



KEPUTUSAN KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR
NOMOR: 12/Ka-BAPETEN/VI-99
TENTANG
KETENTUAN KESELAMATAN KERJA PENAMBANGAN DAN PENGOLAHAN
BAHAN GALIAN RADIOAKTIF

KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR,

- Menimbang : a. bahwa pelaksanaan penambangan dan pengolahan bahan galian radioaktif dapat menimbulkan dampak radiasi pada para pekerja;
- b. bahwa untuk melindungi para pekerja dalam tambang dan instalasi pengolahan bahan galian radioaktif perlu ditetapkan ketentuan keselamatan kerja penambangan dan pengolahan bahan galian radioaktif;
- c. bahwa sehubungan dengan huruf a dan b di atas perlu ditetapkan Keputusan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir tentang Ketentuan Keselamatan Kerja Penambangan Dan Pengolahan Bahan Galian Radioaktif;
- Mengingat : 1. Undang-undang No. 10 Tahun 1997;
2. Peraturan Pemerintah Nomor 11 Tahun 1975;
3. Peraturan Pemerintah Nomor 12 Tahun 1975;
4. Keputusan Presiden No 76 Tahun 1998;
5. Keputusan Presiden RI No 161/M Tahun 1998;
6. Keputusan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 01/K-OTK/VIII-98;

MEMUTUSKAN :

Menetapkan :

PERTAMA : Keputusan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir tentang Ketentuan Keselamatan Kerja Penambangan dan Pengolahan Bahan Galian Radioaktif seperti tersebut dalam Laporan Keputusan ini.

KEDUA : Keputusan ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkan.

Ditetapkan di J a k a r t a

Pada tanggal 15 Juni 1999

K e p a l a ,

Dr. Mohammad Ridwan M.Sc.,APU

Salinan sesuai dengan aslinya

Kepala Direktorat Peraturan Keselamatan Nuklir,

ttd

Drs. Martua Sinaga
NIP.330002326

LAMPIRAN
KEPUTUSAN KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR
NOMOR 12/Ka-BAPETEN/VI-99
TENTANG
KETENTUAN KESELAMATAN KERJA PENAMBANGAN DAN PENGOLAHAN
BAHAN GALIAN RADIOAKTIF

PENDAHULUAN

Ketentuan ini merupakan peraturan yang harus ditaati bagi mereka yang bertanggung jawab di bidang proteksi radiasi, para Pengusaha Instalasi serta para pekerja dalam penambangan dan pengolahan bahan galian radioaktif. Dalam Ketentuan ini pengertian “penambangan” meliputi kegiatan yang berkaitan dengan pekerjaan persiapan, penggalian, pengangkutan dan penyimpanan bijih, sedangkan “pengolahan” meliputi kegiatan yang berkaitan dengan peningkatan konsentrasi bijih secara fisik dan kegiatan dalam produksi konsentrat melalui proses kimia. Sekalipun Ketentuan ini dimaksudkan untuk penambangan uranium dan thorium, keterangan mengenai proteksi radiasi yang diuraikan dalam Ketentuan ini dapat digunakan pula untuk berbagai tambang lain yang ada dampak radiasinya. Sudah terbukti bahwa resiko kanker paru-paru berkaitan dengan penyinaran tinggi hasil turunan radon di udara. Bahaya dapat diperkecil dengan mengurangi penyinaran turunan radon. Untuk itu dalam Ketentuan ini memuat pula petunjuk untuk memperkecil resiko dan untuk mengendalikan penyinaran maupun resiko dari sumber radiasi lain dalam tambang dan instalasi pengolahan. Untuk mengurangi penyinaran turunan radon atau sumber radiasi lainnya diperlukan usaha-usaha tertentu, khususnya dengan menggunakan ventilasi dan pengendalian debu.

Ketentuan ini mengatur pengendalian radiasi akibat kerja dan pengendalian radioaktivitas dalam tambang dan instalasi pengolahan, dan tidak mengatur kegiatan eksplorasi permukaan, dekomisioning tambang dan instalasi pengolahan, dan masalah yang berhubungan dengan proteksi lingkungan. Namun demikian Ketentuan ini dapat pula dipergunakan secara terbatas untuk pemantauan penyinaran pada eksplorasi permukaan. Bahaya non radiasi lainnya yang cukup penting seperti debu silika, runtuhnya tambang, ledakan dan kebakaran, bahaya mekanik dan listrik diatur tersendiri dalam peraturan keselamatan kerja pertambangan. Penambangan dan pengolahan bahan galian radioaktif menghasilkan limbah radioaktif, yang mempunyai potensi membahayakan masyarakat, oleh karena itu Ketentuan ini harus diperhatikan dan ditaati.

Ketentuan ini juga tidak mengatur spesifikasi peralatan dan mesin yang akan digunakan dalam penambangan dan instalasi pengolahan bahan galian radioaktif. Teknik dan metode pemantauan serta berbagai instrumen yang digunakan diuraikan secara terinci dalam petunjuk lainnya yang akan dikeluarkan kemudian. Pengangkutan zat radioaktif di dalam tambang dan instalasi pengolahan diatur dalam Ketentuan ini, sedangkan pengangkutan di luar instalasi diatur dalam peraturan khusus mengenai pengangkutan zat radioaktif.

1. RUANG LINGKUP

- 1.1. Ketentuan ini berlaku untuk penambangan dan pengolahan bahan galian radioaktif, tambang dan instalasi pengolahan yang memisahkan bahan galian radioaktif sebagai hasil samping, dan eksplorasi bawah tanah uranium dan thorium dan pekerjaan persiapan penambangan. Sebagian dari Ketentuan ini dapat digunakan untuk tambang dan instalasi pengolahan bahan galian non radioaktif dimana turunan radon atau thoron terjadi di udara.
- 1.2. Ketentuan ini khususnya berlaku untuk bahaya radiasi akibat kerja yang timbul dari kegiatan penggalian, pengangkutan dan penyimpanan bijih, penghancuran, penggerusan, proses peningkatan konsentrasi secara fisik lainnya, dan produksi konsentrat secara kimia.

2. PRINSIP DAN PERSYARATAN UMUM

2.1. Kewajiban umum Pengusaha Instalasi

Kecuali ditentukan lain, Pengusaha Instalasi bertanggung jawab atas pelaksanaan Ketentuan Keselamatan Kerja ini.

- 2.1.1. Pengusaha Instalasi bertanggung jawab atas pengawasan keselamatan pekerja dari bahaya radiasi dan zat radioaktif. Pengusaha Instalasi harus mengawasi agar radiasi terhadap setiap pekerja, dan zat radioaktif yang masuk ke dalam tubuhnya tetap berada dalam batas-batas seperti tercantum dalam Ketentuan ini. Semua pekerjaan termasuk penyimpanan dan pembuangan harus dilakukan sesuai dengan persyaratan dalam Ketentuan ini.

- 2.1.2. Pengusaha Instalasi harus mempertimbangkan proteksi terhadap kesehatan dan keselamatan pekerja pada semua tahap sejak perancangan dan perencanaan penambangan dan pengolahan. Sebelum mulai pengoperasian, Pengusaha Instalasi harus memberikan informasi kepada BAPETEN tentang kemungkinan bahaya radiasi dan metode yang digunakan dalam mengendalikan penyinaran radiasi pengion dan zat radioaktif.
- 2.1.3. Pengusaha Instalasi harus menjaga agar radiasi terhadap pekerja baik secara perorangan maupun kelompok tetap serendah mungkin, dengan memperhatikan faktor ekonomi dan sosial.
- 2.1.4. Pengusaha Instalasi harus menjamin tersedianya sarana, gedung dan peralatan, peralatan pelindung perorangan, pakaian kerja, fasilitas pencucian dan sarana pertolongan pertama yang disyaratkan dalam Ketentuan ini.
- 2.1.5. Pengusaha Instalasi harus menyediakan, memelihara dan menginspeksi secara teratur sarana, gedung dan peralatan, dan harus mengatur pekerjaan agar terjamin bahwa nilai batas yang tercantum dalam bagian 3 dari Ketentuan ini tidak dilampaui.
- 2.1.6. Pengusaha Instalasi harus menjamin melalui pengawasan, bahwa pekerja menjalankan tugas mereka sesuai dengan Ketentuan ini.
- 2.1.7. Pengusaha Instalasi harus menjamin bahwa setiap pekerja dan pengawas dilatih mengenai dasar ventilasi dan praktek proteksi radiasi dari seluruh kegiatan penambangan dan pengolahan. Pekerja dan pengawas juga harus diberi pengertian mengenai sifat, sumber dan pengaruh zat radioaktif terhadap keselamatan dan kesehatan serta pengendaliannya dengan cara pemeliharaan sistem ventilasi, kebersihan, dan pemakaian peralatan pelindung perorangan.

- 2.1.8. Pengusaha Instalasi harus menjamin bahwa setiap pekerja yang memulai suatu pekerjaan baru diberi petunjuk secara menyeluruh tentang tugas dan tanggung jawabnya, sumber radiasi dan zat radioaktif yang berkaitan dengan pekerjaannya, dan tentang pengendalian, khususnya ventilasi, yang dilaksanakan sesuai dengan Ketentuan ini.
- 2.1.9. Apabila pekerjaan dilakukan secara bersama oleh sejumlah pekerja, maka Pengusaha Instalasi harus menjamin bahwa mereka semua faham akan tanggung jawab bersama mereka untuk mengendalikan radiasi dan zat radioaktif terhadap orang lain maupun mereka sendiri, dan bahwa mereka diawasi dengan baik.
- 2.1.10. Untuk setiap jenis tempat kerja dan tugas, Pengusaha Instalasi harus menjamin bahwa lembaran petunjuk kerja yang berkaitan dengan pengendalian yang digunakan untuk tempat kerja dan tugas tersebut, ditempatkan atau ditempel pada tempat yang mudah dilihat, dan bahwa pemberitahuan ini harus menggunakan bahasa (termasuk pictogram) yang dipahami oleh semua pekerja tambang dan pengolahan, dan bahwa semuanya itu selalu dalam keadaan masih dapat dibaca.
- 2.1.11. Pengusaha Instalasi harus menjamin bahwa semua pekerja diberi petunjuk ulang mengenai isi ketentuan sebagaimana dimaksud dalam nomor 2.1.7., 2.1.8. dan 2.1.9. dalam selang waktu yang teratur.
- 2.1.12. Pengusaha Instalasi dengan persetujuan BAPETEN, harus menentukan Tingkat Acuan (Tingkat Penyelidikan atau Intervensi) yang didasarkan pada kondisi yang sebenarnya dalam tambang atau instalasi pengolahan, sehingga tindakan yang diperlukan untuk perbaikan dapat diambil apabila tingkat demikian dilampaui.
- 2.1.13. Pengusaha Instalasi harus menjamin bahwa para pekerja memperoleh pemeriksaan kesehatan sebagaimana ditentukan dalam Ketentuan ini.

- 2.1.14. Pengusaha Instalasi harus memberitahukan kepada para pekerja bahwa merokok memperbesar resiko terkena radiasi turunan radon dan thoron yang ada di udara dan oleh karena itu para pekerja dilarang merokok di dalam instalasi.
- 2.1.15. Pengusaha Instalasi setiap tahun harus menyampaikan kepada BAPETEN ikhtisar catatan tentang radiasi yang diterima pekerja, catatan pengukuran konsentrasi zat radioaktif dan catatan lain semacam itu dan pada selang waktu lain sebagaimana diminta oleh BAPETEN.
- 2.1.16. Jikalau tambang atau instalasi pengolahan ditutup, Pengusaha Instalasi harus menyerahkan semua catatan tentang penyinaran radiasi kepada BAPETEN.

2.2. Kewajiban umum pekerja

- 2.2.1. Pekerja harus mentaati semua ketentuan mengenai pengendalian radiasi dan zat radioaktif dalam lingkungan kerja dan tidak boleh lalai dan bahkan harus tidak melakukan kegiatan yang mungkin membawa akibat penyinaran yang tidak semestinya bagi dirinya atau teman sekerjanya.
- 2.2.2. Pekerja harus memakai :
 - (i) alat, sarana dan perlengkapan pelindung yang disediakan, untuk membatasi radiasi dan zat radioaktif terhadapnya dan terhadap teman sekerjanya.
 - (ii) dosimeter perorangan dan peralatan monitor lain yang disediakan untuk memperkirakan radiasi dan zat radioaktif.
- 2.2.3. Tidak seorang pekerjapun diperkenankan, kecuali diberi wewenang, untuk mengubah, memindahkan atau mengganti peralatan keselamatan, ventilasi atau peralatan lainnya yang disediakan untuk melindungi dirinya atau melindungi orang lain, atau mengubah metode atau proses yang digunakan untuk pengendalian radiasi dan

zat radioaktif. Pekerja harus berusaha untuk mencegah kerusakan peralatan dan mengusahakan agar peralatan tersebut selalu dalam keadaan siap pakai.

- 2.2.4. Pekerja harus membiasakan menjaga menjaga kebersihan misalnya mencuci tangan sebelum makan dan merokok, memakai pakaian yang bersih dan mandi setelah bekerja sehingga mengurangi kemungkinan zat radioaktif masuk ke dalam tubuh.

2.3. Perizinan

Kegiatan penambangan uranium dan thorium mulai dari persiapan penambangan sampai pengoperasian instalasi pengolahan harus mendapat izin dari BAPETEN.

2.4. Batas Umur

Mereka yang berumur kurang dari 18 tahun tidak boleh dipekerjakan dalam tambang dan instalasi pengolahan uranium dan thorium.

2.5. Dasar-dasar pembatasan radiasi

Untuk membatasi penerimaan dosis radiasi oleh pekerja yang ditimbulkan oleh kegiatan persiapan penambangan, penggalian, produksi, pemrosesan dan penanganan bijih radioaktif harus memperhatikan sistem pembatasan dosis, yang mencakup pembenaran kegiatan yang dilakukan, optimasi proteksi radiasi dan pembatasan dosis ekivalen terhadap seseorang .

3. BATAS PENERIMAAN RADIASI

3.1. Batas dosis ekivalen

Oleh karena Ketentuan ini berkenaan dengan proteksi akibat kerja maka yang dikemukakan hanya batas dosis ekivalen bagi pekerja :

- a. Untuk mencegah terjadinya efek non-stokastik, digunakan batas 0,5 Sv (50 rem) dalam 1 (satu) tahun untuk semua jaringan, kecuali lensa mata; untuk lensa mata batas tahunan yang disarankan adalah 0,15 Sv (15 rem). Nilai batas ini digunakan baik untuk penerimaan radiasi oleh suatu jaringan atau

penerimaan radiasi pada beberapa organ, tetapi jumlah penerimaan radiasi dari semua organ dikalikan dengan faktor bobot masing - masing organ tidak boleh melebihi nilai batas untuk efek stokastik sebesar 50 mSv (5 rem).

- b. Untuk pembatasan efek stokastik, maka batas dosis ekivalen efektif tahunan (HE) untuk penerimaan radiasi seluruh tubuh adalah 50 mSv (5 rem).

3.2. Batas turunan dan batas sekunder

Apabila batas dosis primer untuk radiasi eksternal dan internal tidak dapat diterapkan, diperlukan batas dosis sekunder.

3.2.1. Batas dosis sekunder radiasi eksternal dapat dinyatakan dalam INDEKS DOSIS EKIVALEN DALAM (HI,d) dan INDEKS DOSIS EKIVALEN PERMUKAAN (HI,s).

3.2.2. Batas dosis sekunder radiasi internal dapat dinyatakan dalam BATAS MASUKAN TAHUNAN (BMT). Nilai BMT terdapat dalam Keputusan Kepala BAPETEN Nomor 01/Ka-BAPETEN/V-99. Nilai BMT untuk turunan radon terdapat dalam lampiran Keputusan Kepala BAPETEN tersebut. Radiasi internal dapat juga diawasi dengan menggunakan batas turunan, misalnya batas turunan kadar radioaktivitas udara kerja. Apabila batas dosis sekunder atau turunan tidak dilampaui maka ketentuan batas dosis ekivalen tahunan akan terpenuhi.

3.2.3. Dalam hal terdapat perbedaan antara batas turunan untuk parameter tunggal, maka harus digunakan nilai BMT. Batas penerimaan radiasi dari debu radioaktif ditentukan dengan asumsi ukuran zarah sebesar $1\mu\text{m}$ AMAD (Activity Median Aerodynamic Diameter).

a. Turunan Radon

Dalam penambangan dan pengolahan uranium, pengawasan terhadap penerimaan radiasi oleh pekerja dari turunan radon tidak boleh diabaikan. BMT untuk turunan ^{222}Rn ditentukan sebesar 0,02 J untuk energi alpha yang terhirup melalui

pernafasan. Nilai BMT ini sesuai dengan Batas Turunan Kadar Radioaktivitas Udara Kerja (Derived Air Concentration / DAC) yaitu $8,3 \mu \text{ J.m}^{-3}$ atau 0,4 Tingkat Kerja dan sesuai dengan Batas Penerimaan Radiasi Tahunan (Annual Limit of Exposure / ALE) sebesar $0,017 \text{ J. Jam.m}^{-3}$ (5 Tingkat Kerja Bulan).

b. Turunan Thoron

BMT untuk turunan thoron ditentukan sebesar 0,06 J untuk energi alpha potensial yang terhirup melalui pernafasan. Nilai BMT ini sesuai dengan Batas Turunan Kadar Radioaktivitas Udara Kerja $25 \mu \text{ J.m}^{-3}$ atau 1,2 Tingkat Kerja dan sesuai dengan Batas Penerimaan Radiasi Tahunan sebesar $0,05 \text{ J.Jam.m}^{-3}$ (15 Tingkat Kerja Bulan).

c. Debu bijih

Nilai batas turunan bagi debu bijih uranium yang dapat dihirup didasarkan pada aktivitas alpha total dari nuklida yang berumur panjang dalam rantai peluruhan ^{238}U , yang dianggap berada dalam keadaan kesetimbangan sekuler dengan ^{238}U . Nilai batas untuk debu thorium didasarkan pada ^{232}Th dan ^{228}Th dalam kesetimbangan. Dosis interna dan BMT sangat tergantung pada penggolongan radionuklida. Ada kemungkinan bahwa nuklida yang terdapat dalam bijih adalah golongan T. Atas dasar ini BMT untuk debu bijih uranium dengan aktivitas total partikel alpha yang berumur panjang adalah $1,7 \text{ kBq}$ dan Nilai Batas Turunan untuk Kadar Radioaktivitas Udara Kerja adalah $0,73 \text{ Bq.m}^{-3}$, dan BMT untuk debu bijih thorium adalah $0,20 \text{ kBq}$ dan Nilai Batas Turunan untuk Kadar Radioaktivitas Udara Kerja adalah $0,083 \text{ Bq.m}^{-3}$ dan Batas Penerimaan Radiasi Tahunan yang sesuai adalah $1,5 \text{ kBq.Jam.m}^{-3}$ bagi uranium dan $0,17 \text{ kBq.Jam.m}^{-3}$ bagi thorium. Apabila cebakan bijih berada tidak dalam kesetimbangan sekuler, maka BMT harus dihitung dengan menggunakan perbandingan radionuklida yang sebenarnya.

d. Uranium dan Thorium

BMT untuk uranium dan thorium didasarkan pada campuran isotop yang terjadi secara alamiah. Konsentrat uranium dan thorium sangat beraneka ragam dalam kadar kelarutan, tergantung pada proses pengolahan yang bersangkutan. Untuk bahan golongan T, BMT uranium adalah 1,5 kBq dan Nilai Batas Turunan Kadar Radioaktivitas Udara Kerja adalah 0,61 Bq.m⁻³, dan BMT untuk thorium adalah 0,20 kBq dan Nilai Batas Turunan Kadar Radioaktivitas Udara Kerja adalah 0,083 Bq.m⁻³. Untuk bahan golongan M, BMT adalah 28 kBq bagi uranium dan 63 Bq untuk thorium. Apabila thorium dikonsentrasikan dari suatu bijih yang mengandung baik uranium maupun thorium, maka BMT thorium harus diperkecil untuk memperhitungkan adanya 230 Th.

Untuk senyawa uranium dapat larut (golongan H), kerusakan kimiawi terhadap ginjal adalah lebih penting dari pada efek radiologi. Berdasarkan konsentrasi ambang sebesar 900 µg uranium dalam ginjal, batas penghirupan akut bagi uranium adalah 20 mg. Bagi penyinaran kronis, pemasukan harian 1 mg dapat mengakibatkan batas untuk ginjal tercapai dalam waktu sekitar 10 tahun.

3.2.4. Apabila radiasi eksternal dan internal diterima bersama-sama, maka masing-masing nilai batas dosis yang direkomendasikan untuk efek stokastik tidak akan dilampaui, jika dua persyaratan seperti tersebut pada butir A lampiran I dipenuhi. Untuk nilai batas dosis radon dan turunannya harus memenuhi persyaratan tersebut pada butir B lampiran I.

3.2.5. Penyinaran lebih

Apabila terjadi penyinaran lebih, yang diperkirakan telah terjadi selama operasi normal atau sebagai akibat dari kecelakaan atau kondisi yang abnormal, maka harus diperhatikan prosedur berikut ini :

- a) Pengusaha Instalasi harus mengidentifikasi penyebab dan akibatnya, serta melaporkan kepada BAPETEN.
- b) Apabila penerimaan melebihi dua kali lipat dari nilai batas tahunan seperti dituangkan dalam nomor 3.2.3., maka perlu diadakan pemeriksaan medis sebaik-baiknya.
- c) Pengaturan administratif yang dibuat sebagai akibat dari penyinaran lebih harus meliputi keputusan tentang perlunya pembatasan terhadap penyinaran akibat kerja yang diterima dikemudian hari. Pekerja yang bersangkutan diperbolehkan untuk melanjutkan pekerjaan rutin apabila tidak terdapat keberatan ditinjau dari segi medis, dengan memperhatikan penyinaran sebelumnya, kesehatan, umur dan keahlian khusus serta tanggung jawab sosial ekonomi.
- d) Semua penyinaran lebih dari dosis serta pemasukan zat radioaktif karena kecelakaan harus dicatat dan dibedakan dengan jelas dengan penyinaran normal, dan semua itu harus dicatat dalam kartu dosis masing-masing pekerja.

3.2.6. Penyinaran abnormal

Setiap penyinaran abnormal harus dilaporkan pada BAPETEN. Yang dimaksud dengan penyinaran abnormal adalah penyinaran yang mengakibatkan penerimaan radiasi melebihi nilai-nilai batas dosis untuk pekerja radiasi yang ditentukan dalam Keputusan Kepala BAPETEN No. 01/Ka-BAPETEN/V-99.

4. ORGANISASI PROTEKSI RADIASI

4.1. Penggolongan pekerja radiasi

4.1.1. Untuk tujuan pemantauan dan pembatasan penyinaran dibedakan dua kategori pekerja radiasi.

- (i) Kategori A, pekerja radiasi yang mungkin menerima dosis sama dengan atau lebih besar dari 15 mSv (1500 mrem) per tahun;
- (ii) Kategori B, pekerja radiasi yang mungkin menerima dosis lebih kecil

15 mSv (1500 mrem) per tahun.

4.1.2. Kesehatan pekerja radiasi kategori A harus diperiksa dan penerimaan radiasi tahunan yang diterima oleh mereka harus dievaluasi.

4.1.3. Pekerja tambang bawah tanah termasuk pada kategori A.

4.1.4. Kesehatan pekerja kategori B harus diperiksa, tetapi penerimaan radiasi tahunan yang diterima oleh mereka tidak perlu dievaluasi. Hasil pemantauan daerah kerja terhadap turunan radon dan thoron, laju dosis gamma dan konsentrasi debu radioaktif harus digunakan untuk mengetahui kesesuaian batas penyinaran daerah kerja untuk pekerja kategori B sebagaimana tersebut pada No. 4.1.1. (ii) di atas. Dalam hal tertentu, evaluasi tersebut dapat dilakukan, misalnya apabila diperlukan untuk memperoleh data statistik atau untuk memastikan perkiraan yang dilakukan dengan metoda secara tidak langsung.

4.2. Pembagian daerah kerja

Penggolongan pekerja dapat dilakukan dengan berdasarkan pembagian daerah kerja sesuai dengan laju penyinaran sebenarnya atau potensial.

4.2.1. Daerah pengawasan yaitu daerah kerja yang memungkinkan seorang pekerja menerima dosis radiasi tidak lebih dari 15 mSv (1500 mrem) dalam satu tahun dan bebas kontaminasi. Daerah ini dapat dibedakan atas daerah radiasi sangat rendah dan daerah radiasi rendah.

4.2.1.1. Daerah radiasi sangat rendah yaitu daerah kerja yang memungkinkan seseorang pekerja menerima dosis 1 mSv (100 mrem) atau lebih dan kurang dari 5 mSv (500 mrem) dalam satu tahun. Untuk daerah ini pemantauan perorangan tidak harus dilakukan.

4.2.1.2. Daerah radiasi rendah yaitu daerah kerja yang memungkinkan seorang pekerja menerima dosis 5 mSv (500 mrem) atau lebih dan kurang dari 15 mSv (1500 mrem) dalam satu tahun untuk seluruh tubuh atau nilai yang sesuai

terhadap organ tertentu. Untuk daerah ini, pemantauan harus dilakukan. Daerah radiasi rendah harus dinyatakan dengan tanda-tanda yang ditempatkan pada pintu masuk. Pekerja yang masuk ke dalam harus menaati petunjuk operasi setempat.

- 4.2.2. Daerah pengendalian yaitu daerah kerja yang memungkinkan seorang pekerja menerima dosis 15 mSv (1500 mrem) atau lebih dalam satu tahun.

Masuk daerah ini harus diawasi dan memenuhi ketentuan kerja. Dalam daerah pengendalian baik pemantauan perorangan maupun pemantauan daerah harus dilakukan. Tambang bawah tanah digolongkan sebagai daerah pengendalian, karena laju penyinaran dalam tambang tersebut sangat beraneka ragam. Dalam daerah pengendalian terdapat daerah radiasi sedang, daerah radiasi tinggi, daerah kontaminasi rendah, sedang dan tinggi.

- 4.2.2.1. Daerah radiasi sedang yaitu daerah kerja yang memungkinkan seseorang yang bekerja secara tetap pada daerah itu menerima dosis 15 mSv (1500 mrem) atau lebih dan kurang dari 50 mSv (5000 mrem) dalam satu tahun untuk seluruh tubuh atau nilai yang sesuai terhadap organ tertentu dari tubuh.
- 4.2.2.2. Daerah radiasi tinggi yaitu daerah kerja yang memungkinkan seseorang yang bekerja secara tetap dalam daerah itu menerima dosis 50 mSv (5000 mrem) atau lebih dalam satu tahun atau nilai yang sesuai terhadap organ tertentu dari tubuh.
- 4.2.2.3. Daerah kontaminasi rendah yaitu daerah kerja dengan tingkat kontaminasi yang besarnya lebih kecil dari 0,37 Bq/cm² (10-uCi/cm²) untuk pemancar alpha dan lebih kecil dari 3,7 Bq/cm² (10⁻⁴ uCi/cm²) untuk pemancar beta.

4.2.2.4. Daerah kontaminasi sedang ialah daerah kerja dengan tingkat kontaminasi radioaktif $0,37 \text{ Bq/cm}^2$ (10^{-5} uCi/cm^2) atau lebih tetapi kurang dari $3,7 \text{ Bq/cm}^2$ (10^{-4} uCi/cm^2) untuk pemancar alfa dan $3,7 \text{ Bq/cm}^2$ (10^{-4} uCi/cm^2) atau lebih tetapi kurang dari 37 Bq/cm^2 (10^{-3} uCi/cm^2) untuk pemancar beta, sedangkan kontaminasi udara tidak melebihi sepersepuluh Batas Turunan Kadar Radioaktivitas Udara Kerja.

4.2.2.5. Daerah kontaminasi tingkat yaitu daerah kerja dengan tingkat kontaminasi $3,7 \text{ Bq/cm}^2$ (10^{-4} uCi/cm^2) atau lebih untuk pemancar alfa, dan 37 Bq/cm^2 (10^{-3} uCi/cm^2) atau lebih untuk pemancar beta, sedangkan kontaminasi udara kadang-kadang lebih besar dari Batas Turunan Kadar Radioaktivitas Udara Kerja.

4.2.3. Daerah pengendalian harus dinyatakan dengan tanda-tanda peringatan yang ditempatkan pada pintu masuk maupun pada pintu di dalamnya. Yang diperbolehkan masuk daerah ini adalah meraka yang ditugaskan bekerja dalam daerah itu dan juga yang diberi wewenang untuk memasuki daerah tersebut.

4.3. Proteksi Radiasi

Program proteksi radiasi yang berhasil guna memerlukan pelayanan dari

- (i) Dokter
- (ii) Petugas Proteksi Radiasi
- (iii) Petugas Ventilasi

Penguasa Instalasi Atom harus menjamin adanya petugas tersebut dan dalam menjalankan tugasnya petugas tersebut bekerja sama serta memelihara hubungan kerja yang erat dengan orang-orang yang bertanggung jawab terhadap pengawasan bahaya non radiasi. Petugas Proteksi Radiasi dan Petugas Ventilasi dianggap sebagai petugas yang dipekerjakan oleh Pengusaha Instalasi, oleh karena itu dalam ketentuan ini

kedua petugas itu diberi sebutan Petugas Proteksi Radiasi dan petugas ventilasi. Dokter diperbolehkan ada atau tidak dalam daftar pegawai, selanjutnya istilah itu digunakan dalam Ketentuan ini.

4.3.1. Dokter.

Dokter harus memahami masalah kesehatan akibat kerja termasuk proteksi radiasi, dan harus :

- a) Melaksanakan pemeriksaan kesehatan sebelum bekerja, berkala dan pada akhir hubungan kerja.
- b) Mengatur pemeriksaan fungsi paru-paru dan ginjal dan jika perlu konsultasi dengan dokter ahli lainnya yang sesuai.
- c) Melaporkan pada Pengusaha Instalasi secara berkala tentang sehat/ tidak sehatnya (kebugaran) pekerja; apabila seorang pekerja ternyata tidak cukup sehat untuk jenis pekerjaan yang ditugaskan kepadanya, maka dokter harus menyatakan keadaan itu bersifat sementara atau selamanya; ia boleh menyarankan alih tugas ke tempat lain yang tidak melibatkan radiasi yang berarti dari zat radioaktif dalam debu yang membahayakan; apabila penyakitnya disebabkan oleh kondisi kerja yang tidak memuaskan, maka ia harus memberitahukan kepada Pengusaha Instalasi bahwa perlu diadakan perbaikan.
- d) Memberikan keterangan (clearance) kepada seorang pekerja, yang untuk sementara telah ditarik dari tugas oleh karena alasan kesehatan, untuk kembali bekerja secara normal.
- e) Secara berkala mengunjungi tempat-tempat kerja untuk mengetahui kondisi kerja dan lingkungan.

4.3.2. Petugas Proteksi Radiasi

Petugas Proteksi Radiasi harus :

- a) Melaporkan kepada Pengusaha Instalasi tentang aspek-aspek radiologi pemantauan daerah kerja dan dosimetri perorangan, juga tentang semua persoalan proteksi radiasi lainnya meliputi perlengkapan pelindung dan prosedur administrasi.

- b) Mengidentifikasi sumber utama radiasi dan zat radioaktif dalam lingkungan kerja.
- c) Memimpin program rutin pemantauan radiasi serta program pemantauan khusus.
- d) Mengkalibrasi atau menjamin kalibrasi semua dosimeter dan instrumen yang dipakai untuk pemantauan daerah kerja dan dosimetri perorangan.
- e) Turut serta dalam program latihan pekerja, mempersiapkan atau menyetujui bahan latihan yang berkaitan dengan proteksi radiasi.
- f) Menjamin bahwa catatan mengenai penyinaran disimpan sebaik-baiknya dan salinannya dikirim ke Pengusaha Instalasi secara berkala.
- g) Menelaah ulang catatan penyinaran untuk mendeteksi adanya hasil yang tidak wajar atau kelainan dan menyelidiki hasil tersebut.
- h) Turut serta dalam penyelidikan tentang penyinaran lebih dan lain-lain penyinaran yang tidak wajar atau terjadi karena kecelakaan, dan juga turut serta menulis laporan hasil penyelidikan tersebut ke Pengusaha Instalasi.
- i) Membantu dokter dengan memberikan saran tentang kondisi penyinaran radiasi.
- j) Menjamin bahwa alat proteksi pernafasan digunakan sesuai dengan Ketentuan ini.

4.3.3. Petugas Ventilasi

Petugas ventilasi harus mendapat latihan dan pengalaman dalam merancang dan mengoperasikan sistem ventilasi tambang dan ia berkewajiban :

- a) Melaporkan kepada Pengusaha Instalasi tentang semua hal yang berkenaan dengan ventilasi dan sistem pembersihan udara.
- b) Menjamin sistem ventilasi beroperasi dengan baik seperti yang dirancang dan melaksanakan perubahan apabila perkembangan tambang memerlukan.

- c) Menjamin aliran dan kecepatan udara dan sesuai dengan ketentuan tentang ventilasi yang berlaku.
- d) Menjamin bahwa instrumen yang digunakan telah dikalibrasi dengan betul.
- e) Memimpin program pengambilan contoh dan pengendalian debu.
- f) Turut serta dalam program latihan, mempersiapkan atau menyetujui bahan latihan yang berkaitan dengan ventilasi dan pengendalian debu.

4.3.4. Banyak kewajiban dan tugas Petugas Proteksi Radiasi dan Petugas Ventilasi yang berkaitan dan dalam beberapa hal dapat dilaksanakan oleh seorang petugas yang diberi tanggung jawab untuk kedua bidang itu. Apabila tanggung jawab itu dilaksanakan oleh dua petugas, maka kedua petugas tersebut harus sama sebaik-baiknya.

4.3.5. Petugas Proteksi Radiasi dan Petugas Ventilasi harus bertanggung jawab langsung kepada petugas ditambang atau instalasi pengolahan yang ditunjuk langsung oleh Pengusaha Instalasi untuk bertanggung jawab atas keseluruhan operasi.

4.3.6. Petugas Proteksi Radiasi dan Petugas Ventilasi harus dilengkapi dengan peralatan dan staf yang cukup untuk dapat melaksanakan tugas mereka sesuai dengan Ketentuan ini.

4.3.7. Hasil guna tindakan pengendalian yang dilakukan oleh Petugas Proteksi Radiasi dan Petugas Ventilasi harus dievaluasi secara berkala oleh Pengusaha Instalasi.

4.4. Petunjuk bagi pekerja

Semua pekerja yang mungkin menerima radiasi harus diberi petunjuk sebaik-baiknya mengenai :

- a) Potensi bahaya terhadap kesehatan yang berkaitan dengan pekerjaan mereka.
- b) Metoda dan teknik kerja yang aman.

- c) Sikap seksama yang harus dilakukan untuk membatasi penerimaan radiasi dan pemasukan zat radioaktif dan pertimbangan dilakukannya tindakan tertentu.
- d) Ciri utama sistem ventilasi seluruh tambang dan pentingnya semua komponen sistem itu bekerja sebagaimana mestinya.
- e) Pemeliharaan terhadap ventilasi tambahan untuk pengadaan catu udara segar ke tempat kerja.
- f) Pentingnya pemanfaatan semua cara/alat untuk pengurangan debu.
- g) Pentingnya dan cara pencegahan sirkulasi ulang udara setempat di tempat kerja dan di daerah yang lebih luas dari seluruh tambang.
- h) Perlunya melapor segera jika terjadi kemacetan sistem ventilasi kepada pengawas atau Petugas Ventilasi.
- i) Pemakaian, pengoperasian dan pemeliharaan sebagaimana mestinya peralatan monitor perorangan dan pelindung perorangan.
- j) Pentingnya higiene perorangan dalam membatasi pemasukan zat radioaktif.
- k) Nama-nama dokter, Petugas Proteksi Radiasi dan Petugas Ventilasi, serta nama-nama dan alamat wakil BAPETEN dan pekerja di tambang.
- l) Perlu memberitahukan setiap masalah kesehatan.
- m) Tindakan pertolongan pertama

Peraturan dan prosedur proteksi radiasi setempat harus ditempatkan dan ditempel yang mudah dicapai oleh para pekerja dan dengan bahasa yang mudah dipahami.

5. PENGAWASAN

5.1. Tujuan Pemonitoran

Tujuan utama pemantauan radiasi adalah untuk mengevaluasi penyinaran terhadap pekerja dan memperoleh data yang diperlukan untuk pengendalian. Agar dicapai pengendalian yang berhasil-guna terhadap penyinaran, pemantauan harus memudahkan dilakukannya :

- deteksi dan evaluasi sumber utama penyinaran;
- evaluasi hasil guna peralatan pengendalian;

- deteksi adanya perubahan operasi (misalnya kelainan dalam sistem ventilasi) yang mengakibatkan meningkatnya konsentrasi zat radioaktif.
- perkiraan penerimaan radiasi karena pekerjaan di kemudian hari.

Uraian terinci tentang peralatan dan metoda pemantauan terdapat dalam Petunjuk Teknis mengenai Penambangan dan Pengolahan Bahan Galian Radioaktif yang dikeluarkan oleh BAPETEN.

5.2. Pemantauan lingkungan kerja

- 5.2.1. Daerah kerja dimana penyinaran tahunan yang diterima perorangan dapat melampaui 5 mSv harus di monitor di bawah pengawasan Petugas Proteksi Radiasi dan berkonsultasi dengan Petugas Ventilasi.
- 5.2.2. Hasil pemantauan dapat digunakan untuk memperkirakan penyinaran perorangan untuk daerah kerja sebagaimana dimaksud dalam 4.2.1.2. apabila dosimetri perorangan tidak digunakan. Frekuensi pemantauan harus sedemikian rupa sehingga diperoleh perkiraan penyinaran yang mempunyai tingkat ketelitian yang memadai.
- 5.2.3. Pemantauan harus dilakukan untuk pengendalian rekayasa. Lokasi stasiun pemantauan dan frekuensi pemantauan harus menghasilkan data yang diperlukan untuk menjamin pengoperasian sistem ventilasi dan setiap alat pengendalian radiasi dengan benar.
- 5.2.4. Apabila pemantauan memperlihatkan bahwa Tingkat acuan yang dipersyaratkan pada nomor 2.1.12. terlampaui, maka tindakan korektif harus dilakukan.

5.3. Pengawasan Radiasi Eksterna

- 5.3.1. Apabila penyinaran eksternal perorangan harus ditentukan, maka hal ini harus dilakukan dengan menggunakan detektor radiasi perorangan yang terus menerus dipakai oleh seseorang selama bekerja.

5.3.2. Untuk maksud pengendalian rekayasa, survai radiasi eksterna di daerah kerja tambang dan instalasi pengolahan harus dilaksanakan pada selang waktu yang ditentukan oleh Petugas Proteksi Radiasi.

- a) Survai harus dilakukan di setiap daerah kerja, khususnya tempat kerja tetap atau daerah lainnya di mana para pekerja berada selama sebagian besar hari kerja.
- b) Pengukuran harus dilakukan pada setiap posisi kerja.
- c) Lokasi yang disurvei dan laju penyinaran yang terukur harus dicatat.

5.4. Pemonitoran turunan radon dan thoron

5.4.1. Apabila penyinaran turunan radon dan thoron terhadap perorangan harus ditentukan, maka harus digunakan dosimeter perorangan yang sesuai. Dapat juga digunakan metoda yang biasa digunakan untuk menentukan penyinaran perorangan yang didasarkan atas hasil pemantauan daerah dan waktu tugas.

5.4.2. Pemonitoran daerah untuk menentukan penyinaran perorangan dan mengendalikan rekayasa harus dilakukan dalam frekuensi yang ditentukan oleh Petugas Proteksi Radiasi yang berkonsultasi dengan Petugas Ventilasi. Frekuensi ini harus ditingkatkan apabila :

- konsentrasi yang diukur melampaui nilai rata-rata yang biasa tercapai di masing-masing kerja;
- adanya perubahan besar, dalam sistem ventilasi, tata letak tambang atau metode penambangan;
- Tingkat Acuan yang ditentukan sesuai dengan nomor 2.1.12. dilampaui;
- hasil guna tindakan korektif sesuai dengan nomor 5.2.4. harus ditentukan;
- diduga terjadi peningkatan fluks radon dan thoron kedalam tempat kerja.

5.5. Pemonitoran debu radioaktif

- 5.5.1. Pemonitoran debu radioaktif harus dilaksanakan secara teratur, apabila di dalam tambang dan instalasi pengolahan terdapat kemungkinan masuknya debu radioaktif ke dalam tubuh melalui saluran pernafasan atau pencernaan. Frekuensi pemantauan ini harus ditentukan dengan memperhatikan konsentrasi debu radioaktif dan potensi.
- 5.5.2. Pengukuran kontaminasi radioaktif permukaan pada struktur dan peralatan di daerah produksi akhir dalam instalasi pengolahan harus dilakukan untuk memperkirakan hasil guna sistem pengendalian debu dan langkah-langkah untuk mengawasi masuknya zat radiaktif ke dalam tubuh manusia.

5.6. Bio-assay

- 5.6.1 Pekerja pengeringan dan pengepakan produk, serta pemecahan dan penanganan bijih yang berkadar sangat tinggi harus dimonitor secara teratur terhadap uranium dan thorium dalam urine.
- 5.6.2 Pekerja yang diduga telah kemasukan debu radioaktif dalam jumlah besar melalui saluran pernafasan dan pencernaan harus menjalani analisis urine yang dilakukan dalam waktu 24 jam. Harus dilakukan metode bio-assay yang lainnya untuk menentukan jumlah masukan dan dari dosis ekuivalen.
- 5.6.3 Apabila hasil pemantauan menurut ketentuan yang terdapat dalam nomor 5.6.1. secara tetap menunjukkan konsentrasi uranium dan thorium dalam urine yang tinggi, maka pengukuran terhadap beban thoraks harus dilakukan dengan menggunakan pencacah seluruh tubuh

5.7. Pengawasan kesehatan

- 5.7.1. Semua orang yang dipekerjakan dalam penambangan dan pengolahan bijih radioaktif harus diperiksa kesehatannya sebelum mulai melakukan pekerjaan itu dan dalam selang waktu yang memadai sesudahnya.

Pemeriksaan kesehatan sebelum bekerja dan secara berkala harus memadai agar dapat memberikan keterangan tentang kesehatan pekerja secara umum dan mendeteksi perubahan-perubahan yang mungkin berkaitan dengan penyinaran akibat kerja. Pemeriksaan secara berkala harus dilakukan dalam selang waktu sekurang-kurangnya sekali dalam setahun. Apabila dianggap perlu pemeriksaan sinar-X rutin untuk dada harus dilaksanakan dalam selang waktu dan tidak boleh diulang untuk pemeriksaan lainnya (misalnya silikosis).

5.7.2. Bagi pekerja yang telah berdinass lama atau yang mengalami penyinaran radiasi tinggi, tes sitologi dahak (sputum) diperlukan, apabila disarankan oleh dokter atau apabila diminta oleh pekerja yang bersangkutan.

5.7.3. Dokter berwenang atas dasar alasan medis untuk :

- menyatakan seorang pekerja sementara waktu tidak sehat dan tidak memenuhi syarat untuk tugas regulernya;
- memberitahu Pengusaha Instalasi kapan seorang pekerja tersebut dapat ditugaskan kembali untuk melakukan pekerjaannya secara normal;
- meminta agar mengalih-tugaskan seorang pekerja untuk tugas lain.

5.7.4. Diperlukan rekomendasi dokter sebelum pekerja dipindahkan sementara dari pekerjaan yang berkaitan dengan radiasi karena melampaui dua kali dari batas tersebut dalam nomor 3.2.3. dan sebelum ia di beri tugas lagi lebih lanjut.

5.7.5. Setiap orang yang terkena penyinaran dalam penambangan dan pengalohan bahan galian radioaktif harus menjalani pemeriksaan kesehatan pada waktu akhir masa kerja dalam tugas itu.

5.7.6. Pemeriksaan kesehatan harus dilaksanakan dengan dibiayai oleh Pengusaha Instalasi.

5.8. Pemberitahuan mengenai penyakit, kehamilan dan penyinaran lebih

- 5.8.1. Pekerja harus segera melaporkan tiap penyakit yang di deritanya kepada dokter.
- 5.8.2. Apabila ada pekerja wanita yang hamil, kehamilan tersebut harus juga dilaporkan kepada dokter.
- 5.8.3. Pekerja harus melaporkan kepada Petugas Pengawas, Petugas Proteksi Radiasi dan Dokter apabila diperkirakan telah terjadi pemasukan zat radioaktif.
- 5.8.4. Apabila seorang pekerja telah menerima penyinaran melebihi batas sebagaimana tersebut dalam nomor 3.2.3., BAPETEN dan pekerja harus diberitahu. BAPETEN harus juga diberitahu mengenai sebab terjadinya penyinaran lebih tersebut dan metoda yang digunakan untuk mencegah terulangnya terjadinya penyinaran lebih semacam itu.

5.9. Catatan kesehatan dan pemantauan

- 5.9.1. Catatan dalam bentuk yang telah disetujui oleh BAPETEN, harus disimpan. Catatan tersebut harus berisi sekurang-kurangnya :
 - sifat pekerjaan yang berkaitan dengan radiasi, jenis radiasi dan periode penerimaan radiasi.
 - hasil evaluasi penyinaran tiap pekerja;
 - hasil pemeriksaan kesehatan yang dilaksanakan sesuai dengan nomor 5.7. dengan memperhatikan sebaik-baiknya tentang sifat kerahasiaannya.
- 5.9.2. Catatan harus disimpan dalam bentuk seperti disyaratkan oleh BAPETEN. Catatan tersebut harus disimpan selama masa hidup pekerja yang bersangkutan, dan sekurang-kurangnya dalam jangka waktu 30 tahun setelah selesai melakukan tugas yang berkaitan dengan radiasi pengion.

5.9.3. Catatan harus diserahkan kepada BAPETEN pada saat tambang atau Instalasi pengolahan ditutup.

6. LANGKAH PROTEKSI TEKNIS DAN ADMINISTRATIF

6.1. Pemilihan metoda proteksi

Dalam memilih metoda proteksi radiasi harus selalu diutamakan proteksi dalam bentuk bangunan yang dibuat secara permanen pada instalasi daripada dengan cara memberikan perlengkapan proteksi perorangan. Perlengkapan proteksi perorangan digunakan hanya sebagai tambahan dan sifatnya sementara sampai dipasang metoda proteksi yang memadai.

6.2. Metoda pengendalian debu di tambang

Pengendalian debu yang disyaratkan untuk memberikan proteksi yang memadai bagi para pekerja terhadap bahaya debu yang tidak radioaktif di dalam tambang bijih radioaktif, pada umumnya cukup mengurangi konsentrasi debu bijih radioaktif diudara sampai ke tingkat yang lebih rendah daripada konsentrasi yang tersebut dalam nomor 3.2.3. Dalam hal ini dianjurkan tindakan seperti tersebut dibawah ini :

- (a) Timbulnya debu harus dikurangi dengan menggunakan teknik penambangan yang sebaik-baiknya seperti pola peledakan yang tepat, penggunaan air, dan sebagainya.
- (b) Apabila debu timbul, maka harus diusahakan agar tidak menyebar. Apabila perlu, debu tersebut dihisap keluar melalui filter sebelum dibuang ke lingkungan.
- (c) Debu yang menyebar, dapat dikendalikan dengan pertukaran udara yang lebih sering di daerah kerja untuk mengencerkan konsentrasi debu sampai tingkat yang diizinkan. Udara yang keluar harus difilter sebelum dibuang ke lingkungan.
- (d) Apabila metoda pengendalian debu tidak mencapai kualitas udara yang diizinkan, tempat kerja yang terkurung dengan catu udara yang difilter dapat disediakan bagi pekerja. Cara ini terutama dapat berguna bagi kendaraan yang beroperasi di lingkungan yang tidak diawasi.

- (e) Proteksi perorangan dalam bentuk respirator dapat diberikan kepada pekerja, tetapi ini hanya untuk sementara sampai perbaikan alat pengendalian debu dapat dilakukan.

6.3. Ventilasi di dalam tambang bawah tanah

- 6.3.1. Penggunaan sistem ventilasi yang didesain secara baik dan diawasi dengan semestinya merupakan metoda yang paling berhasil-guna untuk memperkecil penyinaran zat radioaktif di udara.
- 6.3.2. Desain ventilasi dan perencanaan tambang harus dilakukan secara bersamaan dengan tujuan untuk memperoleh sistem ventilasi sekali jalan atau paralel guna memperkecil timbulnya radon, thoron dan turunan radon dan thoron serta untuk menjamin kualitas udara yang baik. Pelaksanaan desain ventilasi dan perencanaan tambang secara bersamaan dapat menimbulkan masalah operasi, namun diperlukan untuk menjamin kondisi yang baik dalam lingkungan kerja. Untuk memperoleh sistem ventilasi yang berhasil guna perlu diperhatikan sebagai berikut :
 - (a) Harus diusahakan udara cukup bersih di setiap daerah kerja untuk menjamin agar penyinaran debu dan turunan radon dan thoron diperkecil.
 - (b) Ventilasi utama tambang dan sistem pengendalian debu sebaiknya dioperasikan terus-menerus, dan tidak boleh dilakukan perubahan besar kecuali diizinkan oleh BAPETEN atau dalam hal keadaan darurat. Apabila pengoperasian ventilasi utama dan sistem pengendalian debu secara terus-menerus tidak diperlukan, BAPETEN dapat mengizinkan pengoperasian secara tidak terus menerus sesuai dengan ketentuan seperti tersebut dalam butir (c) dibawah ini.
 - (c) Apabila sistem ventilasi diubah, rusak atau dihentikan, pekerja hanya diizinkan kembali ke tempat kerja mereka setelah sistem ventilasi beroperasi kembali dan pemantauan yang memadai telah dilakukan untuk memastikan bahwa konsentrasi turunan radon dan thoron telah berkurang sampai tingkat yang diizinkan.

6.4. Tindakan pengendalian dalam pengolahan bijih

6.4.1. Dalam mendesain pengolahan dan memilih proses yang digunakan pada ekstraksi dan konsentrasi zat radioaktif, pengungkungan zat radioaktif harus merupakan pertimbangan yang pertama. Prinsip metoda pengendalian debu yang diuraikan dalam nomor 6.2. juga dapat digunakan dalam pengolahan.

Zat radioaktif yang tidak dapat dikungkung secara berhasil guna dengan proses harus dikendalikan oleh ventilasi yang memadai, agar dapat mengendalikan penyebaran kontaminan dan memperkecil penyinaran terhadap perorangan selama operasi.

6.4.2. Pertimbangan pengendalian pada pengolahan bijih.

- (a) Instalasi pemecah dan pemisah harus didesain dan dioperasikan sedemikian rupa, sehingga kontaminan yang terlepas serendah-rendahnya.
- (b) Mesin pembersih harus didesain sedemikian rupa sehingga memperkecil timbulnya kontaminan di udara dan kontaminan cair.
- (c) Konsentrat radioaktif dan zat racun sebanyak mungkin harus ditangani dengan perlengkapan otomatis dalam pengungkung yang menggunakan tekanan udara negatif.
- (d) Penyelenggaraan kebersihan tempat kerja yang baik harus selalu dilakukan; tembok dan peralatan harus dicat dengan warna yang tidak sama dengan warna produk.

6.5. Proteksi Radiasi

6.5.1. Tindakan rekayasa pengendalian seperti desain yang baik, instalasi, perawatan, operasi, pengaturan administrasi, dan petunjuk kerja harus dilakukan semaksimal mungkin, sebelum digunakan perlengkapan proteksi perorangan untuk keselamatan dan proteksi pekerja. Dalam keadaan dimana tindakan pengendalian tidak cukup untuk menciptakan kondisi kerja yang aman atau dalam keadaan dimana pekerjaan dalam keadaan

darurat dilakukan, perlengkapan proteksi harus disediakan untuk membatasi penyinaran terhadap pekerja.

6.5.2. Perlengkapan proteksi perorangan meliputi pakaian, respirator, dan sebagainya. Pekerja yang harus memakai perlengkapan proteksi tersebut harus dilatih dengan sebaik-baiknya tentang cara pemakaian, operasi dan perawatannya serta diberi penjelasan mengenai keterbatasannya.

6.5.3. Peralatan dan perlengkapan proteksi harus dipilih dengan mempertimbangkan segi bahaya yang mungkin dihadapi. Perlengkapan proteksi perorangan tidak boleh hanya sekedar memberikan proteksi yang memadai tetapi juga harus enak dan nyaman dipakai.

6.6. Proteksi terhadap pernafasan

6.6.1. Apabila kontaminasi di udara melebihi tingkat yang diijinkan, maka respirator yang baik harus dipakai, sementara itu tindakan korektif dilakukan untuk mengurangi kontaminasi sampai tingkat yang diizinkan. Sementara tindakan korektif sedang dilakukan, dalam pada itu daerah tersebutl harus dimonitor untuk menjamin bahwa pekerja dapat dipindahkan apabila terjadi konsentrasi yang berlebihan. Respirator harus digunakan pada waktu keadaan darurat, pada waktu perbaikan dan perawatan alat serta dalam keadaan khusus yang berlangsung untuk sementara (lihat Petunjuk Teknis nomor 6.5.).

6.6.2. Penggunaan respirator harus diawasi sebaik-baiknya untuk menjamin bahwa proteksi yang diharapkan dapat tercapai. Pengusaha Instalasi harus menjamin bahwa respirator digunakan sebaik-baiknya dan memberikan proteksi yang memadai, serta enak dan nyaman dipakai. Ia juga harus menentukan koefisien daya guna yang dipakai untuk memperkirakan pemasukan zat radioaktif pada pekerja (nomor 3.2.3.). Perlengkapan proteksi pernafasan dan penggunaannya harus mengikuti ketentuan di bawah ini :

- (a) Pemakaian alat itu tidak boleh terlalu lama sehingga membuat pekerja enggan mengenakan.
- (b) Apabila digunakan respirator berfilter, filter tersebut harus mempunyai daya guna penyaringan yang tinggi untuk partikel dengan garis tengahnya dibawah 5 um AMAD dan tidak boleh mengganggu pernafasan.
- (c) Apabila perlengkapan tabung udara digunakan, maka alat tersebut harus memberikan udara dalam jumlah dan kualitas yang memadai dan bebas kebocoran.
- (d) Respirator udara bertenaga mesin atau helm dengan pelindung muka lebih disukai dari segi kenyamanan pekerja, jika alat-alat tersebut memberikan proteksi pernafasan yang berhasil guna.
- (e) Dalam memilih perlengkapan untuk pekerjaan tertentu faktor kenyamanan pekerja (misalnya berat, suhu, mobilitas) harus seimbang dengan faktor proteksi.
- (f) Respirator harus dibersihkan secara teratur dan diperiksa pada selang waktu yang memadai oleh petugas yang terlatih baik di fasilitas yang mempunyai peralatan yang sesuai.

6.6.3. Respirator harus diperiksa, dipasang dan diuji oleh petugas yang terlatih baik sebelum dikeluarkan dari penyimpanan dan sekurang-kurangnya sekali setiap tiga bulan selama pemakaian. Hasil pemeriksaan dan pengujian dan setiap perbaikan harus dicatat dan catatan tersebut harus disimpan sampai BAPETEN mengizinkan untuk membuang catatan tersebut.

6.6.4. Program proteksi pernafasan harus disetujui oleh BAPETEN.

6.7. Perlengkapan proteksi perorangan lainnya

Sesuai dengan resiko kontaminasi, Pengusaha Instalasi harus menyediakan pakaian kerja, tutup kepala, sarung tangan, pakaian khusus kedap udara, selubung kaki kedap air, dan apron kedap air, bagi para pekerja.

Penggantian pakaian dari pakaian kerja ke pakaian pribadi, dan sebaliknya, harus dilakukan di dua kamar ganti khusus, dengan cara yang dapat membatasi tersebarnya kontaminasi radioaktif. Pekerja tidak diperbolehkan meninggalkan daerah kontaminasi sedang dan tinggi, sebelum mandi dan ganti pakaian.

- Pakaian kerja harus sesuai dengan kondisi kerja.
- Semua pakaian kerja harus segera dicuci untuk memperkecil kontaminasi. Fasilitas pencucian pakaian yang sesuai harus disediakan dalam kompleks tambang dan instalasi pengolahan.

6.8. Tempat kerja tetap

Tempat kerja tetap tidak boleh ditempatkan pada daerah aliran udara balik atau daerah dengan radiasi eksternal tinggi. Apabila mungkin akan lebih baik jika ruang kerja operator dilengkapi dengan catu udara yang difilter untuk memberikan proteksi yang diperlukan.

6.9. Higiene perorangan

- 6.9.1. Fasilitas untuk mandi yang memadai ditempat kerja harus disediakan bagi semua pekerja. Pancuran air harus disediakan bagi semua orang yang bekerja di bawah kondisi A dan B.
- 6.9.2. Para pekerja harus diberi waktu yang cukup untuk mandi sebelum istirahat makan dan pada akhir giliran kerja.
- 6.9.3. Tidak seorangpun diperbolehkan makan, minum atau merokok ditempat kerja dimana terdapat kemungkinan masuknya zat radioaktif ke dalam tubuh. Apabila diperlukan ruang makan ditempat ini harus dilengkapi dengan fasilitas untuk mandi yang memadai dan pekerja harus mengikuti prosedur untuk memperkecil kontaminasi. Ruang makan harus bersih dan berventilasi baik.

6.10. Pertolongan pertama

- 6.10.1. Tempat kerja harus dilengkapi dengan perlengkapan pertolongan pertama.

6.10.2. Pembersihan luka yang terjadi di daerah kontaminasi dan luka yang disebabkan oleh perlengkapan yang terkena kontaminasi, harus dilakukan secara hati-hati.

6.10.3. Luka, khususnya pada tangan, harus dibalut sebaik-baiknya dengan pembalut yang kedap air sebelum memasuki tempat kerja.

6.11. Pembersihan tumpahan

Semua tumpahan zat radioaktif didalam instalasi pengolahan harus segera dibersihkan untuk memperkecil tersebarnya kontaminasi. Tempat tersebut harus didekontaminasi.

6.12. Pertukaran kerja

Dalam tambang yang mempunyai daerah radiasi tinggi, apabila tidak ada cara pengendalian yang lain maka pertukaran kerja harus dipertimbangkan untuk mengurangi penyinaran yang diterima oleh tiap pekerja. Pertukaran kerja hanya dilakukan dalam keadaan luar biasa dan tidak boleh menggantikan pengembangan dan penggunaan metoda pengendalian radiasi yang memadai.

LAMPIRAN I
KEPUTUSAN KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR
NOMOR 12/Ka-BAPETEN/VI-99
TENTANG
KETENTUAN KESELAMATAN KERJA PENAMBANGAN DAN PENGOLAHAN
BAHAN GALIAN RADIOAKTIF

**PENENTUAN NILAI BATAS DOSIS
PENYINARAN EKSTERNA DAN INTERNA
DARI RADON, THORON DAN TURUNANNYA**

- A. Untuk menentukan nilai batas dosis penyinaran eksternal dan internal yang diterima secara bersama-sama digunakan rumus sebagai berikut :

$$\frac{H_{I,d}}{50 \text{ mSv}} + S_j \frac{I_j}{BMT_j} < 1$$

$$\frac{H_{I,s}}{500 \text{ mSv}} < 1$$

Dimana $H_{I,d}$ merupakan indeks dosis ekuivalen dalam tahunan dinyatakan dalam mSv, $H_{I,s}$ adalah indeks dosis ekuivalen permukaan tahunan dinyatakan dalam mSv, I adalah jumlah radionuklida j yang masuk kedalam tubuh tahunan dinyatakan dalam Bq, dan BMT_j adalah batas masuk tahunan nuklida j dinyatakan dalam Bq.

- B. Dalam tambang uranium, nilai batas dosis yang diizinkan radon dan turunannya harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$\frac{H_{I,d}}{50} + \frac{I_{RND}}{0,02} + \frac{I_{TND}}{0,06} + \frac{I_{ODU}}{1700} + \frac{I_{ODTh}}{200} < 1$$

$H_{I,d}$ = indeks dosis dalam tahunan yang dinyatakan dalam milisievert

I_{RND} = jumlah turunan radon dinyatakan dalam Joule

I_{TND} = jumlah turunan thoron dinyatakan dalam Joule

I_{ODU} = jumlah debu bijih uranium dinyatakan dalam Becquerel dari aktivitas total alpha berumur panjang

Apabila dinyatakan dalam penyinaran dan satuan praktis, maka rumus di atas dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\frac{H_{Id}}{50} + \frac{E_{RND}}{5} + \frac{E_{TND}}{15} + \frac{E_{ODU}}{1500} + \frac{E_{ODTh}}{170} < 1$$

H_{Id} = indeks dosis ekivalen dalam dinyatakan dalam milisievert

E_{RND} = penyinaran turunan radon dalam Tingkat Kerja Bulan

E_{TND} = penyinaran turunan thoron dalam Tingkat Kerja Bulan

E_{ODU} = penyinaran debu bijih uranium dinyatakan dalam Becquerel dari aktivitas total alpha berwaktu paro panjang per meter kubik

E_{ODTh} = penyinaran debu bijih thorium dinyatakan dalam Becquerel dari aktivitas total alpha berwaktu paro panjang per meter kubik

Pertimbangan yang sama berlaku dalam kegiatan pengolahan. Dalam hal terjadi penghirupan atau pemasukan konsentrat atau zat radioaktif lainnya, maka rumus tersebut harus dimodifikasi seperlunya.

LAMPIRAN II
KEPUTUSAN KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR
NOMOR 12/Ka-BAPETEN/VI-99
TENTANG
KETENTUAN KESELAMATAN KERJA PENAMBANGAN DAN PENGOLAHAN
BAHAN GALIAN RADIOAKTIF

DEFINISI DAN PENJELASAN ISTILAH YANG DIGUNAKAN

Dosis Serap: adalah energi rata-rata yang diberikan oleh radiasi pengion sebesar dE kepada bahan yang dilaluinya dengan masa dm .

$$D = \frac{dE}{dm}$$

Gray (Gy) : nama khusus satuan dosis serap dalam satuan SI.

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J Kg}^{-1}$$

Dosis serap juga dinyatakan dalam satuan rad.

$$1 \text{ rad} = 10^{-2} \text{ Gy}$$

$$1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad}$$

Batas Penerimaan Radiasi Tahunan: adalah paparan yang disebabkan oleh radionuklida di udara, dinyatakan sebagai integral waktu dari konsentrasi radionuklida yang akan mengakibatkan dihirupnya radionuklida sebesar Batas Masukan Tahunan oleh Manusia Acuan.

Batas Yang Berwenang: Untuk seseorang tertentu adalah radionuklida yang apabila masuk ke dalam tubuhnya akan menyebabkan dosis terikat sebesar Nilai Batas Dosis seperti ditetapkan dalam Keputusan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir No. 01/Ka-BAPETEN/V-99.

BAPETEN: adalah Badan Pengawas Tenaga Nuklir.

Pengusaha Instalasi: adalah Kepala/Direktur Jenderal Instalasi Nuklir atau instalasi lainnya atau orang lain yang ditunjuk untuk mewakilinya.

Kontaminasi Radioaktif: kontaminasi zat radioaktif pada setiap barang, permukaan, atau lingkungan atau pada manusia. Dalam hal untuk tubuh manusia, kontaminasi

radionuklida ini termasuk baik kontaminasi kulit secara eksternal maupun kontaminasi internal, tanpa memperhatikan cara masuknya.

Daerah Pengendalian: suatu daerah yang berada dibawah aturan khusus yang dimaksudkan untuk tujuan proteksi terhadap radiasi pengion dan yang lalu lintasnya dikendalikan.

Nilai Batas Turunan Untuk Kadar Radioaktivitas Udara Kerja : kadar tahunan rata-rata di udara dinyatakan dalam satuan aktivitas persatuan volume, yang apabila dihirup selama 2000 jam kerja satuan akan memberikan masukan yang sama dengan Batas Masukan Tahunan.

Batas Turunan: batas turunan dikaitkan dengan batas primer oleh suatu model, sehingga apabila batas-batas yang diturunkan itu dipatuhi, maka batas primer juga akan dipatuhi.

Dosis Ekuivalen (H) : hasil kali antara dosis serap (D), faktor kualitas (Q), dan perkalian antara seluruh faktor modifikasi lainnya (N).

$$H = D Q N$$

Sievert (Sv) : nama khusus untuk satuan dosis ekuivalen dalam sistem satuan SI.

$$1 \text{ Sv} = 1 \text{ J Kg}^{-1}$$

dosis ekuivalen juga dinyatakan dalam satuan rem

$$1 \text{ rem} = 10^{-2} \text{ Sv}$$

$$1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem.}$$

Indeks-indeks Dosis Ekuivalen: ada dua dosis ekuivalen yang didefinisikan

- a) **Indeks dosis ekuivalen dalam, $H_{L,d}$ pada suatu titik :** dosis maksimum dalam teras berdiameter 28 cm dari suatu bola berdiameter 30 cm yang berpusat di titik tersebut dan terbuat dari bahan setara jaringan lunak dengan kerapatan sebesar 1 g cm^{-3} .
- b) **Indeks dosis ekuivalen permukaan $H_{L,s}$ pada suatu dosis maksimum** pada kedalaman antara 0,07 mm dan 1 cm terhitung dari permukaan suatu bola berdiameter 30 cm berpusat di titik tersebut dan terbuat dari bahan setara jaringan

lunak dengan kerapatan sebesar 1 g cm^{-3} , Dosis pada lapisan ketebalan di luar 0,07 mm tidak perlu ditentukan.

Dosis Ekuivalen Efektif: dosis ekuivalen efektif, H_E , didefinisikan sebagai berikut :

$$H_E = \sum T W_T H_T$$

dimana, H_T merupakan dosis ekuivalen rata-rata dalam jaringan T dan W_T adalah faktor bobot yang mewakili kerusakan yang timbul dari efek stokastik bilamana tubuh disinari secara merata. Nilai-nilai dari W_T yang ditentukan oleh ICRP (ICRP Publication 26) adalah sebagai berikut :

Jaringan	WT	Jaringan	WT
Gonad	0,25	Tiroid (Gondok)	0,03
Payudara	0,15	Permukaan Tulang	0,03
Sunsum Tulang Merah	0,12	Lain-lain	0,30
Paru-paru	0,12		

Nilai W_T 0,06 dapat digunakan masing-masing bagi kelima organ atau jaringan-jaringan sisa yang lain yang menerima dosis ekuivalen tertinggi dan paparan dari semua jaringan sisa yang lain dapat diabaikan. Bagian-bagian dari jalur saluran pencernaan berikut ini, perut, usus kecil bagian atas dan bagian bawah usus besar, harus diperlakukan sebagai empat organ yang berbeda. Dosis ekuivalen pada tangan dan lengan atas, kaki dan mata kaki, kulit dan lensa mata tidak masuk dalam menghitung dosis ekuivalen efektif. Namun demikian untuk memperkirakan kerusakan yang berasal dari paparan bagi kelompok penduduk terhadap risiko yang kecil terhadap kematian terhadap kanker dan paparan pada kulit, maka dipakai nilai W_T 0,01. Satuan SI untuk dosis ekuivalen efektif adalah joule per kilogram (J.Kg^{-1}). Nama khusus untuk satuan ini adalah Sievert (Sv).

Penyinaran (radon atau turunan thoron): Penyinaran terhadap radon dan thoron dinyatakan dalam integral waktu dari konsentrasi turunan radon atau thoron di udara. Apabila konsentrasinya dalam Tingkat Kerja, maka penyinaran dinyatakan dalam Tingkat Kerja Bulan, dimana waktu kerja bulanan adalah 170 jam. Apabila batas Turunan Kadar Zat radioaktif Udara Kerja ditentukan dalam Bq m^{-3} , maka penyinaran dinyatakan dalam J.m^{-3} (Joule jam m^{-3}).

Penyinaran Eksterna: yaitu penyinaran yang disebabkan oleh sumber di luar tubuh.

Penyinaran Interna: yaitu penyinaran yang disebabkan oleh sumber dari dalam tubuh.

Efek non-stokastik: Efek yang pengaruhnya pada tubuh bervariasi bergantung pada dosis, dan memiliki dosis ambang.

Batas primer: Batas primer mempunyai kaitan dengan dosis ekuivalen, dosis ekuivalen efektif, tergantung pada keadaan penyinaran. Batas-batas ini berlaku bagi perorangan, atau dalam hal penyinaran terhadap masyarakat, berlaku bagi kelompok kritis.

Faktor Kualitas (Q): suatu fungsi alih energi linear (L) yang digunakan untuk memberi bobot pada dosis serap sehingga dapat menunjukkan peranannya dalam proteksi radiasi.

Zat Radioaktif: setiap zat yang mengandung satu atau lebih radionuklida, yang aktivitasnya atau kadarnya tidak dapat diabaikan dari segi proteksi radiasi.

Aktivitas (A): adalah jumlah transformasi inti secara spontan yang terjadi pada sejumlah radionuklida dN dalam selang waktu dt .

$$A = \frac{dN}{dt}$$

Becquerel (Bq) : nama khusus untuk satuan aktivitas dalam sistem satuan SI.

$$1 \text{ Bq} = 1 \text{ s}^{-1}$$

Aktivitas juga dinyatakan dalam satuan Curie.

$$1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq}$$

$$1 \text{ Bq} = 2,7027 \times 10^{-11} \text{ Ci}$$

Turunan Radon: Produk peluruhan berumur pendek dari ^{222}Rn : ^{210}Po (Ra A), ^{218}At , ^{214}Pb (Ra B), ^{214}Bi (Ra C), ^{214}Po (Ra C') dan ^{210}TI (Ra C'').

Tingkat Acuan (Reference Level): Tingkat Acuan dapat ditetapkan oleh BAPETEN bagi setiap kuantitas yang ditentukan dalam program proteksi radiasi, dengan tidak menghiraukan batas-batas kuantitas ini. Suatu Tingkat Acuan bukanlah suatu batas, dan dipakai untuk menentukan suatu tindakan apabila nilai dari suatu kuantitas melampaui atau diramalkan melampaui Tingkat Acuan itu. Tindakan yang harus dilakukan dapat berkisar mulai dari pencatatan informasi, penyelidikan sebab dan akibat, hingga ketindakan intervensi. Apabila menentukan tingkat acuan ini, ruang lingkup umum tindakan ini adalah penting. Bentuk Tingkat acuan yang paling umum adalah tingkat pencatatan (recording level), tingkat penyelidikan (investigation level) dan tingkat intervensi (intervention level).

- i) Tingkat Pencatatan adalah hasil-hasil pemantauan dari tingkat dosis ekuivalen atau pemasukan yang apabila dilampaui, maka perlu dicatat dan disimpan. Hasil pemantauan dibawah tingkat itu harus dianggap sama dengan nol dalam penilaian dosis ekuivalen tahunan.
- ii) Tingkat Penyelidikan adalah hasil pemantauan yang menunjukkan dosis ekuivalen potensial atau batas pemasukan yang apabila dilampaui perlu dilakukan penyelidikan lebih lanjut. Bagi setiap jenis pengukuran yang didefinisikan, mungkin dapat dirumuskan tingkat penyelidikan sedemikian rupa sehingga hasil yang lebih kecil dari tingkat penyelidikan yang dirumuskan hampir dapat dipastikan sama dengan suatu nilai dosis ekuivalen atau pemasukan yang lebih kecil dari tingkat penyelidikan yang bersangkutan.
- iii) Tingkat Intervensi adalah suatu tingkat yang lebih dulu ditentukan dan kalau dilampaui maka suatu tindakan harus diambil sampai tindakan perbaikan dilaksanakan untuk mengurangi tingkat penyinaran hingga nilai yang dapat diterima.

Batas Sekunder: Batas sekunder diperlukan apabila batas dosis primer tidak dapat langsung digunakan. Dalam hal penyinaran eksterna, batas sekunder dapat dinyatakan dalam indeks dosis ekuivalen. Dalam penyinaran interna, batas sekunder dapat dinyatakan sebagai batas masukan tahunan.

Efek Stokastik: adalah efek yang kebolejadiannya tetapi bukan keparahannya dianggap sebagai fungsi dari dosis yang diperkirakan tanpa nilai ambang.

Turunan Thoron: Produk peluruhan berumur pendek dari ^{220}Rn : ^{216}Po (Th A), ^{212}Pb (Th B), ^{212}Bi (Th C), ^{212}Po (Th C'), dan ^{208}Tl (Th C'').

Tingkat Kerja: Setiap gabungan turunan thoron atau radon dalam 1 (satu) liter udara yang menghasilkan pancaran akhir $1,3 \times 10^5$ MeV untuk energi alpha. Dalam satuan SI, TK sama dengan $2,1 \times 10^{-5}\text{J.m}^{-3}$.

Tingkat Kerja Bulan: Suatu penyinaran radon turunan thoron. Satu Tingkat Kerja Bulan adalah $3,54 \text{ mJ.jam.m}^{-3}$ atau 170 TK.jam ($3,54$ milli Joule.jam meter⁻³).

Radionuklida Golongan H, M, T: adalah radionuklida yang digolongkan berdasarkan faktor retensi dalam tubuh, terutama paru-paru atau berdasarkan waktu paranya biologinya.

Radionuklida Golongan H: adalah radionuklida yang mempunyai waktu paranya biologi kurang dari 10 hari.

Radionuklida Golongan M: adalah radionuklida yang mempunyai waktu paranya biologi dari 10 sampai 100 hari.

Radionuklida Golongan T: adalah radionuklida yang mempunyai waktu paranya biologi lebih dari 100 hari.

Ditetapkan di J a k a r t a

Pada tanggal 15 Juni 1999

K e p a l a ,

ttd

Dr. Mohammad Ridwan M.Sc.,APU

Salinan sesuai dengan aslinya

Kepala Direktorat Peraturan Keselamatan Nuklir,

ttd

Drs. Martua Sinaga
NIP.330002326