

**LAMPIRAN I
PERATURAN KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR
NOMOR 4 TAHUN 2013
TENTANG
PROTEKSI DAN KESELAMATAN RADIASI DALAM PEMANFAATAN TENAGA
NUKLIR**

PENENTUAN DOSIS EFEKTIF

I. Metodologi Perhitungan

Dosis Efektif merupakan akumulasi penerimaan dosis yang berasal dari paparan eksternal dan internal.

Paparan internal dapat terjadi melalui:

- a. Pencernaan; dan
- b. Pernafasan.

Metodologi perhitungan Dosis Efektif dapat menggunakan formulasi sebagai berikut:

$$E_T = H_p(10) + \sum_j e(g)_{j,ing} I_{j,ing} + \sum_j e(g)_{j,inh} I_{j,inh}$$

E_T = Dosis Efektif (Sv).

$H_p(10)$ = Dosis Ekuivalen dari penetrasi radiasi pada kedalaman 10 mm yang didapat dari hasil pembacaan dosimetri perorangan (Sv).

$e(g)_{j,ing}$ = Dosis Efektif terikat per satuan masukan melalui pencernaan untuk radionuklida j oleh kelompok umur g sebagaimana tercantum dalam Tabel II (Sv.Bq⁻¹).

$e(g)_{j,inh}$ = Dosis Efektif terikat per satuan masukan melalui pernafasan untuk radionuklida j oleh kelompok umur g sebagaimana tercantum dalam Tabel II (Sv.Bq⁻¹).

$I_{j,ing}$ = masukan melalui pencernaan dari radionuklida j (Bq).

$I_{j,inh}$ = masukan melalui pernafasan dari radionuklida j (Bq).

$H_p(10)$ dapat digunakan untuk semua jenis sumber radiasi kecuali untuk sumber radiasi neutron dengan energi 1 eV sampai 30 keV.

Dengan mengikuti kondisi sebagai berikut maka NBD tidak akan terlampaui:

$$\frac{H_p(10)}{NBD} + \sum_j \frac{I_{j,ing}}{I_{j,ing,L}} + \sum_j \frac{I_{j,inh}}{I_{j,inh,L}} \leq 1$$

NBD = Nilai Batas Dosis (20 mSv).

$I_{j,ing,L}$ = batas masukan tahunan melalui pencernaan dari radionuklida tertentu (Batas Masukan Tahunan pencernaan) $\left(\frac{NBD}{e(g)_{j,ing}} \right)$.

$I_{j,inh,L}$ = batas masukan tahunan melalui pernafasan dari radionuklida tertentu (Batas Masukan Tahunan pernafasan) $\left(\frac{NBD}{e(g)_{j,inh}} \right)$.

II. Tabel Dosis Efektif Terikat Per Satuan Masukan Melalui Pernafasan dan Pencernaan

Keterangan untuk proses penyerapan paru-paru terhadap radionuklida:

Tipe Cepat (C) : 100% diserap dengan waktu paro 10 menit. Terdapat penyerapan cepat dari hampir semua bahan yang terdeposit dalam *trachea* dan *bronchi*, *bronchiolar* dan *alveolar-interstitial* dan 50 % terdeposit dalam *posterior nasal* dan *orral passage* yang dibersihkan saluran pencernaan melalui metabolisme tubuh.

Tipe Sedang (S) : 10 % diserap dengan waktu paro 10 menit dan 90 % dengan waktu paro 140 hari. Terdapat penyerapan cepat sekitar 10% terdeposit di *trachea* dan *bronchi* dan *bronchiolar*, 5 % terdeposit dalam *posterior nasal* dan *orral passage*. Sekitar 70% dari yang terdeposit dalam *alveolar-interstitial* akan mencapai cairan tubuh.

Tipe Lambat (L) : 0,1 % diserap dengan waktu paro 10 menit dan 99,9 % dengan waktu paro 7000 hari. Terdapat sedikit penyerapan dari *extrathoracic*, *trachea* dan *bronchi*, atau *bronchiolar*, dan sekitar 10% dari yang terdeposit dalam *alveolar-interstitial* akan mencapai cairan tubuh.

f_1 (*gut transfer factor*) merupakan fraksi dari senyawa yang masuk ke dalam cairan tubuh, dan diperlukan untuk mendapatkan nilai dosis efektif terikat per satuan masukan ($e(g)$).

TABEL II-1. TABEL DOSIS EFEKTIF TERIKAT PER SATUAN MASUKAN e(g) MELALUI PERNAFASAN DAN PENCERNAAN (Sv.Bq⁻¹) UNTUK PEKERJA RADIASI

Radionuklida	Waktu Paro Radioaktif	Pernafasan				Pencernaan	
		Type Penyerapan	f ₁ (gut transfer factor)	e(g) _{1µm}	e(g) _{5µm}	f ₁ (gut transfer factor)	e(g)
Hidrogen							
<i>Tritiated water</i>	12.3 th	-	-	-	-	1.000	1.8 x 10 ⁻¹¹
<i>OBT^a</i>	12.3 th	-	-	-	-	1.000	4.2 x 10 ⁻¹¹
Berillium							
Be-7	53.3 hr	S	0.005	4.8 x 10 ⁻¹¹	4.3 x 10 ⁻¹¹	0.005	2.8 x 10 ⁻¹¹
		L	0.005	5.2 x 10 ⁻¹¹	4.6 x 10 ⁻¹¹	-	-
Be-10	1.60 x 10 ⁶ th	S	0.005	9.1 x 10 ⁻⁹	6.7 x 10 ⁻⁹	0.005	1.1 x 10 ⁻⁹
		L	0.005	3.2 x 10 ⁻⁸	1.9 x 10 ⁻⁸	-	-
Karbon							
C-11	0.340 jam	-	-	-	-	1.000	2.4 x 10 ⁻¹¹
C-14	5.73 x 10 ³ th	-	-	-	-	1.000	5.8 x 10 ⁻¹⁰
Fluor							
F-18	1.83 jam	C	1.000	3.0 x 10 ⁻¹¹	5.4 x 10 ⁻¹¹	1.000	4.9 x 10 ⁻¹¹
		S	1.000	5.7 x 10 ⁻¹¹	8.9 x 10 ⁻¹¹	-	-
		L	1.000	6.0 x 10 ⁻¹¹	9.3 x 10 ⁻¹¹	-	-
Natrium							
Na-22	2.60 th	C	1.000	1.3 x 10 ⁻⁹	2.0 x 10 ⁻⁹	1.000	3.2 x 10 ⁻⁹
Na-24	15.0 jam	C	1.000	2.9 x 10 ⁻¹⁰	5.3 x 10 ⁻¹⁰	1.000	4.3 x 10 ⁻¹⁰

Catatan: Tipe C, S dan L menyatakan Cepat, Sedang dan Lambatnya penyerapan paru-paru terhadap masing-masing radionuklida.

^a *OBT* : *Organically Bound Tritium*

Radionuklida	Waktu Paro Radioaktif	Pernafasan				Pencernaan	
		Tipe Penyerapan	f_1 (gut transfer factor)	$e(g)_{1\mu m}$	$e(g)_{5\mu m}$	f_1 (gut transfer factor)	$e(g)$
Magnesium							
Mg-28	20.9 jam	C	0.500	6.4×10^{10}	1.1×10^9	0.500	2.2×10^{-9}
		S	0.500	1.2×10^9	1.7×10^9	-	-
Aluminium							
Al-26	7.16×10^5 th	C	0.010	1.1×10^8	1.4×10^8	0.010	3.5×10^{-9}
		S	0.010	1.2×10^8	1.2×10^8	-	-
Silikon							
Si-31	2.62 jam	C	0.010	2.9×10^{11}	5.1×10^{11}	0.010	1.6×10^{-10}
		S	0.010	7.5×10^{11}	1.1×10^{10}	-	-
		L	0.010	8.0×10^{11}	1.1×10^{10}	-	-
Si-32	4.50×10^2 th	C	0.010	3.2×10^9	3.7×10^9	0.010	5.6×10^{-10}
		L	0.010	1.5×10^8	9.6×10^9	-	-
		L	0.010	1.1×10^7	5.5×10^8	-	-
Fosfor							
P-32	14.3 hr	C	0.800	8.0×10^{10}	1.1×10^9	0.800	2.4×10^{-9}
		S	0.800	3.2×10^9	2.9×10^9	-	-
P-33	25.4 hr	C	0.800	9.6×10^{11}	1.4×10^{10}	0.800	2.4×10^{-10}
		S	0.800	1.4×10^9	1.3×10^9	-	-
Belerang							
S-35 (anorganik)	87.4 hr	C	0.800	5.3×10^{11}	8.0×10^{11}	0.800	1.4×10^{-10}
		S	0.800	1.3×10^9	1.1×10^9	0.100	1.9×10^{-10}
S-35 (organik)	87.4 hr	-	-	-	-	1.000	7.7×10^{-10}

Radionuklida	Waktu Paro Radioaktif	Pernafasan				Pencernaan	
		Tipe Penyerapan	f_1 (gut transfer factor)	$e(g)_{1\mu m}$	$e(g)_{5\mu m}$	f_1 (gut transfer factor)	$e(g)$
Khlor							
Cl-36	3.01×10^5 th	C	1.000	3.4×10^{10}	4.9×10^{10}	1.000	9.3×10^{-10}
		S	1.000	6.9×10^{-9}	5.1×10^{-9}	-	
Cl-38	0.620 jam	C	1.000	2.7×10^{11}	4.6×10^{11}	1.000	1.2×10^{-10}
		S	1.000	4.7×10^{11}	7.3×10^{11}	-	-
Cl-39	0.927 jam	C	1.000	2.7×10^{11}	4.8×10^{11}	1.000	8.5×10^{-11}
		S	1.000	4.8×10^{11}	7.6×10^{11}	-	-
Kalium							
K-40	1.28×10^9 th	C	1.000	2.1×10^{-9}	3.0×10^{-9}	1.000	6.2×10^{-9}
K-42	12.4 jam	C	1.000	1.3×10^{10}	2.0×10^{10}	1.000	4.3×10^{-10}
K-43	22.6 jam	C	1.000	1.5×10^{10}	2.6×10^{10}	1.000	2.5×10^{-10}
K-44	0.369 jam	C	1.000	2.1×10^{11}	3.7×10^{11}	1.000	8.4×10^{-11}
K-45	0.333 jam	C	1.000	1.6×10^{11}	2.8×10^{11}	1.000	5.4×10^{-11}
Kalsium							
Ca-41	1.40×10^5 th	S	0.300	1.7×10^{10}	1.9×10^{10}	0.300	2.9×10^{-10}
Ca-45	163 hr	S	0.300	2.7×10^{-9}	2.3×10^{-9}	0.300	7.6×10^{-10}
Ca-47	4.53 hr	S	0.300	1.8×10^{-9}	2.1×10^{-9}	0.300	1.6×10^{-9}
Skandium							
Sc-43	3.89 jam	L	1.0×10^{-4}	1.2×10^{10}	1.8×10^{10}	1.0×10^{-4}	1.9×10^{-10}
Sc-44	3.93 jam	L	1.0×10^{-4}	1.9×10^{10}	3.0×10^{10}	1.0×10^{-4}	3.5×10^{-10}
Sc-44m	2.44 hr	L	1.0×10^{-4}	1.5×10^{-9}	2.0×10^{-9}	1.0×10^{-4}	2.4×10^{-9}
Sc-46	83.8 hr	L	1.0×10^{-4}	6.4×10^{-9}	4.8×10^{-9}	1.0×10^{-4}	1.5×10^{-9}
Sc-47	3.35 hr	L	1.0×10^{-4}	7.0×10^{10}	7.3×10^{10}	1.0×10^{-4}	5.4×10^{-10}
Sc-48	1.82 hr	L	1.0×10^{-4}	1.1×10^{-9}	1.6×10^{-9}	1.0×10^{-4}	1.7×10^{-9}
Sc-49	0.956 jam	L	1.0×10^{-4}	4.1×10^{11}	6.1×10^{11}	1.0×10^{-4}	8.2×10^{-11}