

## LAMPIRAN II

PERATURAN BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR

REPUBLIK INDONESIA

NOMOR ... TAHUN ...

TENTANG KEAMANAN ZAT RADIOAKTIF

### PENENTUAN KATEGORI DAN TINGKAT KEAMANAN

#### BERDASARKAN AKUMULASI RASIO A/D

##### A. FORMULASI PERHITUNGAN AKUMULASI RASIO A/D

Kategori Zat Radioaktif ditentukan berdasarkan akumulasi nilai perbandingan (rasio) antara aktivitas suatu Zat Radioaktif (A) dengan Nilai D berdasarkan persamaan:

$$\text{Akumulasi} \left( \frac{A}{D} \right) = \sum_{i=1}^n \frac{\sum_i A_{i,n}}{D_i}$$

di mana :

$A_{i,n}$  : aktivitas suatu Zat Radioaktif  $i$  dalam suatu inventori pemanfaatan Zat Radioaktif

$D_i$  : Nilai D suatu Zat Radioaktif  $i$  dalam suatu inventori pemanfaatan Zat Radioaktif

$n$  : keseluruhan jumlah Zat Radioaktif dalam suatu inventori pemanfaatan Zat Radioaktif

$i$  : 1, 2, 3, ...

##### B. PENENTUAN KATEGORI DAN TINGKAT KEAMANAN UNTUK KEGIATAN KEGIATAN PEMANFAATAN SELAIN PENGANGKUTAN ZAT RADIOAKTIF

Akumulasi Rasio A/D	Kategori Zat Radioaktif	Tingkat Keamanan
$A/D \geq 1.000$	Kategori 1	Tingkat Keamanan A
$10 \leq A/D < 1.000$	Kategori 2	Tingkat Keamanan B
$1 \leq A/D < 10$	Kategori 3	Tingkat Keamanan C
$0,01 \leq A/D < 1$	Kategori 4	Tidak memerlukan persyaratan keamanan, cukup menerapkan persyaratan keselamatan radiasi
$A/D < 0,01$ dan A lebih besar dari tingkat pengecualian	Kategori 5	

## CONTOH PERHITUNGAN:

### B.1 Penggunaan zat radioaktif pada iradiator

Sebuah fasilitas iradiator menggunakan sumber radioaktif terbungkus Co-60 berbentuk pensil. Total aktivitas dari keseluruhan pensil sumber radioaktif adalah 200 kCi. Tentukan kategori dan tingkat keamanan yang harus diterapkan pada fasilitas iradiator tersebut.

- Nilai D Co-60 adalah 0,03 TBq,
- Aktivitas Co-60 adalah  $200 \text{ kCi} = 200 \times 1.000 \times 3,7 \times 10^{-2} \text{ TBq}$
- Nilai rasio A/D adalah  $(200 \times 1.000 \times 0,037) : 0,03 = 2,47 \times 10^5$
- Nilai rasio A/D > 1.000, zat radioaktif kategori 1
- Tingkat keamanan yang harus diterapkan adalah Tingkat Keamanan A

### B.2 Penggunaan zat radioaktif untuk brakhiterapi

Sebuah rumah sakit mengoperasikan fasilitas brakhiterapi. Inventori zat radioaktif pada fasilitas tersebut terdiri atas: 100 <sup>226</sup>Ra (aktivitas per sumber 0,001 TBq), 30 <sup>137</sup>Cs (aktivitas per sumber 0,02 TBq), dan 10 <sup>192</sup>Ir (aktivitas per sumber 0,22 TBq). Nilai D untuk setiap sumber masing-masing adalah 0,04 TBq, 0,1 TBq, dan 0,08 TBq.

Kategori zat radioaktif keseluruhan ditentukan sebagai berikut:

- Akumulasi rasio A/D =  $(100 \times 0,001)/0,04 + (30 \times 0,02)/0,1 + (10 \times 0,22)/0,08$   
 $= 2,5 + 6 + 27,5$   
 $= 36$

- Akumulasi Nilai rasio A/D > 10, zat radioaktif kategori 2
- Tingkat keamanan yang harus diterapkan adalah Tingkat Keamanan B

Catatan:

Penggunaan <sup>226</sup>Ra untuk bidang medik secara umum sudah dihentikan ataupun dilarang di banyak negara karena sudah tidak lagi memenuhi aspek justifikasi.

### B.3 Penggunaan zat radioaktif untuk well logging

Suatu perusahaan pengguna zat radioaktif untuk well logging menyimpan 30 sumber radioaktif Am-241 (aktivitas masing-masing 55,5 GBq) dan 5 sumber radioaktif Cs-137 (aktivitas masing-masing 65 GBq). Tentukan kategori dan tingkat keamanan yang harus diterapkan pada fasilitas tersebut.

- Total aktivitas Am-241 =  $30 \times 55,5 \text{ GBq} = 1.665 \text{ GBq}$
- Nilai D Am-241 = 60 GBq
- Akumulasi rasio A/D Am-241 =  $1.665/60 = 27,75$
- Total akumulasi rasio Cs-137 =  $5 \times 65 \text{ GBq} = 325 \text{ GBq}$
- Nilai D Cs-137 = 100 GBq
- Akumulasi rasio A/D Cs-137 =  $325/100 = 3,25$
- Total akumulasi rasio A/D =  $27,75 + 3,25 = 31$
- Nilai total akumulasi rasio  $10 \leq A/D < 1.000$ , zat radioaktif kategori 2
- Tingkat keamanan yang harus diterapkan adalah Tingkat Keamanan B

C. PENENTUAN KATEGORI DAN TINGKAT KEAMANAN UNTUK KEGIATAN PENGANGKUTAN ZAT RADIOAKTIF

Akumulasi Rasio A/D	Kategori Zat Radioaktif	Tingkat Keamanan
$A/D \geq 1.000$	Kategori 1	Tingkat lanjutan diperketat
$10 \leq A/D < 1.000$	Kategori 2	Tingkat lanjutan
$1 \leq A/D < 10$	Kategori 3	Tingkat dasar
$0,01 \leq A/D < 1$	Kategori 4	Tidak memerlukan persyaratan keamanan, cukup menerapkan persyaratan keselamatan radiasi
$A/D < 0,01$ Dan A lebih besar dari tingkat pengecualian	Kategori 5	

**CONTOH PERHITUNGAN:**

**C.1 Proses importasi dan re-ekspor**

Sebuah perusahaan radiografi industri mengimpor zat radioaktif baru Ir-192 dengan total aktivitas 2,8 TBq. Untuk proses pengangkutan digunakan bungkusan zat radioaktif. Pada saat zat radioaktif baru tiba, zat radioaktif tersebut akan dibongkar dan diganti dengan zat radioaktif bekas I-192 yang telah meluruh dengan total aktivitas 100 GBq untuk dire-ekspor ke negara tujuan menggunakan bungkusan zat radioaktif yang sama. Tentukan tingkat keamanan yang harus diterapkan untuk proses importasi maupun re-ekspor tersebut.

a. Proses importasi

- Aktivitas total Ir-192 adalah 2,8 TBq
- Nilai D radionuklida Ir-192 adalah 0,08 TBq
- Nilai rasio A/D adalah  $2,8 : 0,08 = 35$
- Tingkat keamanan yang diterapkan adalah Tingkat Keamanan Lanjutan

b. Proses re-ekspor

- Aktivitas total Ir-192 bekas adalah  $100 \text{ GBq} = 0,1 \text{ TBq}$
- Nilai D radionuklida Ir-192 adalah 0,08 TBq
- Nilai rasio A/D adalah  $0,1 : 0,08 = 1,25$
- Tingkat keamanan yang diterapkan adalah Tingkat Keamanan Dasar

**C.2 Pengangkutan peralatan densitometer**

Sebuah perusahaan jasa konstruksi mengangkut peralatan densitometer. Peralatan tersebut bersisi dua zat radioaktif terbungkus, Am-241 dan Cs-137. Aktivitas Am-241 adalah 1,48 GBq (0,00148 TBq), adapun aktivitas Cs-137 adalah 0,37 GBq (0,00037 TBq). Tentukan tingkat keamanan yang harus diterapkan dalam pelaksanaan pengangkutan tersebut.

- Nilai D Am-241 adalah 0,06 TBq; nilai D Cs-137 adalah 0,1 TBq,
- Hitung masing-masing nilai rasio A/D,

- Nilai rasio A/D Am-241 adalah  $0,00148 : 0,06 = 0,0247$
- Nilai rasio A/D Cs-137 adalah  $0,00037 : 0,1 = 0,0037$
- Akumulasi nilai rasio A/D adalah  $0,0247 + 0,0037 = 0,0284$
- Tingkat keamanan yang diterapkan adalah Tingkat Keamanan Dasar