



Tantangan Pengawasan *Naturally Occuring Radioactive Material* (NORM) di Kabupaten Mamuju

Moekhamad Alfian

Bidang Pengkajian Industri dan Penelitian, P2STPFRZR-BAPETEN

E-mail: m.alfian@bapeten.go.id

Abstrak

Naturally Occuring Radioactive Material (NORM) merupakan sumber radiasi alam yang terjadinya bersamaan dengan alam semesta. NORM akan terdapat disemua tempat di dunia dengan tingkat radiasi bergantung pada kondisi geologi batuan setempat. Kabupaten Mamuju Sulawesi Barat merupakan wilayah di Indonesia yang mempunyai tingkat radiasi alam (NORM) diatas normal, sehingga membutuhkan perhatian dan pengawasan dari sudut pandang keselamatan radiasi. Tujuan dari makalah ini untuk memberikan gambaran kondisi NORM di Kabupaten Mamuju, dan pengawasannya. Penyusunan makalah ini dilakukan dengan tahapan pengambilan data laju primer, laju paparan radiasi, pencuplikan sampel tanah dan pengukuran konsentrasi radon. Hasil pengukuran paparan radiasi menunjukkan tingkat radiasi alam di kabupaten Mamuju pada rentang 0,20 $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ sampai dengan 2,84 $\mu\text{Sv}/\text{jam}$, sedangkan nilai rata-rata dunia adalah 0,08 $\mu\text{Sv}/\text{jam}$. Tingkat radiasi yang signifikan ditemukan di Desa Botteng dan Desa Takandeang. Hasil analisis sampel tanah menunjukkan konsentrasi aktivitas Th-232 tertinggi sebesar $2909,31 \pm 273,98$ Konsentrasi radon di beberapa rumah penduduk melampaui nilai reference level sebesar $300 \text{ Bq}/\text{m}^3$. Tingkat radiasi alam NORM di Kabupaten Mamuju disebabkan oleh kondisi geologi kabupaten Mamuju yang terletak dalam formasi gunung api adang dengan luas 820 km^2 . Strategi proteksi yang memungkinkan untuk diterapkan terkait anomali radiasi alam di Kabupaten Mamuju meliputi: pembinaan teknis, pembuatan pedoman penggunaan bahan bangunan dan rumah tinggal, dan pengembangan terkait NORM dan TENORM. Dapat disimpulkan bahwa anomali NORM di Kabupaten Mamuju perlu mendapatkan pengawasan dari BAPETEN melalui koordinasi dengan pemerintah daerah.

Kata Kunci: *NORM, Mamuju, BAPETEN*

1. Pendahuluan

Naturally Occuring Radioactive Material (NORM) merupakan sumber radiasi alam yang terjadinya bersamaan dengan alam semesta. NORM akan ditemukan disemua tempat di dunia dengan tingkat konsentrasi yang berbeda-beda. Sumber radiasi NORM dipengaruhi oleh keberadaan batuan dari deret Uranium ataupun deret Thorium di suatu tempat. Karena berasal dari alam, keberadaan sumber radiasi ini tidak dapat dihindari, namun dapat dikendalikan potensi bahayanya. IAEA menganggap fenomena alam tersebut sebagai sumber radiasi existing (*existing exposure*).

Rata-rata dosis radiasi tahunan yang diterima penduduk dunia akibat sumber radiasi alam (termasuk radon) adalah 2,4 mSv. Kira-kira 65% populasi di dunia diharapkan menerima dosis tahunan antara 1-3 mSv, 25% populasi menerima dosis kurang dari 1 mSv dan 10% populasi akan menerima dosis lebih besar dari 3 mSv^[1].

Ada beberapa tempat di dunia ini yang memiliki tingkat radiasi dari kerak bumi yang sangat tinggi tetapi tingkat insiden orang terkena kanker rendah, misalnya: Pocos de Caldas, Brazil, Guarapari, Brazil, Kerala & Tamil Nadu, India dan

Ramsar, Iran^[2]. Anomali radiasi tersebut dapat terjadi dimana saja, bergantung pada formasi geologi batuan setempat. Untuk mengetahui ada tidaknya anomali radiasi alam di Indonesia, maka BATAN telah melakukan pengukuran radiasi alam diseluruh wilayah Indonesia dan menghasilkan suatu peta radiasi di Indonesia. Diperoleh hasil bahwa terdapat anomali radiasi alam di Kabupaten Mamuju-Sulawesi Barat.

Hasil penelitian BATAN tersebut ditindaklanjuti oleh BAPETEN untuk melakukan verifikasi guna pengawasan terhadap kondisi tersebut. Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 33 tahun 2007, Pasal 51, BAPETEN berkewajiban melakukan intervensi terhadap paparan kronik, yang salah satunya paparan yang berasal dari NORM. Intervensi merupakan suatu tindakan untuk mengurangi atau menghindari paparan radiasi^[3]. Verifikasi perlu dilakukan oleh BAPETEN untuk memastikan besar radiasi NORM di Kabupaten Mamuju, hasilnya akan digunakan untuk merumuskan kebijakan yang berhubungan dengan keselamatan radiasi masyarakat akibat NORM, misalnya pengaturan nilai reference level, penggunaan bahan bahan

bangunan, prototipe rumah tinggal serta pembinaan teknis.

Pengawasan terhadap radiasi NORM akan berhasil jika ada kerjasama antara semua pihak, terutama pemerintah daerah dan masyarakat. Pengawasan hendaknya juga tidak membebani masyarakat dan mengubah tatanan masyarakat yang telah berlangsung secara turun menurun. Pengawasan harus dilaksanakan oleh BAPETEN untuk menjalankan amanat dari Peraturan Pemerintah No 33 tahun 2007 dan sebagai anggota IAEA. IAEA telah mengeluarkan rekomendasi-rekomendasi terkait poteksi radiasi akibat radiasi alam yang harus diacu oleh negara anggota.

Hasil kajian yang dilakukan oleh BAPETEN juga perlu disosialisasikan kepada seluruh masyarakat untuk memberikan edukasi tentang situasi NORM di Indonesia. Makalah ini disusun untuk memberikan data/informasi kepada masyarakat tentang kondisi NORM di Kabupaten Mamuju dan pengawasan yang dilakukan oleh BAPETEN untuk melindungi masyarakat dari potensi bahaya radiasi yang ditimbulkan.

2. Metode

Kajian ini dilakukan dengan melakukan pengukuran di Kabupaten seluruh wilayah Kabupaten Mamuju. Pengukuran laju paparan eksternal dilakukan dengan metode *carborne*, menggunakan 2 (dua) buah peralatan Radeye, dengan nomor seri Radeye PRD/SN.3102 dan Radeye PRD/SN.3156. Pengukuran lebih mendalam dilakukan di daerah-daerah yang tingkat radiasinya dianggap paling signifikan. Pengukuran laju dosis gamma menggunakan alat ukur RadEye PRD disepanjang jalan yang dilewati. Pengukuran laju dosis gamma tersebut sebagai indikator tingkat radiasi NORM. Pada nilai laju dosis diatas 0,5 $\mu\text{Sv/jam}$, maka dianggap diatas normal dan perlu penyelidikan lebih lanjut.

Pengambilan sampel tanah dan air tanah dilakukan untuk mengetahui konsentrasi aktivitas radionuklida yang terkandung. Titik pengambilan sampel mengacu pada hasil pengukuran laju dosis gamma. Sampel tanah sebanyak 5 kg/sampel dan sampel air tanah sebanyak 5 lt dianalisis di laboratorium PTKMR-BATAN.

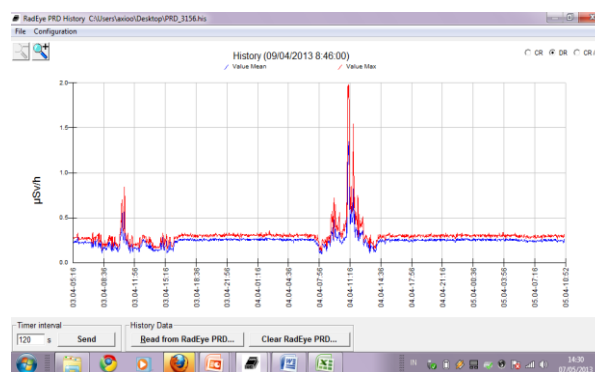
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Pengukuran Laju Paparan Eksternal dan Analisis Sampel

Terdapat tiga desa dengan laju paparan eksternal tertinggi, yaitu Desa Botteng, Desa Binanga dan Desa Takandeang. Laju paparan untuk nilai maksimum dan rata-rata di ketiga desa dapat dilihat pada Tabel 1. Sedangkan hasil semua pengukuran selama survei yang terekam oleh alat ukur RadEye ditampilkan dalam Gambar 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Laju Paparan Eksternal Survei Tahap 1

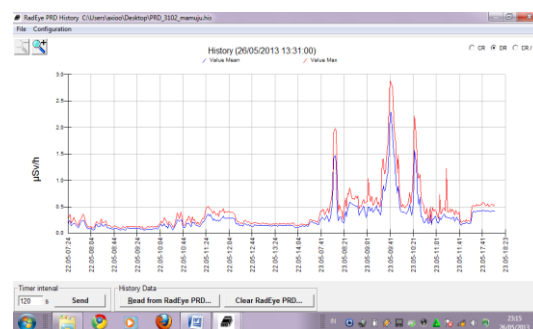
Alat Ukur	Laju Paparan ($\mu\text{Sv/jam}$)		
	Binanga	Botteng	Takandeang
Radeye PRD/SN.3102	Max: 0,78	Max: 0,72	Max: 1,35
	Mean: 0,45	Mean: 0,37	Mean: 0,85
Radeye PRD/SN.3156	Max: 0,84	Max: 0,72	Max: 1,97
	Mean: 0,67	Mean: 0,48	Mean: 1,35



Gambar 1 Laju Paparan Yang Terukur Selama Survei Tahap 1

Tabel 2. Hasil Pengukuran Laju Paparan Eksternal Survei Tahap 2

Alat Ukur	Laju Paparan ($\mu\text{Sv/jam}$)			
	Bukit Tebing, Jalan, Botteng	Takandeang, Bukit Labasang	Takandeang	Botteng
Radeye PRD/SN.3102	Max: 1,94	Max: 2,84	Max: 2,21	Max: 1,22
	Mean: 1,34	Mean: 2,28	Mean: 1,57	Mean: 0,3
Radeye PRD/SN.3111	Max: 2,23	Max: 2,77	Max: 2,55	Max: 1,51
	Mean: 1,00	Mean: 1,98	Mean: 1,79	Mean: 0,38



Gambar 2 Laju Paparan Yang Terukur Selama Survei Tahap 2

Nilai laju paparan radiasi alam di kabupaten Mamuju tersebut lebih tinggi dibandingkan rata-rata laju paparan radiasi alam di dunia, yaitu 0,08 $\mu\text{Sv/jam}$ ^[4]. Selain itu, menurut IAEA, jika laju paparan dari suatu material melampaui 0,5 $\mu\text{Sv/jam}$ (action level), maka material tersebut



memerlukan penyelidikan lebih lanjut karena dicurigai mengandung radionuklida alam dengan konsentrasi aktivitas melampaui 1 Bq/gram. Besarnya laju paparan di Kabupaten Mamuju dipengaruhi oleh kandungan batuan uranium dan thorium yang terdapat diformasi geologi setempat. Batuan gunung api adang merupakan salah satu formasi yang terdapat di kabupaten Mamuju, selain formasi Lariang, formasi Mamuju, formasi Budong-budong, formasi Latimojong, formasi Toraja, dll. Batuan gunung api adang di Kabupaten Mamuju seluas 820 Km² dan terdiri atas material tuf, lava dan breksi gunung api, terutama bersusunan leusit –basal, sebagian mikaan. Tuf merupakan material yang direkomendasikan oleh IAEA untuk dihindari sebagai bahan bangunan karena memberikan kontribusi terhadap tingkat radon dalam ruangan

Hasil pengukuran laju paparan merupakan suatu indikator kondisi radioaktivitas dari suatu material. Salah satu parameter penting yang mempengaruhi keselamatan adalah konsentrasi aktivitas dari radionuklida yang terkandung di dalam material/lingkungan. Pada kajian ini, dilakukan pengambilan sampel air Desa Takandeang, diketahui konsentrasi aktivitas radionuklida alam untuk Ra-226 dan R-228, yaitu $0,08 \pm 001$ Bq/L dan $0,07 \pm 001$ Bq/L. Berdasarkan Perka BAPETEN No.7 tahun 2013, nilai batas konsentrasi radioaktivitas di air untuk Ra-226 adalah 1,0 Bq/L^[5]. Dengan kata lain, konsentrasi radioaktivitas air di desa Takandeang masih berada di bawah batas yang ditetapkan oleh Perka BAPETEN.

Tabel 3. Konsentrasi Radioaktivitas pada Sampel Air di Desa Takandeang

Radionuklida	Konsentrasi Radioaktivitas (Bq/l)	Perka BAPETEN No.7 tahun 2013 (Bq/l)
Ra-226	0,08±001	1,0 Bq/L
R-228	0,07±001	

Untuk sampel tanah, pengambilan dilakukan di 5 (lima) titik, yaitu di Binanga sebanyak 2 (dua) titik, di Takandeang sebanyak 2 (dua) titik dan di Bukit Labasang. Konsentrasi aktivitas dapat dilihat di Tabel 4.4. Konsentrasi radioaktivitas Th-232 di desa Takandeang I ($1979,75 \pm 186,64$ Bq/kg), Takandeang II ($2039,39 \pm 192,22$ Bq.kg), dan Bukit Labasang ($2909,31 \pm 273,98$) melampaui nilai batas yang tercantum di BSS-115 yaitu 1000 Bq/kg. Untuk Ra-226, nilai konsentrasi di kelima titik pengambilan sampel tanah tidak melampaui nilai batas BSS-115.

Nilai konsentrasi aktivitas Ra-226 dan Th-232 yang terukur tersebut cukup tinggi dibandingkan konsentrasi aktivitas di tanah pada umumnya.

Kandungan Ra-226 akan berkaitan dengan potensi batuan uranium dan kandungan Th-232 berkaitan dengan potensi batuan thorium. Dari hasil survei tersebut, dapat diidentifikasi terdapat area anomali uranium dan anomaly thorium. Anomali uranium cenderung terdapat di desa Botteng dan anomali Thorium terdapat di Desa Takandeang

BATAN telah mengidentifikasi lebih detail yang termasuk daerah anomali uranium meliputi: Dusun Tande-Tande, Desa Botteng Utara, Kec. Simboro, Desa Botteng, Kec. Simboro dan Dusun Salunangka, Desa Rantas, Kecamatan Simboro dan daerah anomali thorium meliputi: Hulu Sungai Mamuju, Dusun Takaurangan, Desa Mamunyu, Kecamatan Mamuju, Desa Takandeang Kec. Tapalang, Desa Taaan Kec. Tapalang, Desa Pengasaan, Kecamatan Tapalang Barat, Dusun Katapi, Desa Babanga, Kecamatan Kaluku dan Desa Ahu, Kecamatan Tapalang Barat.

Dari sudut pandang keselamatan radiasi, kandungan uranium dianggap lebih penting untuk dipertimbangkan. Kandungan Uranium akan mempengaruhi konsentrasi radon dalam ruangan. Radon merupakan gas bersifat radioaktif dengan umur paro 3,82 hari. Radon dapat memberikan resiko terjadinya kanker dan harus dipertimbangkan konsentrasinya dalam ruangan melalui tindakan protektif dan remedial.

Tabel 4. Konsentrasi Aktivitas Radionuklida Ra-226 dan Th-232 Pada Sampel Tanah

Sampel Tanah	Konsentrasi Aktivitas (Bq/Kg)		Nilai Batas BSS-115 (Bq/Kg)
	Ra-226	Th-232	
Binanga I	206,61±19,77	489,56±46,46	1000 Bq/Kg
Binanga II	276,52±26,40	505,69±48,01	
Takandeang I	888,49±83,97	1979,75±186,64	
Takandeang II	683,71±64,68	2039,39±192,22	
Bukit Labasang	950,29 ±89,75	2909,31±273,98	

Keterangan:
 Binanga I = Depan Kantor Rujab BUPATI (dekat box sampah)
 Binanga II = Tebing depan Rujab BUPATI
 Takandeang I = Desa Palada. Laju dosis: < 2 μSv/jam
 Takandeang II = Desa Palada. Laju dosis: >2 μSv/jam

3.2. Strategi Proteksi Radiasi

Badan Pengawas berkewajiban merumuskan dan melaksanakan strategi proteksi radiasi untuk menurunkan resiko paparan publik akibat radiasi alam (NORM). Strategi proteksi radiasi yang dibuat harus dievaluasi dan dinilai tingkat keberhasilannya. Strategi proteksi radiasi identik dengan tindakan intervensi yang diwajibkan oleh Peraturan Pemerintah kepada Badan Pengawas. Strategi proteksi yang memungkinkan untuk diterapkan terkait anomali radiasi alam di Kabupaten Mamuju meliputi: pembinaan teknis, pembuatan pedoman penggunaan bahan bangunan,

dan pengembangan Perka BAPETEN tentang TENORM

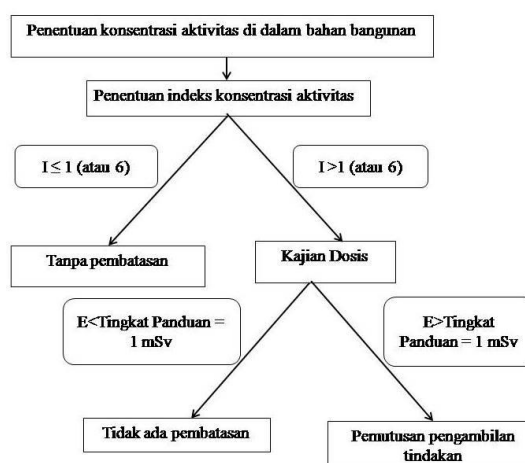
Pembinaan teknis kepada masyarakat bertujuan memandu masyarakat dalam menanggulangi/mitigasi paparan radiasi alam. Pembinaan tersebut perlu mempertimbangkan kesanggupan masyarakat dalam mempraktekannya, sehingga opsi tindakan yang paling sederhana dan murah lebih diprioritaskan. Tradisi rumah panggung yang banyak terdapat di area radiasi tinggi di Kabupaten Mamuju perlu dipertahankan. Model rumah panggung merupakan model yang paling tepat untuk mereduksi efek radiasi terhadap kesehatan. Adanya celah antara tanah dengan ruangan dalam model rumah panggung akan menurunkan konsentrasi gas radon yang dapat masuk ke dalam ruangan. Model rumah panggung biasanya tidak menggunakan bahan bangunan yang dapat meningkatkan konsentrasi radiasi alam dalam ruangan. Tindakan mitigasi lain yang paling mungkin dapat dilaksanakan oleh masyarakat Kabupaten Mamuju adalah meningkatkan fungsi ventilasi rumah, memperbaiki pola hidup yang berpotensi sebagai kontributor resiko kanker atau meningkatkan konsentrasi radon dalam ruangan.

Perkembangan jaman akan membuka peluang adanya peningkatan taraf hidup masyarakat Mamuju. Tradisi rumah panggung dapat bergeser menjadi rumah modern yang menggunakan bahan bangunan. Untuk mengantisipasi hal tersebut, perlu dipersiapkan pedoman penggunaan bahan bangunan yang diberlakukan kepada pengembang perumahan untuk pemukiman yang akan dibangun. Pedoman yang dibuat harus mempertimbangkan nilai batas dosis masyarakat yang besarnya kurang dari atau sama dengan 1 mSv. Pedoman tersebut harus mempersyaratkan nilai konsentrasi aktivitas radionuklida alam di dalam bahan bangunan dan dilanjutkan dengan penentuan indeks konsentrasi aktivitas. Indeks konsentrasi aktivitas berhubungan dengan dosis radiasi gamma di bangunan yang dibangun dari bahan bangunan tertentu. Indeks konsentrasi aktivitas merupakan alat *screening* untuk mengidentifikasi bahan bangunan yang membutuhkan pembatasan. Indeks konsentrasi aktivitas dirumuskan di bawah^[4]:

$$I = \frac{C_{RA}}{300 \text{ Bq/kg}} + \frac{C_{TH}}{200 \text{ Bq/kg}} + \frac{C_K}{3000 \text{ Bq/kg}}$$

Di mana :

C_{RA} adalah konsentrasi aktivitas ^{226}Ra di dalam bahan bangunan dalam satuan Bq/kg
 C_{TH} adalah konsentrasi aktivitas ^{232}Th di dalam bahan bangunan dalam satuan Bq/kg
 C_K adalah konsentrasi aktivitas ^{40}K di dalam bahan bangunan dalam satuan Bq/kg



Gambar 3. Diagram Alir Sistem Pengendalian Bahan Bangunan

Jika indeks konsentrasi I kurang dari 1 untuk ukuran *bulk*, seperti beton dan bata, atau I kurang dari 6 untuk bahan *superficial* seperti ubin, dosis efektif tahunan akibat paparan radiasi gamma dari bahan bangunan kurang dari tingkat panduan 1 mSv. Bahan bangunan seperti itu tidak harus tergantung dari pembatasan penggunaan. Untuk bahan bangunan yang memerlukan penelaahan lebih lanjut, maka harus dilakukan perhitungan dosis menggunakan model ruangan yang menunjukkan ruangan tertentu yang dibangun dari bahan bangunan tertentu. Model ruangan juga memungkinkan adanya paparan eksternal *background outdoor* karena radionuklida yang berasal dari alam dalam tanah yang tidak terganggu. Dosis efektif hasil perhitungan harus dibandingkan dengan tingkat panduan. Jika dosis efektif terhitung kurang dari tingkat panduan 1 mSv, bahan bangunan tidak perlu dibatasi penggunaannya. Jika dosis efektif hasil perhitungan melebihi nilai tingkat panduan 1 mSv, maka harus ditentukan langkah-langkah yang mungkin saja memerlukan dana untuk pembatasan penggunaan bahan bangunan tersebut. Gambar 3 menunjukkan diagram alir yang menggambarkan rekomendasi kendali sistem. Penting untuk diketahui bahwa residu/sisa dari industri NORM, seperti abu terbang dan fosfopisum, kadang digunakan dalam pembuatan berbagai macam bahan bangunan. Indeks aktivitas, atau metode penilaian dosis alternatif harus diterapkan sampai bahan bangunan siap pakai; ini tidak ditujukan untuk diterapkan dalam komponen penyusunan bahan bangunan. Jika residu mengandung radionuklida lain selain ^{226}Ra , ^{232}Th dan ^{40}K , maka harus dilakukan penilaian terhadap paparan akibat radionuklida ini. Jika ^{232}Th dan ^{226}Ra tidak dalam keadaan setimbang di dalam residu, maka konsentrasi ^{228}Ra harus digunakan untuk menggantikan konsentrasi ^{232}Th .



4. Kesimpulan

1. Tingkat radiasi alam di Kabupaten Mamuju relative lebih tinggi dibandingkan daerah lain di Indonesia yang disebabkan kandungan uranium dan thorium di dalam formasi geologi Kabupaten Mamuju.
2. Konsentrasi aktivitas radionuklida alam Ra-226 dan Th-232 dalam sampel tanah yang diambil menunjukkan hasil lebih dari 1 Bq/gram untuk Th-232.
3. Badan pengawas tenaga nuklir berkewajiban memberikan pengawasan terhadap kabupaten Mamuju untuk menjamin keselamatan masyarakat dari bahaya radiologic yang ditimbulkan, pengawasan yang dilakukan melalui pembinaan teknis, pembuatan pedoman dan pengembangan Perka BAPETEN, misalnya Perka Tentang TENORM.

Daftar Pustaka

- IAEA, 2011, GSR part 3: *Draft Safety Requirements: Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards*, Vienna
- UNSCEAR, 2000, *Report of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation to the General Assembly*
- Peraturan Pemerintah No. 33 tahun 2007 tentang *Keselamatan Radiasi Pengion dan Keamanan Sumber Radioaktif*
- IAEA, 2015, SSG-32: *Protection of the Public Against Exposure Indoors due to Radon and Other Natural Sources of Radiation*, Vienna
- Perka. BAPETEN No. 07 tahun 2013 tentang *Nilai Batas Radioaktivitas Lingkungan*.