penelitian dalam rangka melakukan pengawasan TENORM?

5. Bagaimana menurut Bapak, kebijakan pengawasan seperti apa yang diperlukan dalam hal pengawasan TENORM di Indonesia? Apakah harus melalui izin atau cukup hanya dengan me-register saja?

PEDOMAN WAWANCARA

KEPALA BIDANG DOSIMETRI PTKMR

KEPALA SUB BIDANG KESELAMATAN LINGKUNGAN PTKMR

AHLI PENELITI UTAMA PTKMR

(TOPIK : REKOMENDASI KEBIJAKAN PENGAWASAN TENORM PADA INDUSTRI FOSFAT TAHUN 2008)

I. Tata Cara Pelaksanaan

1. Menjelaskan tujuan penelitian
2. Menyampaikan salam/sapaan
3. Memperkenalkan diri sebagai pewawancara
4. Menjelaskan dan meminta izin untuk merekam dan mencatat
5. Menggali informasi dengan menghormati informan
6. Mengakhiri dengan kesan yang baik

II. Waktu Pelaksanaan

1. Tanggal :
2. Pukul :

III. Identitas Informan

1. Nama :
2. Jabatan :
3. Masa kerja :
4. Pendidikan :

IV. Daftar Pertanyaan :

1. Bagaimana menurut Bapak,
   a. Apakah yang dimaksud dengan TENORM?
   b. Perlukah dilakukan pengawasan terhadap TENORM?
   c. Industri yang berpotensi menghasilkan TENORM?

2. Berdasarkan PP No.33 tahun 2007 pasal 48 bahwa TENORM adalah termasuk paparan kronik dan harus dilakukan intervensi. Bagaimana menurut Bapak,
   a. Apakah yang dimaksud dengan paparan kronik?
   b. Apakah yang dimaksud dengan intervensi?
   c. Bagaimana bentuk intervensi yang dilakukan?

3. Seperti diketahui bersama bahwa setiap tempat/daerah mempunyai tingkat radiasi alam berbeda-beda. Bagaimana menurut Bapak,
   a. Apakah nilai tingkat intervensi yang akan ditetapkan di Indonesia akan mengikuti peraturan IAEA ?
   b. Apakah nilai tingkat intervensi tersebut akan diberlakukan sama untuk seluruh wilayah di Indonesia atau mempunyai nilai tingkat intervensi yang berbeda berdasarkan kondisi tempat/daerahnya masing-masing?

4. Dalam upaya melindungi keselamatan pekerja, masyarakat dan lingkungan hidup, bagaimana menurut Bapak,
   a. Pengawasan TENORM seperti apakah yang perlu dilakukan?
   b. Pada tahap manakah yang akan menghasilkan TENORM? Apakah pada tahap proses, limbah yang dihasilkan atau berupa hasil samping, mohon berikan contohnya?
   c. Berapa lama waktu yang diperlukan untuk melakukan suatu penelitian dalam rangka melakukan pengawasan TENORM?

5. Menurut Bapak, kebijakan pengawasan seperti apa yang diperlukan dalam hal pengawasan TENORM di Indonesia? Apakah harus melalui izin atau cukup hanya dengan me-register saja?

MATRIKS HASIL WAWANCARA DENGAN BAPETEN

NO.	DAFTAR PERTANYAAN	JAWABAN		
		INFORMAN 1	INFORMAN 2	INFORMAN 3
1.	Apakah yang dimaksud dengan TENORM? Industri yang berpotensi menghasilkan TENORM? Perlukah dilakukan pengawasan terhadap TENORM?	NORM sudah ada di bumi dan berada dimana-mana pada alam. Dalam proses ekstraksi mineral sebagai material ikutan, tadinya konsentrasinya menyebar menjadi terkonsentrasi sehingga paparan radiasinya menjadi meningkat. Sebagai Badan Pengawas harus melihat apakah TENORM tersebut masih dalam batasan keselamatan bagi pekerja, masyarakat dan lingkungan hidup atau tidak. Sejak itu tidak memadai maka sebagai salah satu tugas Badan Pengawas, meskipun perizinan bukan dari BAPETEN, BAPETEN wajib untuk intervensi.	TENORM : radioaktivitas alam yang konsentrasinya meningkat karena perlakuan dari suatu kegiatan yang menggunakan teknologi sehingga mengalami peningkatan konsentrasi dan paparan radiasinya. Industri potensi TENORM seperti pertambangan, industri logam, industri migas, granit, peleburan timah, pupuk fosfat (menggunakan bahan baku batuan fosfat yang sudah mengandung NORM). BAPETEN merupakan suatu instansi yang berkompeten dalam hal keselamatan radiasi terhadap paparan masyarakat, pekerja dan lingkungan sehingga BAPETEN tetap harus memegang rambu	

Rekomendasi kebijakan..., Gloria Doloressa, FKM UI, 2008

			keselamatan radiasi dalam melakukan pengawasan terhadap TENORM.	
2.	Berdasarkan PP No.33 tahun 2007 pasal 48 bahwa TENORM adalah termasuk paparan kronik dan harus dilakukan intervensi. Apakah yang dimaksud dengan paparan kronik? Apakah yang dimaksud dengan intervensi? Bagaimana bentuk intervensi yang dilakukan?		Paparan kronik mempunyai ciri rendah tapi secara terus menerus, jadi paparan rendah yang diterima secara terus menerus. Intervensi tindakan untuk menurunkan paparan radiasi agar tidak melebihi nilai batas intervensi dengan tujuan keselamatan pekerja, masyarakat dan lingkungan. Intervensi dilakukan dengan tindakan remedial seperti menghilangkan/memindahkan sumber seperti *clean up* atau dibersihkan, merubah pathway sumber radiasi seperti isolasi atau dijauhkan dari pekerja atau kondisi kerja seperti pemindahan sumber radiasi dari lingkungan kerja, pemberian shielding, ventilasi, pembatasan personil, pemakaian APD.	
3.	Berdasarkan PP No.33 tahun 2007 pasal 52			

Rekomendasi kebijakan..., Gloria Doloressa, FKM UI, 2008

	menyebutkan bahwa "pelaksanaan intervensi hanya diberlakukan untuk TENORM dan NORM dengan konsentrasi radioaktif melebihi Tingkat Intervensi". Berapa nilai Tingkat Intervensi yang akan ditetapkan sebagai kebijakan BAPETEN dalam pengawasan TENORM? Apakah Tingkat Intervensi akan mengikuti IAEA? Berdasarkan data UNSCEAR tahun 2000, rerata dosis yang diterima sebesar 2,4 mSv/tahun berasal dari radiasi alam. Jadi apabila ditetapkan 1 mSv/tahun akan terlampaui. Bagaimana pendapat Bapak/Ibu mengenai hal ini?			
4.	Berdasarkan PP No.33	Peraturan bersama yang		

Rekomendasi kebijakan..., Gloria Doloressa, FKM UI, 2008

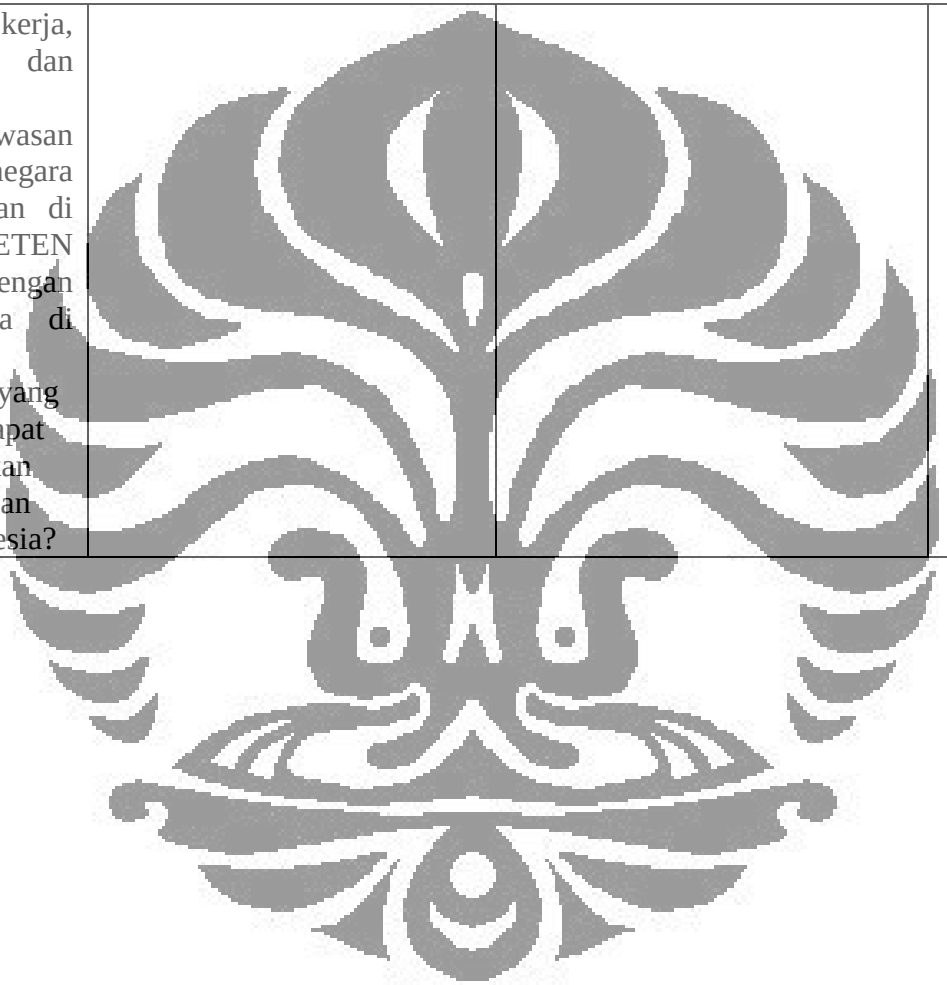
	tahun 2007 pada penjelasan pasal 50 menyebutkan antara lain "Pengusaha yang karena kegiatannya ini menghasilkan TENORM bukan Pemegang Izin pemanfaatan tenaga nuklir, sehingga implementasi ketentuan ini diperlukan koordinasi dengan instansi yang bertanggung jawab di bidang pertambangan dan perindustrian". Apakah BAPETEN sudah melakukan koordinasi dengan bidang atau departemen terkait lainnya seperti KLH, Departemen Tenaga Kerja, ESDM, Departemen Perindustrian atau Departemen Kesehatan? Koordinasi dalam bentuk apakah yang sudah dilakukan oleh BAPETEN sampai saat	salah satu pasalnya akan menyebutkan bahwa semua hal yang terkait dengan pengelolaan TENORM harus mendapat persetujuan dari BAPETEN. Dengan adanya peraturan bersama maka BAPETEN bisa mengetahui pengelolaan TENORM secara langsung. Apabila pengelolaan TENORM tidak mendapat persetujuan dari BAPETEN maka izin dari instansi lain yang terkait tidak dapat diterbitkan		

Rekomendasi kebijakan..., Gloria Doloressa, FKM UI, 2008

	ini?			
5.	Berdasarkan PP No.33 tahun 2007 pasal 50 menyatakan antara lain : ayat (2) pelaksanaan intervensi dilaporkan pada BAPETEN. Ayat (3) BAPETEN mengevaluasi pelaksanaan intervensi. Apakah yang dimaksud dari pasal tersebut adalah BAPETEN mengevaluasi pelaksanaan intervensi berdasarkan laporan? Kendala seperti apakah yang ditemui oleh BAPETEN dalam pelaksanaan hal tersebut mengingat Pelaksana Intervensi bukanlah Pemegang Izin pemanfaatan tenaga nuklir?			
6.	Kebijakan seperti apakah yang akan ditetapkan oleh BAPETEN untuk pengawasan TENORM dalam upaya melindungi			

Rekomendasi kebijakan..., Gloria Doloressa, FKM UI, 2008

	keselamatan pekerja, masyarakat dan lingkungan hidup? Kebijakan pengawasan TENORM dari negara manakah yang akan di adopsi oleh BAPETEN dan sesuai dengan kondisi yang ada di Indonesia? Berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk dapat mengimplementasikan kebijakan pengawasan TENORM di Indonesia?			



MATRIKS HASIL WAWANCARA DENGAN BAPETEN

Rekomendasi kebijakan..., Gloria Doloressa, FKM UI, 2008

NO.	DAFTAR PERTANYAAN	JAWABAN	
		INFORMAN 4	INFORMAN 5
1.	Apakah yang dimaksud dengan TENORM? Industri yang berpotensi menghasilkan TENORM? Perlukah dilakukan pengawasan terhadap TENORM?		
2.	Berdasarkan PP No.33 tahun 2007 pasal 48 bahwa TENORM adalah termasuk paparan kronik dan harus dilakukan intervensi. Apakah yang dimaksud dengan paparan kronik? Apakah yang dimaksud dengan intervensi? Bagaimana bentuk intervensi yang dilakukan?		
3.	Berdasarkan PP No.33 tahun 2007 pasal 52 menyebutkan bahwa "pelaksanaan intervensi hanya diberlakukan untuk TENORM dan NORM dengan konsentrasi radioaktif melebihi Tingkat		

Rekomendasi kebijakan..., Gloria Doloressa, FKM UI, 2008

	Intervensi”. Berapa nilai Tingkat Intervensi yang akan ditetapkan sebagai kebijakan BAPETEN dalam pengawasan TENORM? Apakah Tingkat Intervensi akan mengikuti IAEA? Berdasarkan data UNSCEAR tahun 2000, rerata dosis yang diterima sebesar 2,4 mSv/tahun berasal dari radiasi alam. Jadi apabila ditetapkan 1 mSv/tahun akan terlampaui. Bagaimana pendapat Bapak/Ibu mengenai hal ini?		
4.	Berdasarkan PP No.33 tahun 2007 pada penjelasan pasal 50 menyebutkan antara lain “Pengusaha yang karena kegiatannya ini menghasilkan TENORM bukan Pemegang Izin pemanfaatan tenaga nuklir, sehingga implementasi ketentuan ini diperlukan koordinasi dengan instansi yang bertanggung jawab di bidang pertambangan dan perindustrian”. Apakah BAPETEN sudah melakukan koordinasi dengan		

Rekomendasi kebijakan..., Gloria Doloressa, FKM UI, 2008

	bidang atau departemen terkait lainnya seperti KLH, Departemen Tenaga Kerja, ESDM, Departemen Perindustrian atau Departemen Kesehatan? Koordinasi dalam bentuk apakah yang sudah dilakukan oleh BAPETEN sampai saat ini?		
5.	Berdasarkan PP No.33 tahun 2007 pasal 51 menyatakan antara lain : ayat (2) pelaksanaan intervensi dilaporkan pada BAPETEN. Ayat (3) BAPETEN mengevaluasi pelaksanaan intervensi. Apakah yang dimaksud dari pasal tersebut adalah BAPETEN mengevaluasi pelaksanaan intervensi berdasarkan laporan? Kendala seperti apakah yang ditemui oleh BAPETEN dalam pelaksanaan hal tersebut mengingat Pelaksana Intervensi bukanlah Pemegang Izin pemanfaatan tenaga nuklir?		
6.	Kebijakan seperti apakah yang akan ditetapkan oleh BAPETEN untuk pengawasan TENORM dalam upaya melindungi keselamatan pekerja, masyarakat		

Rekomendasi kebijakan..., Gloria Doloressa, FKM UI, 2008

	dan lingkungan hidup? Kebijakan pengawasan TENORM dari negara manakah yang akan di adopsi oleh BAPETEN dan sesuai dengan kondisi yang ada di Indonesia? Berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk dapat mengimplementasikan kebijakan pengawasan TENORM di Indonesia?		

Rekomendasi kebijakan..., Gloria Doloressa, FKM UI, 2008

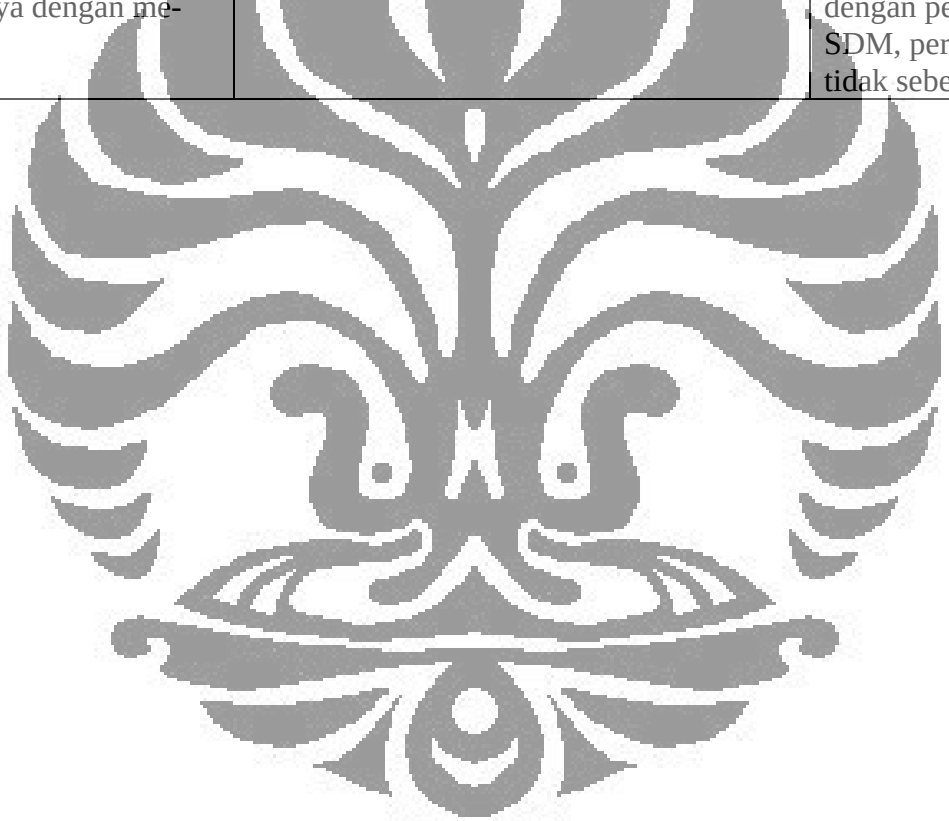
MATRIKS HASIL WAWANCARA DENGAN PTLR-BATAN

NO.	DAFTAR PERTANYAAN	JAWABAN	
		INFORMAN 6	INFORMAN 7
1.	Apakah yang dimaksud dengan TENORM? Perlukah dilakukan pengawasan terhadap TENORM? Industri yang berpotensi menghasilkan TENORM?	TENORM : terjadinya peningkatan konsentrasi radionuklida dan paparan radiasi pada NORM karena adanya kegiatan manusia. TENORM mengandung radioaktif yang apabila tidak dikelola dengan baik dan benar akan membahayakan bagi pekerja, masyarakat dan lingkungan hidup sehingga TENORM perlu dikelola dan diawasi. Industri yang berpotensi menghasilkan TENORM diantaranya yaitu pertambangan, peleburan timah minyak dan gas bumi, batu bara, pupuk fosfat.	TENORM : material atau bahan dari alam karena proses teknologi atau proses yang lain seperti pengolahan dan sebagainya dalam bidang pertambangan atau industri sehingga tingkat radiasinya menjadi lebih tinggi daripada bahan asalnya atau NORMnya. TENORM perlu diawasi karena bahan yang sudah menjadi TENORM menjadi akumulasi dari bahan yang mengandung radiasi atau zat radioaktif yang cukup banyak sehingga paparan radiasinya menjadi lebih tinggi. Bila tidak diawasi atau tidak dikelola bisa terjadi kontak dengan orang atau masyarakat secara terus menerus dan dapat menimbulkan bahaya bagi kesehatan. Industri yang berpotensi menghasilkan TENORM diantaranya yaitu industri yang berkaitan dengan energi seperti industri minyak dan gas bumi, batubara,logam.

2.	Berdasarkan PP No.33 tahun 2007 pasal 48 bahwa TENORM adalah termasuk paparan kronik dan harus dilakukan intervensi. Apakah yang dimaksud dengan paparan kronik? Apakah yang dimaksud dengan intervensi? Bagaimana bentuk intervensi yang dilakukan?	Paparan kronik merupakan paparan radiasi dosis rendah dalam jangka waktu yang lama dan secara terus menerus. Intervensi adalah suatu kegiatan yang menurunkan potensi paparan yang ditimbulkan. Intervensi dilakukan dengan cara mengidentifikasi terlebih dahulu lokasi yang diperkirakan ada TENORM. Setelah itu baru dilakukan tindakan remediasi seperti *clean up*, isolasi dan *disposal*.	Paparan kronik adalah paparan radiasi yang secara nyata, signifikan memang ada dan tinggi dan bisa membahayakan kesehatan manusia tetapi tidak akan membuat orang tersebut meninggal, hanya mengganggu kesehatan. Paparan kronik bersifat rendah dan pelan-pelan dengan jangka waktu yang lama. Intervensi adalah tindakan untuk mengurangi, mencegah atau menghilangkan potensi radiasi yang ada di TENORM dengan tindakan tertentu. Intervensi TENORM biasanya dalam bentuk remediasi atau *clean-up.*
3.	Seperti diketahui bersama bahwa setiap tempat/daerah mempunyai tingkat radiasi alam berbeda-beda. Apakah nilai tingkat intervensi yang akan ditetapkan di Indonesia akan mengikuti peraturan IAEA? Apakah nilai tingkat intervensi tersebut dapat diberlakukan sama untuk seluruh wilayah di Indonesia atau mempunyai nilai tingkat intervensi yang berbeda berdasarkan kondisi tempat/daerahnya masing-masing?	Nilai batas dalam BSS No.115 terlalu kecil untuk digunakan sebagai nilai tingkat intervensi. Nilai tingkat intervensi diberlakukan umum untuk seluruh wilayah di Indonesia. Untuk menerapkan nilai tingkat intervensi yang berbeda diperlukan kajian secara komprehensif terlebih dahulu.	Nilai tingkat intervensi dalam IAEA BSS No.115 untuk sementara dapat digunakan sebagai nilai tingkat intervensi TENORM di Indonesia, sebelum diperoleh hasil penelitian TENORM yang lebih komprehensif. Untuk melakukan penelitian TENORM secara komprehensif diperkirakan memerlukan waktu yang cukup lama. Tidak perlu memberlakukan nilai tingkat intervensi yang berbeda di setiap wilayahnya.

4.	Dalam upaya melindungi keselamatan pekerja, masyarakat dan lingkungan hidup, Pengawasan TENORM seperti apakah yang perlu dilakukan? Pada tahap manakah yang akan menghasilkan TENORM? Apakah pada tahap proses, limbah yang dihasilkan atau berupa hasil samping? Bearapa lama waktu yang diperlukan untuk melakukan suatu penelitian dalam rangka melakukan pengawasan TENORM?	Pengawasan TENORM dilakukan dengan cara mengidentifikasi terlebih dahulu lokasi yang diperkirakan ada TENORM. Setelah itu baru ditentukan tindakan remediasi yang akan dilakukan seperti *clean up*, isolasi dan disposal limbah. TENORM dapat berada dalam tahap proses, limbah dan hasil samping. Tergantung jenis industri, seperti pada industri migas terdapat dalam limbahnya. Pada pupuk fosfat dalam proses, hasil samping, dan limbahnya. Bisa juga orientasi ke *practice*, jadi setiap tahapan harus dilakukan penilaian. Dilokasi yang memiliki paparan tinggi dilakukan intervensi. Untuk melakukan penelitian secara komprehensif dibutuhkan waktu yang cukup lama.	Pengawasan TENORM berupa laporan kepada BAPETEN bahwa pihak perusahaan memiliki TENORM dan melakukan pengelolaan TENORM supaya aman terhadap masyarakat dan lingkungan hidup. Bisa juga berupa izin tetapi persyaratannya tidak sama dengan izin pemanfaatan zat radioaktif, tingkatnya lebih ringan supaya tidak memberatkan juga kepada pihak perusahaan. Izin yang sifatnya/ketentuannya lebih ringan daripada izin pemanfaatan zat radioaktif. Pengawasan TENORM dilakukan terutama pada limbahnya tapi pada tahap proses juga tidak boleh diabaikan karena pada proses tersebut akan meninggalkan jejak TENORM dan mempunyai potensi bahaya terhadap pekerja dan lingkungan hidup. Pemantauan radiasi TENORM harus sudah dilakukan dari tahap proses sampai limbahnya sebagai identifikasi dari bahaya TENORM. Untuk melakukan penelitian TENORM secara komprehensif diperkirakan memerlukan waktu kira-kira selama 10 tahun.

5.	Kebijakan pengawasan seperti apa yang diperlukan dalam hal pengawasan TENORM di Indonesia? Apakah harus melalui izin atau cukup hanya dengan me-register saja?	Pengawasan TENORM dilakukan dengan cara menjadikan pengelolaan TENORM merupakan salah satu persyaratan untuk memperoleh izin kegiatan industri.	Pengawasan TENORM di Indonesia bisa berupa register, tetapi perlu juga ada izin yang sifatnya lebih ringan, persyaratan keselamatan yang sesuai dengan pengelolaan TENORM seperti SDM, peralatan, prosedur kerja namun tidak seberat persyaratan izin.



MATRIKS HASIL WAWANCARA DENGAN PTKMR-BATAN

No	DAFTAR PERTANYAAN	JAWABAN		
		INFORMAN 8	INFORMAN 9	INFORMAN 10
1.	Apakah yang dimaksud dengan TENORM? Perlukah dilakukan pengawasan terhadap TENORM? Industri yang berpotensi menghasilkan TENORM?	TENORM : bahan yang terbentuk sebagai akibat terkonsentrasinya atau terakumulasinya radionuklida alam oleh suatu kegiatan manusia, pertambahan secara terus menerus. Peningkatan konsentrasi radionuklida alam karena adanya proses teknologi. Pengelolaan dan pengawasan TENORM merupakan salah satu aspek penting dari keselamatan radiasi, karena TENORM merupakan bahan radioaktif yang apabila tidak dikelola dengan baik dan benar akan membahayakan, tidak hanya terhadap para pekerja sendiri tetapi juga masyarakat dan lingkungan	TENORM : adanya peningkatan radiasi alam yang disebabkan oleh adanya kegiatan manusia yang melibatkan teknologi. Di suatu lokasi atau daerah tertentu yang secara alaminya tinggi harus ada intervensi. TENORM perlu mendapat pengawasan karena bahaya yang ditimbulkan oleh TENORM tersebut, hal itu sudah melalui penelitian di luar negeri. Industri yang berpotensi menghasilkan TENORM diantaranya yaitu pertambangan mineral (batuan yang mengandung uranium, torium dan kalium) dan ketika diolah akan	TENORM : terjadi peningkatan pajanan radiasi dari radionuklida alam karena ada proses teknologi. TENORM harus mendapat pengawasan karena selama ini banyak penelitian yang membuktikan bahwa ada potensi bahaya TENORM terhadap pekerja dan masyarakat. TENORM dihasilkan oleh industri fosfat, tambang timah, migas.

		hidup akan dapat tercemar, sehingga TENORM perlu dikelola dan diawasi. Besar kecilnya potensi bahaya dari TENORM tergantung dari jenis industri, proses dan teknologinya. Jenis radionuklida yang terdapat dalam TENORM berbeda-beda, pada industri timah yang banyak terdapat torium, pada industri fosfat adalah uranium, sedangkan pada industri minyak dan gas bumi adalah radium.	mengalami peningkatan pajanan radiasi. Pada pertambangan emas dan tembaga biasanya uraniumnya tinggi. Migas termasuk berpotensi sedang, pada pipa memang cukup besar. Kegiatan *sandblasting* yang dilakukan pada area migas juga mempengaruhi besarnya pajanan dari TENORM. Industri pupuk fosfat mempunyai potensi bahaya TENORM yang tinggi karena menggunakan bijih fosfat (*phosphate rock)* sebagai material bahan baku yang sudah mengandung uranium. Pembatasan konsentrasi uranium yang terdapat di dalam bijih fosfat bisa dilakukan sebagai upaya mengurangi terjadinya peningkatan pajanan radiasi TENORM.	
2.	Berdasarkan PP No.33 tahun 2007 pasal 48 bahwa TENORM adalah termasuk	Pajanan kronik adalah pajanan yang melebihi nilai ambang batas yang diterima	Pajanan kronik adalah pajanan yang karena waktu, bahayanya tidak terlihat	Pajanan dari radiasi TENORM yang diterima manusia secara terus

	pajanan kronik dan harus dilakukan intervensi. Apakah yang dimaksud dengan pajanan kronik? Apakah yang dimaksud dengan intervensi? Bagaimana bentuk intervensi yang dilakukan?	secara terus menerus. Intervensi adalah suatu tindakan pengurangan dan menghindari pajanan berlebih supaya pekerjanya tidak mendapatkan pajanan yang terus menerus karena radionuklida yang terdapat dalam TENORM mempunyai umur panjang, sehingga apabila TENORM dibiarkan saja dapat memberikan pajanan radiasi gamma. Sebelum intervensi harus dilakukan skrining untuk mengidentifikasi lokasi *hot spot* (pajanan gamma lebih dari 50 μRontgen/jam), jenis radionuklida dan jumlah konsentrasi dari setiap radionuklida yang terdapat di dalam TENORM. Dari hasil analisis tersebut dapat ditentukan langkah-langkah selanjutnya, misalnya berupa tindakan *clean-up*, isolasi pada lokasi dimana TENORM tersebut berada.	secara langsung. Berdasarkan waktu sehingga baru akan terlihat bahayanya dan bersifat probabilitas yang bisa tinggi atau rendah karena pengaruh dari tingkat kesehatan dan gaya hidup seseorang. Intervensi suatu usaha untuk mengatasi masalah2 yang berkaitan dengan TENORM. Usaha dari aspek manajerial yang merupakan sistem manajemen mengatur pekerja misalnya berapa jam pekerja dapat bekerja di lokasi TENORM, berapa jarak yang aman. Dari aspek teknis seperti pemberian pembatas. Aspek pengelolaan limbah dengan memakai *landfill*. Intervensi dilakukan dengan terlebih dahulu melihat kondisi yang ada di penghasil TENORM, karena pelaksanaan intervensi harus disesuaikan dengan perusahaannya. Intervensi TENORM tidak	menerus. Intervensi merupakan usaha untuk melakukan pembatasan dan mengurangi pajanan radiasi TENORM terhadap manusia. Intervensi bisa dilakukan dengan pembersihan lokasi dari cemaran TENORM, mengisolasi lokasi TENORM dari pekerja dan penyimpanan limbah TENORM.

			hanya pada limbahnya namun bisa dilakukan sejak tahap awal pada pemilihan material bahan baku dan tahap proses secara teknisnya.	
3.	Seperti diketahui bersama bahwa setiap tempat/daerah mempunyai tingkat radiasi alam berbeda-beda. Apakah nilai tingkat intervensi yang akan mengikuti peraturan IAEA? Apakah nilai tingkat intervensi tersebut akan diberlakukan sama untuk seluruh wilayah di Indonesia atau mempunyai nilai tingkat intervensi yang berbeda berdasarkan kondisi tempat/daerahnya masing-masing?	Indonesia dapat mengacu IAEA yaitu dengan tingkat intervensi sebesar 1 mSv/tahun dan 1 Bq/g Tidak perlu membedakan nilai tingkat intervensi yang berbeda untuk setiap wilayah yang ada di Indonesia sehingga nilai tingkat intervensi tersebut berlaku umum. Dalam melaksanakan intervensi TENORM tetap berdasarkan jenis industri dan yang melakukan intervensi TENORM adalah industri penghasil TENORM.	Tingkat intervensi yang akan diterapkan di Indonesia sebaiknya mengikuti rekomendasi dari IAEA, karena rekomendasi tersebut sudah merupakan hasil penelitian dan pertimbangan dari berbagai negara. Apabila Indonesia akan membuat peraturan sendiri, harus melakukan penelitian secara komprehensif lebih dahulu yang akan memerlukan dana yang lebih besar, melibatkan banyak instansi terkait dan akan menghabiskan waktu sampai puluhan tahun. Keterbatasan data kesehatan di Indonesia juga harus menjadi bahan pertimbangan apabila Indonesia akan melakukan penelitian sendiri. Melihat banyaknya	Tingkat interversi dari IAEA untuk sementara bisa diterapkan dan sambil berjalan kajian secara keseluruhan harus juga dilakukan. Penentuan nilai tingkat intervensi dan bentuk intervensi hendaknya disesuaikan dengan jenis kegiatan industrinya dan potensi bahaya TENORM yang berada di lokasi.

			keterbatasan yang ada di Indonesia pada saat ini penelitian secara komprehensif tidak dapat dilakukan. Nilai tingkat intervensi tidak perlu dibedakan untuk setiap wilayahnya, melihat kondisi yang ada di Indonesia hal itu sulit untuk diterapkan, karena lebih rumit dan tidak ekonomis.	
4.	Dalam upaya melindungi keselamatan pekerja, masyarakat dan lingkungan hidup, Pengawasan TENORM seperti apakah yang perlu dilakukan? Pada tahap manakah yang akan menghasilkan TENORM? Apakah pada tahap proses, limbah yang dihasilkan atau berupa hasil samping, mohon berikan contohnya? Berapa lama waktu yang diperlukan untuk melakukan suatu penelitian	Dalam hal pengawasan TENORM harus ada kesepakatan bersama dalam mendefinisikan TENORM seperti kriteria TENORM dan penentuan nilai batas. Apabila telah melebihi nilai batas maka TENORM akan dikategorikan sebagai bahan radioaktif, sehingga harus diperlakukan sebagai bahan radioaktif dan harus mengikuti semua peraturan bahan radioaktif. Untuk melakukan pengelolaan TENORM harus ada suatu pedoman dalam melakukan	Potensi bahaya TENORM tergantung kondisi daerah yang ditambang, biasanya di daerah industri mineral karena langsung dari batuan sehingga kandungan TENORMnya tinggi. TENORM ditimbulkan dari bahan baku material itu sendiri, pengkonsentrasian dari bahan baku material. walaupun konsentrasi di dalam bahan baku material kecil namun pada saat proses dapat terjadi pengkonsentrasian yang lebih tinggi.	Pengawasan TENORM harus dilakukan, bisa intervensi, bisa juga dengan izin. Dengan izin mengingat potensi bahaya TENORM pada industri fosfat cukup signifikan. TENORM dapat dihasilkan sejak awal, proses dan limbahnya. Industri fosfat sudah melibatkan TENORM sejak dari bahan baku, sehingga pada proses dan limbahnya mengalami peningkatan TENORM. Supaya dapat melakukan pengawasan TENORM

	dalam rangka melakukan pengawasan TENORM?	pengelolaan TENORM dengan berdasarkan persyaratan keselamatan radiasi. Masing-masing industri menghasilkan TENORM yang berbeda-beda, ada yang pada proses, ada yang sejak bahan baku sampai dengan limbahnya. Secara umum TENORM di industri adalah pada kegiatan proses. Dalam melakukan pengawasan TENORM harus diperhatikan jenis industri karena setiap industri menghasilkan TENORM yang berbeda. Pada industri pupuk fosfat, sejak awal telah menggunakan material yang mengandung TENORM bahan bakunya. Penelitian yang dilakukan oleh negara-negara luar mulai dari bahan baku, proses, produk, hasil samping dan limbah yang dihasilkan. Dari hasil	Pengawasan TENORM bisa dilakukan pada setiap tahap, dimulai dari pengaturan bahan baku material, proses dan limbahnya. Sebelum melakukan pengawasan TENORM, harus dilakukan penelitian secara komprehensif yang akan memerlukan dana besar, melibatkan banyak instansi dan akan menghabiskan waktu sampai puluhan tahun. Keterbatasan data kesehatan di Indonesia juga harus menjadi bahan pertimbangan.	dengan tepat perlu waktu yang cukup lama untuk melakukan pengkajian secara menyeluruh terhadap potensi bahaya TENORM. Negara-negara Eropa melakukan pengkajian terhadap TENORM selama 10 tahun untuk menghasilkan hasil kajian yang akurat.

		penelitian tersebut membuktikan bahwa di lingkungan terjadi peningkatan kandungan radionuklida alam yang terlepas dari industri pupuk fosfat. Penelitian di Bangladesh dan Eropa bahwa rata-rata di lingkungan sekitarnya terakumulasi radionuklida alam seperti ^{210}Po, ^{210}Pb, ^{226}Ra, tidak hanya ditemukan pada kandungan air namun juga ditemukan pada ikan dan biota laut. Koordinasi antara lembaga terkait dengan pengawasan TENORM seperti BAPETEN, Depkes, BATAN, Depnaker, KLH harus dilakukan sehingga dapat menghasilkan keputusan yang komprehensif.		
5.	Kebijakan pengawasan seperti apa yang diperlukan dalam hal pengawasan TENORM di Indonesia?	Dalam pengawasan TENORM diperlukan peraturan untuk mengatur pengelolaan TENORM,	Pengawasan TENORM bertujuan untuk melindungi pekerja, masyarakat dan lingkungan. Apabila potensi	Pengawasan TENORM dilakukan dengan intervensi atau izin. Dengan izin mengingat

	Apakah harus melalui izin atau cukup hanya dengan me-register saja?	karena sebelum adanya peraturan yang mengatur tentang TENORM maka kemungkinan besar para penghasil TENORM tidak akan melakukan pengelolaan terhadap TENORM. Dalam pelaksanaan intervensi sebaiknya ada izin dari BAPETEN agar pengawasan TENORM lebih kuat dalam penerapannya. Badan Pengawas melakukan evaluasi terhadap laporan dari pelaksanaan intervensi TENORM yang dilakukan oleh industri.	terbesar terhadap pekerja maka pelaksanaan intervensi difokuskan terhadap pekerjanya, namun pada prinsipnya proteksi radiasi bertujuan untuk melindungi pekerja, masyarakat dan lingkungan. Pengawasan TENORM meliputi aspek manajerial, teknis dan pengelolaan limbahnya. Pengawasan TENORM dilakukan pada sistem pelaksanaan intervensi yang dilakukan oleh penghasil TENORM apakah memenuhi persyaratan keselamatan radiasi atau tidak. Pengawasan TENORM bisa di masukkan sebagai bagian dari AMDAL atau RPL dan RKLnya. Bisa juga menjadi salah satu persyaratan untuk memperoleh izin dari instansi pemberi izin, namun sifatnya tidak boleh memberatkan. Bisa juga dimasukkan ke dalam peraturan keselamatan kerja.	potensi bahaya TENORM pada industri fosfat terhadap pekerja cukup tinggi dan industri fosfat sudah memakai bahan baku yang mengandung TENORM.