

**KEPUTUSAN KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR**

**NOMOR : 01/Ka-BAPETEN/V-99**

**TENTANG**

**KETENTUAN KESELAMATAN KERJA TERHADAP RADIASI**

KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR,

- Menimbang :
- a. bahwa pemanfaatan zat radioaktif dan/atau radiasi selain bermanfaat bagi kesejahteraan manusia juga mengandung bahaya radiasi;
  - b. bahwa dengan Keputusan Presiden RI Nomor 76 Tahun 1998 telah dibentuk Badan Pengawas Tenaga Nuklir yang bertugas menyelenggarakan pengawasan terhadap pemanfaatan tenaga nuklir di Indonesia;
  - c. bahwa berhubung dengan itu untuk keselamatan dalam bekerja dengan radiasi pengion perlu ditetapkan Ketentuan tentang keselamatan kerja terhadap radiasi, dengan Keputusan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir.

- Mengingat :
1. Undang-Undang Nomor 10 Tahun 1997;
  2. Peraturan Pemerintah Nomor 11 Tahun 1975;
  3. Peraturan Pemerintah Nomor 12 Tahun 1975;
  4. Keputusan Presiden RI Nomor 76 Tahun 1998;
  5. Keputusan Presiden RI Nomor 161/M Tahun 1998;
  6. Keputusan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 01/K-OTK/VIII-98.

**MEMUTUSKAN :**

Menetapkan :

- PERTAMA** : Ketentuan Keselamatan Kerja Terhadap Radiasi sebagaimana tersebut pada Lampiran Keputusan ini.

KEDUA : Ketentuan ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkannya.

Ditetapkan di J A K A R T A  
pada tanggal 5 Mei 1999

Kepala,

ttd

Dr. Mohammad Ridwan, M.Sc., APU

Salinan sesuai dengan aslinya

**Kepala Direktorat Peraturan Keselamatan  
Nuklir,**

Drs. Martua Sinaga  
NIP.330002326

LAMPIRAN  
KEPUTUSAN KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR  
NOMOR : 01/Ka-BAPETEN/V-99

TENTANG

KETENTUAN KESELAMATAN KERJA TERHADAP RADIASI

## **KATA PENGANTAR**

Sebagai pelaksanaan fungsi pengawasan dari salah satu fungsi utama Badan Pengawas Tenaga Nuklir yang ditetapkan dalam Undang-Undang Nomor 10 Tahun 1997, Badan Pengawas Tenaga Nuklir berwenang mengeluarkan ketentuan-ketentuan di bidang keselamatan kerja radiasi, dengan sasaran tercapainya tertib hukum dalam pemanfaatan tenaga nuklir di semua bidang.

Ketentuan keselamatan kerja ini merupakan ketentuan yang berlaku di Indonesia dalam bidang keselamatan nuklir. Dasar filosofi ketentuan keselamatan kerja yang baru ini adalah pengendalian terhadap risiko akibat radiasi pada seseorang melalui penetapan nilai batas, penyinaran diusahakan serendah-rendahnya, dan manfaat penggunaan radiasi tersebut. Walaupun disadari sepenuhnya bahwa proteksi radiasi mutlak tidak akan dapat dicapai.

Penting untuk dikemukakan bahwa ketentuan ini didasarkan pada rekomendasi Komisi Internasional Proteksi Radiasi (publikasi ICRP 26) yang menyatakan bahwa semua penyinaran radiasi harus diusahakan serendah-rendahnya dengan mempertimbangkan faktor ekonomi dan sosial (As Low As Reasonably Achievable).

# DAFTAR ISI

	halaman
1. PENDAHULUAN .....	1
1.1. Tujuan an Ruang Lingkup .....	1
1.2. Definisi .....	1
2. ORGANISASI PROTEKSI RADIASI .....	7
2.1. Umum .....	7
2.2. Tanggung Jawab Pengusaha Instalasi .....	7
2.3. Tanggung Jawab dan Kewajiban Petugas Proteksi Radiasi .....	8
2.4. Tanggung Jawab dan Kewajiban Pekerja Radiasi .....	9
3. NILAI BATAS DOSIS .....	10
3.1. Filosofi Keselamatan Radiasi .....	10
3.2. Sistem Pembatasan Dosis .....	11
3.3. Pembatasan Dosis untuk Pekerja Radiasi .....	11
3.4. Pembatasan Dosis untuk Penyinaran Khusus Direncanakan .....	13
3.5. Pembatasan Dosis untuk Masyarakat Umum .....	14
3.6. Nilai Batas Turunan untuk Pekerja Radiasi .....	15
4. KETENTUAN UMUM PROTEKSI RADIASI BAGI PEKERJA RADIASI .....	17
4.1. Pembatasan Penyinaran .....	17
4.2. Pemonitoran dan Pencatatan Dosis Radiasi .....	20
4.3. Pengawasan Kesehatan .....	21
LAMPIRAN .....	25

I. FAKTOR KUALITAS, FAKTOR KONVERSI DAN METODA EVALUASI DOSIS .....	25
II. BATAS MASUKAN TAHUNAN DAN NILAI BATAS TURUNAN UNTUK .....	30
III. KADAR RADIOAKTIVITAS UDARA .....	
IV. TANDA RADIASI .....	
V. TIPE LABORATORIUM .....	

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR ISTILAH BAKU

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Tujuan dan Ruang Lingkup

- 1.1.1. Ketentuan keselamatan kerja ini dimaksudkan sebagai persyaratan bagi mereka yang bekerja dengan sumber radiasi pengion di bidang kesehatan, industri, pendidikan, penelitian dan lain-lain. Ketentuan ini merupakan persyaratan minimum yang harus dipenuhi. Secara keseluruhan memuat ketentuan tentang organisasi proteksi radiasi dan nilai batas dosis antara lain mengatur tentang sistem pembatasan dosis, pembatasan dosis untuk pekerja, keadaan khusus yang direncanakan, masyarakat umum dan nilai batas turunan untuk pekerja radiasi. Selain itu Ketentuan Keselamatan ini memuat pula Ketentuan umum proteksi radiasi bagi pekerja radiasi.
- 1.1.2. Sumber radiasi pengion yang dimaksudkan pada Nomor 1.1.1 tersebut di atas adalah zat radioaktif atau peralatan yang pemakaiannya tidak dikecualikan dari kewajiban memiliki izin

### 1.2. Definisi

Dalam ketentuan ini yang dimaksud dengan :

#### 1.2.1. Istilah, Besaran dan Satuan Fisika Radiasi

1.2.1.1. **Radiasi Pengion** : radiasi elektromagnetik atau partikel yang mampu menghasilkan ion-ion, sepanjang lintasan di dalam bahan (misalnya sinar alfa, sinar beta, sinar gamma, sinar-x, neutron).

1.2.1.2. **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 curie.

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

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

1.2.1.3. **Dosis Serap (D)** : adalah energi rata-rata yang diberikan oleh radiasi pengion sebesar  $dE$  kepada bahan yang dilaluinya dengan massa  $dm$ .

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

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

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

Dosis serap juga dinyatakan dalam satuan rad.

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

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

- 1.2.1.4. **Dosis Ekivalen (H)** : hasil kali antara dosis serap (D), faktor kualitas (Q), dan perkalian antara seluruh faktor modifikasi lainnya (N). Di dalam ketentuan ini yang dimaksud dengan kata “dosis:” adalah dosis ekivalen.

$$H = DQN$$

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

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

Dosis ekivalen juga dinyatakan dalam satuan rem.

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

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

- 1.2.1.5. **Dosis Efektif** : jumlah dosis rata-rata dalam organ atau jaringan tubuh dengan memperhitungkan nilai bobot masing-masing.

- 1.2.1.6. **Dosis Terikat** : dosis terhadap organ atau jaringan tubuh yang akan diterima selama 50 tahun yang disebabkan oleh pemasukan satu macam atau lebih radionuklida ke dalam organ atau jaringan yang bersangkutan.

- 1.2.1.7. **Dosis Genetik** : dosis genetik terhadap penduduk adalah dosis yang apabila diterima oleh setiap orang sejak awal pembuahan sampai usia reproduksi rata-rata, akan menyebabkan akibat genetik yang sama untuk seluruh penduduk seperti halnya dosis yang sesungguhnya diterima oleh setiap individu dalam kelompok penduduk tersebut. Dosis genetik dapat ditentukan sebagai dosis genetik tahunan dikalikan dengan usia rata-rata reproduksi, yang ditetapkan sebesar 30 tahun.

- 1.2.1.8. **Alih Energi Linier ( $L_{\Delta}$ )**: hasil bagi antara dE dengan dl, dimana dl adalah jarak yang ditempuh oleh suatu partikel bermuatan dalam medium yang dilaluinya, dan dE adalah energi rata-rata yang hilang akibat tumbukan dengan alih energi lebih kecil dari harga  $\Delta$ .

$$L_{\Delta} = \left( \frac{dE}{dl} \right)_{\Delta}$$

Untuk perhitungan proteksi radiasi, seluruh energi yang dipindahkan harus diperhitungkan, jadi :

$$L_{\Delta} = L_{\sim}$$

- 1.2.1.9. **Fluen Partikel ( $\phi$ )** : adalah hasil bagi antara dN dengan da, dimana

dN adalah jumlah partikel yang memasuki suatu bola dengan luas penampang sebesar da.

$$\phi = \frac{dN}{da}$$

1.2.1.10 **Laju Fluen (Fluks) partikel** ( $\phi$ ) : adalah hasil bagi antara  $d\phi$  dengan  $dt$ , dimana  $d\phi$  adalah pertambahan fluen partikel dalam selang waktu  $dt$ .

$$\phi = \frac{d\phi}{dt}$$

## 1.2.2. Istilah Radiologi, Biologi, dan Mekanik.

1.2.2.1 **Penyinaran** : setiap penyinaran terhadap personil yang berasal dari radiasi pengion. Dalam hal ini dibedakan :

- penyinaran eksterna, yaitu penyinaran yang disebabkan oleh sumber diluar tubuh;
- penyinaran interna, yaitu penyinaran yang disebabkan oleh sumber di dalam tubuh;
- penyinaran total, yaitu jumlah penyinaran eksterna dan interna.

1.2.2.2. **Penyinaran secara terus menerus** : penyinaran eksterna yang terjadi dalam jangka waktu panjang yang intensitasnya dapat bervariasi dengan waktu, atau penyinaran interna yang diakibatkan oleh masuknya zat radioaktif kedalam tubuh walaupun jumlahnya dapat bervariasi dengan waktu.

1.2.2.3. **Penyinaran tunggal** : penyinaran eksterna dalam jangka waktu pendek, atau penyinaran interna yang diakibatkan oleh masuknya zat radioaktif dalam tubuh dalam suatu jangka waktu pendek.

1.2.2.4. **Faktor kualitas (Q)** : suatu fungsi alih energi linier ( $L_{\sim}$ ), yang digunakan untuk memberi bobot pada dosis serap sehingga dapat menunjukkan peranannya dalam proteksi radiasi. Nilai faktor kualitas yang harus digunakan dalam menghitung dosis untuk berbagai macam radiasi dapat dilihat pada lampiran I.

1.2.2.5. **Faktor kualitas efektif (Q)** : nilai rata-rata faktor kualitas apabila dosis serap berasal dari partikel bermuatan yang memiliki harga  $L_{\sim}$  yang berbeda. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan persamaan.

$$Q = \frac{1}{D} \int Q dL_{\sim}$$

1.2.2.6. **Indeks dosis dalam ( $H_{I,d}$ )** pada suatu titik : dosis maksimum dalam teras berdiameter 28 cm dari suatu bola berdiameter 30 cm, yang berpusat dititik tersebut dan terbuat dari bahan setara jaringan lunak

dengan kerapatan sebesar  $1 \text{ g cm}^{-3}$ .

- 1.2.2.7. **Indeks dosis permukaan** ( $H_{I,s}$ ) pada suatu titik : dosis maksimum pada kedalaman antara 0,07 mm dan 1 cm dihitung dari permukaan suatu bola berdiameter 30 cm, berpusat di titik tersebut dan terbuat dari bahan setara jaringan lunak dengan kerapatan sebesar  $1 \text{ g/cm}^3$ . Dosis pada lapisan ketebalan 0,07 mm tidak perlu ditentukan.
- 1.2.2.8. **Penyinaran seluruh tubuh** : penyinaran seluruh tubuh yang dianggap secara merata.
- 1.2.2.9. **Penyinaran lokal** : penyinaran yang sebagian terbesar mengenai suatu bagian tubuh, atau satu organ/jaringan tubuh atau lebih, yang tidak merata ke seluruh tubuh.
- 1.2.2.10. **Kontaminasi radioaktif** : kontaminasi zat radioaktif pada setiap barang, permukaan, atau lingkungan atau pada manusia. Dalam hal untuk tubuh manusia, kontaminasi radioaktif ini termasuk baik kontaminasi kulit secara eksternal maupun kontaminasi internal, tanpa memperhatikan cara masuknya.
- 1.2.2.11. **Nilai Batas Dosis (NBD)** : NBD yang ditetapkan dalam ketentuan ini berlaku untuk pekerja radiasi, para magang, dan pelajar, tetapi tidak termasuk dosis penyinaran yang berasal dari alam dan untuk tujuan medik. NBD merupakan jumlah penyinaran eksternal selama masa kerja dan dosis terikat yang berasal dari permukaan zat radioaktif selama masa tersebut.
- 1.2.2.12. **Pemasukan** : radioaktivitas yang masuk ke dalam tubuh.
- 1.2.2.13. **Batas Masukan Tahunan (BMT)** : untuk seseorang tertentu, adalah radioaktivitas yang apabila masuk ke dalam tubuhnya akan menyebabkan dosis terikat sebesar NBD seperti ditetapkan dalam nomor 3.3.3. s/d 3.3.7. dalam ketentuan ini.
- 1.2.2.14. **Nilai Batas Turunan untuk Kadar Radioaktivitas Udara Kerja** : kadar tahunan rata-rata di udara yang dinyatakan dalam satuan aktivitas persatuan volume, yang apabila dihirup selama 2000 jam kerja setahun akan memberikan masukan yang sama dengan Batas Masukan Tahunan.
- 1.2.2.15. **Radiotoksitas** : toksisitas yang terkandung dalam radiasi pengion yang dipancarkan oleh suatu radionuklida dan turunannya; radiotoksitas tidak hanya dikaitkan dengan karakteristik radioaktivitas sumber, tetapi juga dengan sifat fisika dan kimianya, serta metabolisme unsur tersebut di dalam tubuh atau organ.
- 1.2.3. **Lain-lain**

- 1.2.3.1 **Sumber** : alat atau zat yang dapat memancarkan radiasi pengion.
- 1.2.3.2. **Sumber terbungkus** : sumber yang terdiri dari zat radioaktif dan terbungkus rapat oleh bahan tidak radioaktif, atau yang terbungkus dalam suatu kontener terbuat dari bahan tidak radioaktif yang cukup kuat sehingga dalam penggunaan secara normal mampu mencegah terjadinya penyebaran zat radioaktif.
- 1.2.3.3. **Sumber terbuka** : sumber yang bukan merupakan sumber terbungkus dan yang dalam kondisi normal dapat menyebabkan kontaminasi.
- 1.2.3.4. **Zat radioaktif** : setiap zat yang mengandung satu atau lebih radio nuklida, yang aktivitasnya atau kadarnya tidak dapat diabaikan dari segi proteksi radiasi.
- 1.2.3.5. **Penyinaran alam** : semua penyinaran yang berasal dari bumi atau angkasa luar yang tingkat penyinarannya tidak bertambah secara berarti oleh adanya campur tangan manusia.
- 1.2.3.6. **Pekerja radiasi** : setiap orang yang karena pekerjaannya dapat menerima dosis penyinaran tahunan yang melebihi 1/10 NBD yang ditetapkan dalam ketentuan ini untuk para pekerja.
- 1.2.3.7. **Anggota masyarakat** : individu didalam masyarakat, tidak termasuk para pekerja radiasi, magang dan siswa selama jam kerja mereka.
- 1.2.3.8. **Daerah Pengawasan** : suatu daerah yang berada dibawah pengawasan yang memadai untuk tujuan proteksi terhadap radiasi pengion.
- 1.2.3.9. **Daerah Pengendalian** : suatu daerah yang berada dibawah aturan khusus yang dimasukan untuk tujuan proteksi terhadap radiasi pengion, dan yang lalu lintasnya dikendalikan.
- 1.2.3.10. **Dokter intalasi** : dokter yang oleh Penguasa Instalasi nuklir atau instalasi nuklir lainnya ditunjuk untuk mengawasi kesehatan pekerja radiasi.
- 1.2.3.11. **Tenaga Ahli** : seseorang yang memiliki pengetahuan dan latihan yang diperlukan untuk melaksanakan pengujian secara fisik, teknik, atau radiokimia, atau memberikan petunjuk untuk menjamin perlindungan secara efektif pada seseorang dan/atau pengoperasian instalasi secara benar.
- 1.2.3.12. **Kecelakaan** : kejadian tak terduga yang mengakibatkan seseorang atau lebih menerima dosis penyinaran yang melebihi NBD.
- 1.2.3.13. **Penyinaran khusus direncanakan** : penyinaran yang dapat melebihi salah satu NBD untuk pekerja radiasi, yang secara khusus dibolehkan

untuk diterima dalam situasi tertentu dalam operasi normal, apabila alternatif lain secara teknis yang tidak mengakibatkan penyinaran lebih tersebut tidak dapat digunakan.

- 1.2.3.14. **Penyinaran akibat kecelakaan** : penyinaran yang diterima secara tidak sengaja dan dapat melebihi salah satu NBD untuk pekerja radiasi.
- 1.2.3.15. **Penyinaran dalam keadaan darurat** : penyinaran yang dapat dibenarkan diterima dalam keadaan darurat, yang dimaksudkan untuk memberikan pertolongan terhadap seseorang yang terancam keselamatannya, mencegah terjadinya penyinaran terhadap sejumlah besar orang, atau menyelamatkan instalasi berharga, dimana salah satu NBD untuk pekerja radiasi dapat dilampaui, dan batas penyinaran khusus yang direncanakan mungkin juga terlampaui. Penyinaran dalam keadaan darurat tersebut hanya dibolehkan untuk para sukarelawan.
- 1.2.3.16. **Magang** : seseorang yang menerima latihan dan petunjuk dalam melaksanakan suatu pekerjaan yang memerlukan keahlian khusus.
- 1.2.3.17. **Daerah kerja** : Daerah Instalasi Nuklir atau Instalasi lainnya (*catatan*: pengertian instalasi nuklir atau instalasi lain menunjuk pada Undang-Undang No.10 tahun 1997 yang memanfaatkan sumber radiasi).
- 1.2.3.18. **Radionuklida** : nuklida yang radioaktif.
- 1.2.3.19. **Pengusaha Instalasi** : Pengusaha instalasi nuklir atau instalasi lainnya yang memanfaatkan radiasi pengion.

## 2. ORGANISASI PROTEKSI RADIASI

### 2.1. Umum

Pengusaha Instalasi mempunyai tanggung jawab tertinggi terhadap keselamatan personil dan anggota masyarakat lain yang mungkin berada di dekat instalasi di bawah pengawasannya. Namun demikian tidak berarti bahwa personil lain dapat menghindar dari tanggung jawab ini, apabila kecelakaan yang terjadi akibat dari kelalaiannya. Pengalaman menunjukkan bahwa pekerja radiasi yang bagaimanapun cakupannya tidak dapat selalu memikirkan dan melaksanakan semua persyaratan keselamatan, karena kesibukannya. Oleh karena itu perlu adanya organisasi atau seseorang yang secara khusus diberi tugas memperhatikan masalah keselamatan radiasi, bila perlu

Pengusaha Instalasi dapat menunjuk dirinya sendiri untuk tugas ini. Proteksi radiasi yang baik bergantung pada organisasi proteksi radiasi yang efisien dan efektif. Tanggung jawab dan kewajiban serta wewenang organisasi proteksi radiasi harus dinyatakan secara jelas.

Petugas Proteksi Radiasi perlu diberi wewenang untuk memungkinkan ia bertindak tepat pada waktunya sesuai dengan gawatnya bahaya yang dihadapi. Dalam melaksanakan kegiatan yang melibatkan radiasi atau sumber radiasi harus diikuti sertakan Petugas Proteksi Radiasi dan bila perlu Pengusaha Instalasi dapat membentuk Komisi Keselamatan Radiasi.

## **2.2. Tanggung Jawab Pengusaha Instalasi**

Dalam melaksanakan tanggung jawabnya dalam keselamatan radiasi Pengusaha Instalasi harus melaksanakan tindakan tersebut dibawah ini.

- 2.2.1. Membentuk Organisasi Proteksi Radiasi dan atau menunjuk Petugas Proteksi Radiasi dan bila perlu Petugas Proteksi Radiasi Pengganti.
- 2.2.2. Hanya mengizinkan seseorang bekerja dengan sumber radiasi setelah memperhatikan segi kesehatan, pendidikan dan pengalaman kerja dengan sumber radiasi.
- 2.2.3. Memberitahukan kepada semua pekerja radiasi tentang adanya potensi bahaya radiasi yang terkandung dalam tugas mereka dan memberikan latihan proteksi radiasi.
- 2.2.4. Menyediakan aturan keselamatan radiasi yang berlaku dalam lingkungannya sendiri, termasuk aturan tentang penanggulangan keadaan darurat.
- 2.2.5. Menyediakan prosedur kerja yang diperlukan.
- 2.2.6. Menyelenggarakan pemeriksaan kesehatan bagi magang dan pekerja radiasi dan pelayanan kesehatan bagi pekerja radiasi.
- 2.2.7. Menyediakan fasilitas dan peralatan yang diperlukan untuk bekerja dengan sumber radiasi.
- 2.2.8. Memberitahukan Badan Pengawas Tenaga Nuklir (disingkat BAPETEN) dan instansi lain yang terkait (misalnya kepolisian dan dinas pemadam kebakaran) bila terjadi bahaya radiasi atau keadaan darurat lainnya.

### 2.3. **Tanggung Jawab dan Kewajiban Petugas Proteksi Radiasi**

Petugas Proteksi Radiasi berkewajiban membantu Pengusaha Instalasi dalam melaksanakan tanggung jawabnya di bidang proteksi radiasi. Sebagai pengemban tanggung jawab tersebut Petugas Proteksi Radiasi diberi wewenang untuk mengambil tindakan-tindakan yang diuraikan dalam nomor 2.3.1 s.d. 2.3.8 di bawah ini.

- 2.3.1. Memberikan instruksi teknis dan administatif secara lisan atau tertulis kepada pekerja radiasi tentang keselamatan kerja radiasi yang baik. Instruksi ini harus mudah dimengerti, dan dapat dilaksanakan.
- 2.3.2. Mengambil tindakan untuk menjamin agar tingkat penyinaran serendah mungkin dan tidak akan pernah mencapai batas tertinggi yang berlaku serta menjamin agar pelaksanaan pengelolaan limbah radioaktif sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
- 2.3.3. Mencegah dilakukannya perubahan terhadap segala sesuatu sehingga dapat menimbulkan kecelakaan radiasi.
- 2.3.4. Mencegah zat radioaktif jatuh ke tangan orang yang tidak berhak.
- 2.3.5. Mencegah kehadiran orang yang tidak berkepentingan ke dalam daerah pengendalian.
- 2.3.6. Menyelenggarakan dokumentasi yang berhubungan dengan proteksi radiasi.
- 2.3.7. Menyarankan pemeriksaan kesehatan terhadap pekerja radiasi apabila diperlukan dan melaksanakan pemantauan radiasi serta tindakan proteksi radiasi.
- 2.3.8. Memberikan penjelasan dan menyediakan perlengkapan proteksi radiasi yang memadai kepada para pengunjung atau tamu apabila diperlukan.

### 2.4. **Tanggung Jawab dan Kewajiban Pekerja Radiasi**

Seorang pekerja radiasi ikut bertanggung jawab terhadap keselamatan radiasi di daerah kerjanya, dengan demikian ia mempunyai kewajiban seperti tersebut dalam nomor 2.4.1 s.d. 2.4.4 di bawah ini.

- 2.4.1. Mengetahui, memahami dan melaksanakan semua ketentuan keselamatan kerja radiasi.
- 2.4.2. Memanfaatkan sebaik-baiknya peralatan keselamatan radiasi yang tersedia, bertindak hati-hati, serta bekerja secara aman untuk

melindungi baik dirinya maupun pekerja lain.

2.4.3. Melaporkan setiap kejadian kecelakaan bagaimanapun kecilnya kepada Petugas Proteksi Radiasi.

2.4.4. Melaporkan setiap gangguan kesehatan yang dirasakan, yang diduga akibat penyinaran lebih atau masuknya zat radioaktif ke dalam tubuhnya.

### 3. **NILAI BATAS DOSIS**

#### 3.1. **Filosofi Keselamatan Radiasi**

Keselamatan radiasi dimaksudkan sebagai usaha untuk melindungi seseorang, keturunannya, dan juga anggota masyarakat secara keseluruhan terhadap kemungkinan terjadinya akibat biologi yang merugikan dari radiasi. Akibat ini disebut somatik apabila dialami oleh seseorang, dan genetik apabila dialami oleh keturunannya. Apabila peluang terjadinya suatu akibat tidak memerlukan dosis ambang dan sebagai fungsi dosis yang menyebabkannya, akibat itu disebut sebagai stokastik. Sebaliknya, bila tingkat keparahan suatu akibat bergantung pada dosis dan pemunculan pertamanya memerlukan dosis ambang, akibat ini disebut non stokastik. Untuk keperluan keselamatan radiasi akibat genetik dianggap sebagai akibat stokastik. Beberapa akibat somatik juga bersifat stokastik. Sebagai contoh, kanker fatal pada daerah dosis rendah merupakan resiko somatik stokastik yang penting, dan dijadikan dasar penentuan nilai batas dosis. Beberapa akibat somatik non-stokastik bersifat khas untuk jaringan biologi tertentu, misalnya katarak pada lensa mata, kerusakan sel pada sumsum tulang merah yang mengakibatkan kelainan darah, kerusakan sel kelamin yang mengakibatkan kemandulan, kerusakan non-malignan pada kulit. Agar akibat non-stokastik tidak terjadi, diperlukan adanya nilai batas dosis bagi setiap jaringan tubuh. Tujuan keselamatan radiasi dengan demikian adalah :

1. Membatasi peluang terjadinya akibat stokastik atau risiko akibat pemakaian radiasi yang dapat diterima oleh masyarakat.
2. Mencegah terjadinya akibat non-stokastik dari radiasi yang membahayakan seseorang.

Pembatasan akibat stokastik dapat dicapai dengan cara mengusahakan agar semua penyinaran dibuat serendah mungkin dengan mempertimbangkan faktor ekonomi dan sosial, asal syarat nilai batas dosis tidak dilampaui. Pencegahan akibat non-stokastik akan tercapai dengan menetapkan nilai batas dosis pada harga yang

cukup rendah.

Dengan demikian, meskipun seseorang menerima penyinaran secara terus menerus selama hidupnya atau selama usia kerjanya, dosis ambang tidak akan tercapai. Nilai batas yang ditetapkan hanya didasarkan pada penyinaran dalam keadaan normal.

### **3.2. Sistem Pembatasan Dosis**

3.2.1. Penerapan prinsip dasar seperti termasuk pada Nomor 3.1. mungkin belum cukup memberikan perlindungan pada seseorang. Dalam hal manfaat dan risiko kerugian tidak diterima oleh anggota yang sama dalam masyarakat, perlu ditetapkan nilai batas dosis. Untuk maksud itu ditetapkan suatu sistem pembatasan dosis sebagai berikut :

1. Setiap pemanfaatan zat radioaktif dan/atau sumber radiasi lainnya hanya didasarkan pada azas manfaat dan harus lebih dulu memperoleh persetujuan dari Badan Pengawas Tenaga Nuklir;
2. Penyinaran yang berasal dari pemanfaatan zat radioaktif dan/atau sumber radiasi lainnya harus diusahakan serendah-rendahnya, dengan mempertimbangkan faktor ekonomi dan sosial.
3. Dosis yang diterima oleh seseorang tidak boleh melampaui Nilai Batas Dosis yang ditetapkan dalam ketentuan ini.

3.2.2. Dalam penerapan Sistem Pembatasan Dosis harus dipertimbangkan “dosis terikat”, yang dapat berasal dari kegiatan kini maupun yang akan datang.

### **3.3. Pembatasan Dosis untuk Pekerja Radiasi**

#### **3.3.1. Pembatasan Penugasan**

Pekerja yang berumur kurang dari 18 tahun tidak diizinkan untuk ditugaskan sebagai pekerja radiasi atau tidak diizinkan untuk diberi tugas yang memungkinkan ia mendapat penyinaran.

Pekerja wanita dalam masa menyusui tidak diizinkan mendapat tugas yang mengandung risiko kontaminasi radioaktif yang tinggi; jika perlu terhadap pekerja ini dilakukan pengecekan khusus terhadap kemungkinan kontaminasi.

#### **3.3.2. Nilai Batas Dosis (NBD)**

Nilai batas dosis yang ditetapkan dalam Ketentuan ini bukan batas tertinggi yang apabila dilampaui, seseorang akan mengalami akibat merugikan yang nyata. Meskipun demikian, karena setiap penyinaran yang tidak perlu harus dihindari dan penerimaan dosis harus diusahakan serendah-rendahnya. Nilai Batas yang ditetapkan dalam ketentuan ini dimaksudkan sebagai dasar untuk merancang prosedur kerja, mendisain sistem proteksi yang diinginkan, untuk menentukan efisiensi tindakan proteksi dan cara kerja, serta untuk menentukan luas dan sifat tindakan kesehatan yang perlu diberikan kepada seseorang.

Nilai Batas Dosis yang ditetapkan dalam ketentuan ini adalah penerimaan dosis yang tidak boleh dilampaui oleh seseorang pekerja radiasi selama jangka waktu setahun, tidak bergantung pada laju dosis, baik dari penyinaran eksternal maupun internal, tetapi tidak termasuk penerimaan dosis dari penyinaran medis dan penyinaran alam.

**3.3.3. NBD untuk penyinaran seluruh tubuh**

NBD untuk pekerja radiasi yang memperoleh penyinaran seluruh tubuh ditetapkan 50 mSv (5000 mrem) per tahun.

**3.3.4. NBD untuk wanita dalam usia subur**

Batas tertinggi penerimaan dosis pada abdomen pekerja radiasi wanita dalam usia subur ditetapkan tidak lebih dari 13 mSv (1300 mrem) dalam jangka waktu 13 minggu dan tidak melebihi NBD untuk pekerja radiasi.

**3.3.5. NBD untuk Wanita Hamil**

Segera setelah seseorang pekerja wanita dinyatakan mengandung harus dilakukan pengaturan agar dalam melaksanakan tugasnya jumlah penerimaan dosis pada janin, terhitung sejak dinyatakan mengandung hingga saat melahirkan, diusahakan serendah-rendahnya dan sama sekali tidak boleh melebihi 10 mSv (1000 mrem). Umumnya, NBD ini dicapai dengan mempekerjakan mereka pada kondisi kerja yang sesuai untuk pekerja radiasi sebagai tersebut pada Nomor 4.1.2.2.

**3.3.6. NBD untuk Penyinaran Lokal**

Dalam hal penyinaran hanya bersifat lokal, yaitu hanya pada bagian khusus dari tubuh, NBD ditetapkan sebagai berikut :

- (a). batas dosis efektif yang dievaluasi berdasarkan metoda dalam lampiran I huruf E, adalah 50 mSv (5000 mrem) dalam setahun; dosis rata-rata pada setiap organ atau bagian jaringan yang terkena harus tidak melebihi 500 mSv (50000 mrem) dalam setahun.
- (b). disamping itu
  - batas dosis untuk lensa mata adalah 150 mSv (15000 mrem) dalam setahun.
  - batas dosis untuk kulit adalah 500 mSv (50000 mrem) dalam setahun. Apabila penyinaran berasal dari kontaminasi radioaktif pada kulit, batas ini berlaku untuk dosis yang dirata-ratakan pada setiap permukaan seluas 100 cm<sup>2</sup>;
  - batas dosis untuk tangan, lengan, kaki, dan tungkai adalah 500 mSv (50000 mrem) dalam setahun.

### 3.3.7. **NBD untuk Magang dan Siswa**

- 3.3.7.1. NBD untuk para magang dan siswa yang berumur serendah-rendahnya 18 tahun, yang sedang melaksanakan latihan atau kerja praktek, atau yang karena keperluan pendidikannya terpaksa menggunakan sumber radiasi pengion, sama dengan NBD yang berlaku untuk pekerja radiasi, sebagaimana disebutkan pada Nomor 3.3.3. s/d 3.3.6.
- 3.3.7.2. NBD untuk para magang dan siswa yang berumur antara 16 dan 18 tahun yang sedang melaksanakan latihan atau kerja praktek, atau yang karena keperluan pendidikannya terpaksa menggunakan sumber radiasi pengion, adalah 0,3 dari NBD yang berlaku untuk pekerja radiasi, sebagaimana disebutkan pada Nomor 3.3.3 s/d 3.3.6.
- 3.3.7.3. Para pegawai magang dan siswa yang sedang melaksanakan latihan atau kerja praktek, atau yang karena keperluan pendidikannya tidak menggunakan sumber radiasi pengion dan mereka yang berumur kurang dari 16 tahun adalah sama dengan masyarakat umum sebagaimana disebutkan pada Nomor 3.5.1.1. dan 3.5.1.2. Apabila mereka, karena latihan atau pendidikannya, terpaksa terkena radiasi, dosis yang boleh mereka terima dalam sekali penyinaran tidak boleh melebihi 0,01 dari NBD untuk anggota masyarakat umum, sedangkan kontribusi dosis yang boleh diterima selama pendidikan

setiap tahun tidak boleh melebihi 0,1 dari NBD untuk anggota masyarakat umum, sebagaimana disebutkan pada Nomor 3.5.1.1. dan 3.5.1.2.

### **3.4. Pembatasan dosis Untuk Penyinaran Khusus Direncanakan**

#### **3.4.1. Pembatasan**

Penyinaran khusus direncanakan hanya boleh dilakukan bagi pekerja radiasi kategori A, seperti yang dimaksudkan pada Nomor 4.1.2.1.

Semua penyinaran khusus direncanakan hanya boleh dilaksanakan setelah mendapat izin dari Pengusaha Instalasi setempat. Izin itu hanya diberikan dalam keadaan khusus selama operasi normal apabila cara lain yang tidak melibatkan penyinaran tidak dapat digunakan. Untuk tindakan ini harus dipertimbangkan usia dan kesehatan pekerja yang bersangkutan.

3.4.2. Dosis atau dosis terikat untuk penyinaran khusus direncanakan, dalam setahun, tidak boleh melebihi 2 kali NBD yang disebutkan pada nomor 3.3.3 s/d 3.3.4., dan 5 kali NBD untuk seumur hidup.

3.4.3. Penyinaran khusus direncanakan tidak boleh diberikan kepada seorang pekerja radiasi, apabila :

1. Selama 12 bulan sebelumnya ia pernah menerima dosis melebihi NBD, yang disebutkan pada nomor 3.3.3. s/d 3.3.6. atau
2. Pekerja radiasi yang bersangkutan pernah menerima penyinaran akibat keadaan darurat atau kecelakaan sehingga mengakibatkan penerimaan dosis seluruhnya melebihi 5 kali NBD, yang disebutkan pada nomor 3.3.3. s/d 3.3.6, atau
3. Pekerja radiasi yang bersangkutan adalah wanita dalam usia subur atau pekerja radiasi tersebut menolaknya.

3.4.4. Terlampauinya NBD sebagai akibat penyinaran khusus direncanakan tidak boleh dipakai sebagai alasan untuk memindahkan yang bersangkutan dari tugasnya yang biasa. Kondisi penyinaran selanjutnya bergantung kepada persetujuan dokter instalasi.

3.4.5. Semua penyinaran khusus direncanakan, bersama dengan perkiraan penerimaan dosis dan juga memasukkan radioaktivitas ke dalam tubuh harus dicatat dalam kartu kesehatan, yang disebutkan pada nomor 4.2.

3.4.6. Sebelum menerima penyinaran khusus direncanakan, pekerja yang bersangkutan harus menerima penjelasan mengenai risiko yang terkandung dalam tugas dan tindakan keselamatan yang diambil selama berlangsungnya pekerjaan.

### 3.5. **Pembatasan Dosis Untuk Masyarakat Umum**

Dengan tidak mengurangi ketentuan yang terdapat pada Nomor 3.5.2. batas dosis untuk masyarakat umum berikut ini harus dipatuhi.

#### 3.5.1. **Pembatasan dosis untuk anggota masyarakat umum**

3.5.1.1. Dalam hal penyinaran seluruh tubuh, NBD untuk anggota masyarakat umum ialah 5 mSv (500 mrem), dalam setahun.

3.5.1.2. Dalam hal penyinaran bersifat lokal, yaitu hanya pada bagian-bagian khusus dari tubuh, NBD untuk anggota masyarakat umum ditetapkan sebagai berikut:

- (a). batas dosis efektif yang dicantumkan berdasarkan metoda yang terdapat dalam lampiran I huruf E adalah 5 mSv (500 mrem) dalam setahun; dosis rata-rata dalam tiap organ atau jaringan yang terkena harus tidak melebihi 50 mSv (5000 mrem) dalam setahun.
- (b). Disamping itu :
  - batas dosis untuk lensa mata adalah 15 mSv (1500 mrem) dalam setahun.
  - batas dosis untuk kulit adalah 50 mSv (5000 mrem) dalam setahun. Apabila penyinaran berasal dari penyinaran radioaktif pada kulit, batas ini berlaku untuk dosis yang dirata-ratakan pada setiap permukaan seluas 100 cm<sup>2</sup>;
  - batas dosis untuk tangan, lengan, kaki, dan tungkai adalah 50 mSv (5000 mrem) dalam setahun.

#### 3.5.2. **Penyinaran anggota masyarakat secara keseluruhan**

3.5.2.1. Setiap Pengusaha Instalasi harus menjamin agar kontribusi penyinaran yang berasal dari instalasinya pada anggota masyarakat secara keseluruhan serendah mungkin, sesuai dengan sistem

pembatasan dosis yang tertera pada Nomor 3.2.1 angka 1 dan 2.

3.5.2.2. Jumlah penyinaran dari semua kontribusi seperti yang dimaksudkan di atas harus dikaji ulang dan khususnya harus diperkirakan dosis genetik sebagai akibat dari semua kontribusi penyinaran ini.

3.5.2.3. Setiap Pengusaha Instalasi diwajibkan secara teratur melaporkan hasil kaji ulang ini kepada BAPETEN.

### **3.6. Nilai Batas Turunan Untuk Pekerja Radiasi**

3.6.1. Batas Turunan pada Nomor 3.6 ini digunakan untuk menjamin dipatuhinya batas dosis yang ditentukan dalam lampiran II. Metoda lain dapat digunakan untuk mencapai tujuan ini.

#### **3.6.2. Penyinaran eksterna**

Dalam hal penyinaran eksterna untuk seluruh tubuh atau bagian tertentu dari tubuh, NBD sebagaimana ditetapkan pada Nomor 3.3.3 s/d 3.3.6., 3.5.1.1 dan 3.5.1.2. harus dianggap telah dipatuhi apabila persyaratan yang ditentukan dalam Lampiran I dipenuhi.

#### **3.6.3. Penyinaran Interna**

Dalam hal penyinaran interna, NBD sebagaimana ditetapkan pada Nomor 3.3.3 s/d 3.3.6., 3.5.1.1. dan 3.5.1.2. harus dianggap dipatuhi apabila nilai pemasukan dan kadar radioaktivitas udara kerja tidak melebihi nilai yang ditetapkan dalam lampiran II.

(a) Tabel-tabel yang terdapat pada lampiran II menetapkan :

- Batas Masukan Tahunan bagi pekerja radiasi yang menghirup radio-nuklida;
- Nilai Batas Turunan untuk kadar radioaktivitas udara kerja bagi pekerja radiasi. Nilai batas ini harus dianggap nilai rata-rata untuk jangka waktu satu tahun;
- Batas Masukan Tahunan bagi anggota masyarakat umum yang menghirup atau menelan radionuklida.

(b) Dalam hal terdapat radionuklida campuran harus digunakan metoda sebagaimana terdapat pada Lampiran II angka 2.

#### **3.6.4. Gabungan Penyinaran eksterna dan interna**

Dalam hal gabungan antara penyinaran eksterna seluruh tubuh atau bagian tertentu dari tubuh dan kontaminasi interna oleh satu atau lebih radionuklida, NBD sebagaimana ditetapkan pada Nomor 3.3.3 s/d 3.3.6., 3.5.1.1. dan 3.5.1.2. harus dianggap dipatuhi apabila persyaratan yang ditentukan dalam Lampiran I dipenuhi.

#### 4. **KETENTUAN UMUM PROTEKSI RADIASI BAGI PEKERJA RADIASI**

Sebagai ketentuan umum dalam bekerja dengan radiasi perlu dilakukan beberapa hal berikut :

- a. Pembatasan penyinaran
- b. Pemonitoran dan pencatatan dosis radiasi
- c. Pengawasan kesehatan pekerja radiasi.

##### 4.1. **Pembatasan Penyinaran**

Pembatasan Penyinaran untuk tujuan proteksi radiasi meliputi :

- Pembagian daerah kerja;
- Klasifikasi pekerja radiasi; dan
- Pemeriksaan dan pengujian perlengkapan proteksi radiasi dan alat ukur radiasi.

4.1.1.1. Daerah Pengawasan dapat dibedakan lebih lanjut menjadi :

- a. **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.

- b. **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.

4.1.1.2. Daerah Pengendalian dapat dibedakan lebih lanjut menjadi :

- a. **Daerah Radiasi**, yang terdiri atas :
  - 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 50 mSv (5000 mrem) dalam satu tahun untuk seluruh tubuh atau nilai yang sesuai terhadap organ tertentu dari tubuh.
  - 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.

b. **Daerah Kontaminasi**, yang terdiri atas :

- 1. **Daerah Kontaminasi Rendah**, yaitu daerah kerja dengan tingkat kontaminasi yang besarnya lebih kecil dari 0,37 Bq/cm<sup>2</sup> (10<sup>-5</sup> uCi per cm<sup>2</sup>) untuk pemancar alfa dan lebih kecil dari 3,7 Bq/cm<sup>2</sup> (10<sup>-4</sup> uCi per cm<sup>2</sup>) untuk pemancar beta.
- 2. **Daerah Kontaminasi Sedang**, yaitu daerah kerja dengan tingkat kontaminasi radioaktif 0,37 Bq/cm<sup>2</sup> (10<sup>-5</sup> uCi per cm<sup>2</sup>) atau lebih tetapi kurang dari 3,7 Bq/cm<sup>2</sup> (10<sup>-4</sup> uCi per cm<sup>2</sup>) untuk pemancar alfa dan 3,7 Bq/cm<sup>2</sup> (10<sup>-4</sup> uCi per cm<sup>2</sup>) atau lebih tetapi kurang dari 37 Bq/cm<sup>2</sup> (10<sup>-3</sup> uCi per cm<sup>2</sup>) untuk pemancar beta, sedangkan kontaminasi udara tidak melebihi sepersepuluh Batas Turunan Kadar zat radioaktif di udara.

**Daerah Kontaminasi Tinggi**, yaitu daerah kerja dengan tingkat kontaminasi 3,7 Bq/cm<sup>2</sup> (10<sup>-4</sup> uCi per cm<sup>2</sup>) atau lebih untuk pemancar alfa, dan 37 Bq/cm<sup>2</sup> (10<sup>-3</sup> uCi per cm<sup>2</sup>) atau lebih untuk pemancar beta, sedangkan kontaminasi udara kadang-kadang lebih besar dari Batas Turunan Kadar zat radioaktif di udara.

4.1.1.3. Tipe laboratorium atau tempat kerja untuk melaksanakan pekerjaan dengan berbagai sumber terbuka terdapat dalam lampiran IV.

4.1.1.4. Di dalam daerah kerja yang tingkat radiasinya tidak memungkinkan

penerimaan dosis melebihi 5 mSv (500 mrem) dalam satu tahun, tidak diharuskan adanya pengaturan khusus untuk tujuan proteksi radiasi.

- 4.1.1.5. Di dalam daerah kerja yang tingkat radiasinya memungkinkan penerimaan dosis melebihi 5 mSv (500 mrem) dalam satu tahun dan dalam daerah kontaminasi, pengaturan harus disesuaikan dengan sifat dan kegiatan instalasi, sumber radiasi yang akan digunakan atau yang menjadi kontaminan, besar dan sifat bahayanya. Tingkat pemantauan dan tingkat pencegahan atau penanggulangan yang diambil, demikian juga jenis dan kualitasnya harus disesuaikan dengan bahaya radiasi yang timbul dari kegiatan penggunaan radiasi pengion atau bahaya kontaminasi tersebut.
- 4.1.1.6. Petugas Proteksi Radiasi bertanggung jawab atas terlaksananya tugas-tugas pada Nomor 4.1.1.4.

#### 4.1.2. **Klasifikasi Pekerja Radiasi**

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

##### 4.1.2.1. **Kategori A**

Pekerja radiasi yang mungkin menerima dosis sama dengan atau lebih besar dari 15 mSv (1500 mrem) per tahun.

##### 4.1.2.2. **Kategori B**

Pekerja Radiasi yang mungkin menerima dosis lebih kecil dari 15 mSv (1500 mrem) per tahun.

- 4.1.2.3. Pekerja radiasi, magang dan siswa sebagaimana tersebut pada Nomor 3.3.7.1. dan 3.3.7.2. harus diberitahu tentang risiko terhadap kesehatan yang berkaitan dengan pekerjaan mereka, cara kerja yang berhati-hati, dan pentingnya mentaati persyaratan teknis dan medik serta harus diberikan latihan yang memadai di bidang proteksi radiasi.

- 4.1.2.4. Magang dan siswa yang berumur kurang dari 18 tahun tidak termasuk dalam kategori A, sedangkan yang berumur antara 16 dan 18 tahun termasuk dalam kategori B untuk keperluan latihan. Seseorang di bawah umur 16 tahun, tidak boleh dianggap sebagai pekerja radiasi.

- 4.1.2.5. Batas dosis bagi magang dan siswa harus dapat menjamin keselamatan seperti yang berlaku untuk pekerja radiasi dan disamping itu untuk semua keadaan, pemantauan perorangan terhadap penyinaran dan pemeriksaan medis harus dilaksanakan.

4.1.3. **Pemeriksaan dan Pengujian Perlengkapan Proteksi Radiasi dan Alat Ukur Radiasi.**

4.1.3.1. Perlengkapan proteksi radiasi dan alat ukur radiasi harus mempunyai unjuk kerja baik, yang dinyatakan dengan pemeriksaan dan pengujian oleh tenaga ahli atau instansi lain yang berwenang.

4.1.3.2. Pemeriksaan dan pengujian sebagaimana tersebut pada Nomor 4.1.3.1 diatas meliputi :

- a. Pemeriksaan secara teliti terhadap rencana pemasangan perlengkapan proteksi radiasi alat ukur radiasi.
- b. Pemeriksaan kebenaran pemasangan baru dari segi proteksi radiasi.
- c. Pengujian berkala mengenai keefektifan teknik dari perlengkapan proteksi radiasi.
- d. Pengujian berkala terhadap kesesuaian dan kebenaran pemakaian alat ukur radiasi.

4.2. **Pemonitoran dan Pencatatan Dosis Radiasi**

4.2.1. **Pemonitoran Daerah Kerja**

4.2.1.1. Harus dilakukan pengukuran laju dosis dan laju fluens, dengan memperhatikan sifat dan kualitas radiasi yang bersangkutan.

4.2.1.2. Harus dilakukan pengukuran konsentrasi udara dan kontaminasi zat radioaktif pada permukaan persatuan luas, dengan memperhatikan sifat dan keadaan fisika serta kimia zat radioaktif tersebut.

4.2.2. **Pemonitoran Perorangan**

4.2.2.1. Untuk semua pekerja radiasi, pemonitoran perorangan yang perlu dilakukan terdiri dari pemonitoran penyinaran eksterna dan/atau interna. Untuk pekerja radiasi kategori A, penentuan dosis perorangan harus dilakukan secara khusus.

4.2.2.2. Penentuan dosis radiasi sebagai tersebut pada Nomor 4.2.2.1 di atas dapat berdasarkan pada pengukuran perorangan, atau dalam keadaan dimana hal ini tidak mungkin dilakukan atau tidak mencukupi, pada perkiraan yang berdasarkan dari hasil pengukuran

pada pekerja radiasi lainnya atau dari hasil pemantauan radiasi di daerah kerja (seperti yang disebutkan pada Nomor 4.2.1.).

4.2.2.3. Hasil pemantauan perorangan harus dilaporkan secara berkala sesuai dengan periode pemantauan kepada BAPETEN.

4.2.2.4. Apabila pekerja radiasi menerima dosis yang lebih besar daripada NBD, hasil pemantauan perorangan tersebut harus diserahkan oleh Petugas Proteksi Radiasi, kepada dokter instalasi yang bertanggung jawab menafsirkan pengaruhnya terhadap kesehatan manusia. Dalam keadaan darurat, hasil pemantauan ini harus diserahkan dengan segera.

### 4.2.3. **Pencatatan Dosis**

4.2.3.1. Keterangan berikut ini harus disimpan dalam arsip oleh Petugas Proteksi Radiasi untuk jangka waktu paling sedikit 30 tahun :

- a. hasil pemantauan radiasi daerah kerja yang digunakan untuk menentukan dosis perorangan;
- b. catatan dosis radiasi perorangan;
- c. dalam hal penyinaran akibat kecelakaan atau keadaan darurat, laporan mengenai keadaan kecelakaan tersebut dan tindakan yang diambil.

Untuk dokumen yang disebut pada (b) dan (c), jangka waktu 30 tahun dimulai sejak berhenti dari pekerjaan yang berkaitan dengan radiasi.

4.2.3.2. Hasil pencatatan dosis sebagaimana pada Nomor 4.2.3.1 huruf b dan c disampaikan kepada BAPETEN.

## 4.3. **Pengawasan Kesehatan**

### 4.3.1. **Umum**

4.3.1.1. Pengawasan kesehatan terhadap pekerja radiasi harus didasarkan pada prinsip-prinsip pemeriksaan kesehatan pada umumnya. Pengawasan kesehatan ini meliputi pemeriksaan kesehatan sebelum bekerja, pemeriksaan berkala selama masa kerja dan pemeriksaan kesehatan pada waktu pemutusan hubungan kerja. Yang dimaksudkan dengan pemeriksaan kesehatan ini adalah pemeriksaan khusus, disamping pemeriksaan umum yang disyaratkan untuk pengangkatan pegawai negeri atau tenaga kerja pada umumnya.

4.3.1.2. Tidak seorang pekerjapun dapat dipekerjakan sebagai pekerja radiasi, apabila hasil pemeriksaan kesehatannya tidak baik.

#### 4.3.2. **Pengawasan Kesehatan Pekerja Radiasi**

4.3.2.1 Pemeriksaan kesehatan pekerja radiasi harus dilakukan oleh dokter instalasi.

4.3.2.2. Pemeriksaan kesehatan sebagaimana tersebut pada Nomor 4.3.2.1. meliputi:

a. **Pemeriksaan kesehatan sebelum bekerja**

Pemeriksaan ini meliputi penyelidikan terhadap riwayat kesehatannya termasuk semua penyinaran terhadap radiasi pengion dari pekerjaan sebelumnya yang diketahui diterimanya atau dari pemeriksaan dengan pengobatan medik, dan juga penyelidikan secara klinik atau lainnya yang diperlukan untuk menentukan keadaan umum kesehatannya. Harus dilakukan juga pemeriksaan khusus pada organ yang dianggap peka terhadap radiasi dipandang dari jenis pekerjaan yang akan dilakukan oleh calon pekerja misalnya pemeriksaan haematologi, dermatologi, ophthalmologi, paru-paru, neurologi dan atau kandungan.

b. **Pemeriksaan kesehatan selama masa kerja**

Pemeriksaan kesehatan ini harus dilakukan secara rutin untuk menentukan keadaan kesehatan pekerja dalam menjalankan tugasnya. Pemeriksaan itu dilakukan sekurang-kurangnya sekali setahun atau lebih bergantung pada kondisi penyinaran yang diterima oleh pekerja atau apabila keadaan kesehatan pekerja memerlukannya.

Untuk pekerja radiasi kategori A dilakukan pemeriksaan khusus pada organ yang peka terhadap radiasi. Dokter instalasi mempunyai kewenangan untuk memperoleh informasi yang dibutuhkannya.

c. **Pemeriksaan kesehatan pada waktu pemutusan hubungan kerja.**

Setiap pekerja radiasi pada saat memutuskan hubungan kerja dengan instalasi nuklir atau instalasi yang memanfaatkan sumber radiasi diwajibkan menjalani pemeriksaan kesehatan secara teliti dan menyeluruh atas beban instalasi nuklir atau instalasi yang memanfaatkan sumber radiasi. Untuk pekerja radiasi kategori A harus dilakukan pemeriksaan pada organ yang dianggap peka terhadap radiasi. Dokter instalasi dapat menentukan perlunya pengawasan kesehatan setelah putusnya hubungan kerja untuk mengawasi kesehatan orang yang bersangkutan selama dianggap perlu, atas biaya Pengusaha Instalasi.

4.3.2.3. Hasil pemeriksaan kesehatan untuk pekerja radiasi harus dinyatakan sebagai :

- sehat dan memenuhi syarat;
  - sehat dan memenuhi syarat, dengan kondisi tertentu;
  - tidak sehat dan tidak memenuhi syarat;
- untuk bekerja sebagai pekerja radiasi dan atau untuk kondisi kerja khusus.

4.3.2.4. Pemeriksaan khusus harus diberikan apabila

- a. batas-batas dosis sebagaimana ditentukan pada Nomor 3.3.3. s/d 3.3.7. dilampaui dan diterima dalam waktu yang singkat. atau pemasukan zat radioaktif diperkirakan melebihi dua kali batas dosis tahunan;
- b. telah terjadi kontaminasi interna;  
Pemeriksaan radiotoksikologi harus dirancang untuk mengetahui sifat dan besarnya kontaminasi tersebut dengan cara pengukuran. Analisis secara langsung terhadap organ yang terkontaminasi harus segera dilakukan, sedangkan analisis tidak langsung dapat dilakukan terhadap ekskreta penderita (urine, faeces, hembusan nafas, dll)
- c. Pengusaha Instalasi harus menetapkan ketentuan tentang adanya pemeriksaan lebih lanjut, tindakan dekontaminasi atau tindakan pertolongan yang dipandang perlu oleh dokter instalasi.

4.3.2.5. **Kartu Kesehatan**

- 4.3.2.5.1. Setiap pekerja radiasi harus memiliki kartu kesehatan dan selalu dimutakhirkan sepanjang ia masih sebagai pekerja radiasi. Kartu tersebut harus disimpan dalam arsip untuk jangka waktu sekurang-kurangnya 30 tahun sejak berhenti bekerja dengan radiasi.
- 4.3.2.5.2. Kartu kesehatan harus memuat keterangan tentang sifat pekerjaan, hasil pemeriksaan kesehatan sebelum bekerja dan pemeriksaan kesehatan selama masa bekerja dan hasil pemeriksaan khusus seperti yang disebut pada Nomor 4.3.2.4.
- 4.3.2.5.3. Kartu kesehatan disimpan di lokasi instalasi di bawah pengawasan dokter yang ditunjuk untuk mengawasi kesehatan pekerja radiasi.

4.3.3 **Pelayanan Kesehatan Pada Kecelakaan**

- 4.3.3.1. Pelengkapan pertolongan pertama harus segera tersedia di daerah kerja. Pertolongan pertama harus didasarkan atas nasihat dokter atau ketentuan PPPK, sesuai dengan jenis dan tingkat kecelakaan yang diperkirakan, dan juga tergantung pada jenis kecelakaan radiasi yang terjadi. Isi perlengkapan pertolongan pertama tergantung pada jenis radiasi, jenis kontaminan yang mungkin masuk ke dalam organ tubuh dan jenis kontaminasi pada tubuh manusia.
- 4.3.3.2. Tindakan pertolongan pertama apapun yang dilakukan dan pemakaian perlengkapan pertolongan pertama yang digunakan sendiri oleh penderita harus dilaporkan kepada dokter yang menangani kasus ini.
- 4.3.3.3. Pengaturan penyerahan korban kecelakaan radiasi kepada penyelenggara pusat pelayanan Kesehatan (Rumah Sakit, Puskesmas, dll), sebelumnya harus sudah dibicarakan dan diketahui oleh semua pihak yang bersangkutan.
- 4.3.4. **Penyinaran radiasi terhadap pekerja akibat kecelakaan atau keadaan darurat**
  - 4.3.4.1. Besarnya dosis yang diterima akibat kecelakaan dan dalam keadaan darurat harus dimasukkan dalam kartu kesehatan sebagaimana disebutkan pada Nomor 4.3.2.5.2.
  - 4.3.4.2. Harus diusahakan agar dosis dan dosis terikat yang diterima akibat kecelakaan dan yang diterima dalam keadaan darurat dicatat terpisah pada catatan dosis sebagaimana ditentukan pada Nomor 4.2.3.
  - 4.3.4.3. Pemeriksaan seperti yang ditetapkan pada Nomor 4.3.2.2. harus juga dilaksanakan.
  - 4.3.4.4. Penanggulangan Keadaan Darurat harus dilaksanakan oleh pekerja yang bersedia secara sukarela, setelah diberi petunjuk dan mengetahui tentang risiko yang mungkin diterimanya.

## LAMPIRAN I

### FAKTOR KUALITAS, FAKTOR KONVERSI DAN METODA EVALUASI DOSIS

A. Hubungan antara faktor kualitas  $Q$  dengan alih energi linier  $L_{\sim}$

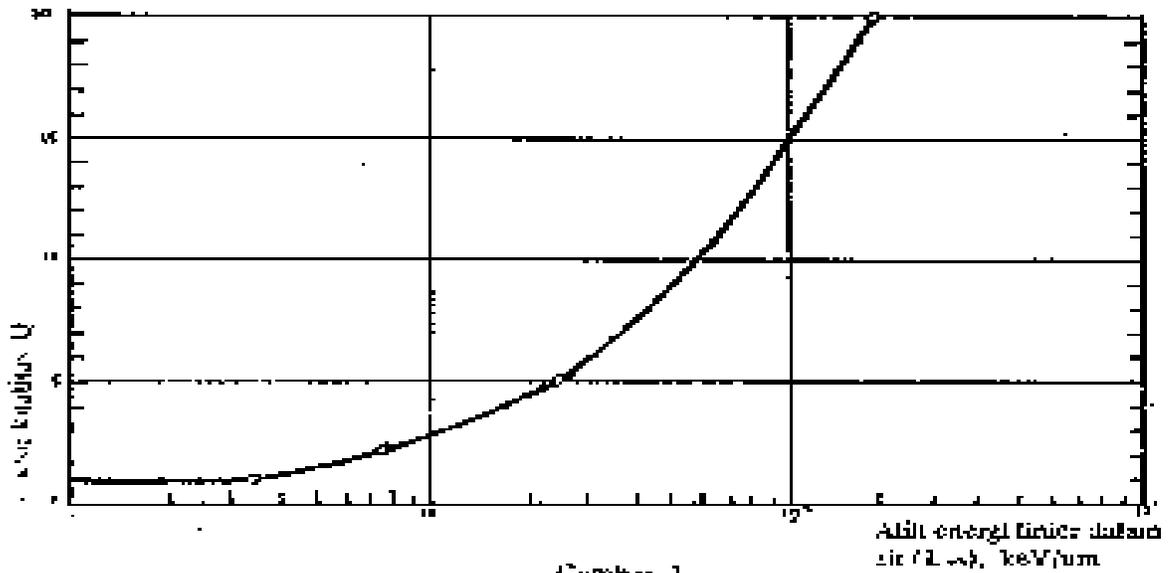
$L_{\sim}$ dalam air (keV/um)	$Q^{(1)}$
3,5 dan kurang	1
7	2
23	5
53	10
175 dan keatas	20

(1) Nilai sedang diperoleh dari kurva pada gambar 1.

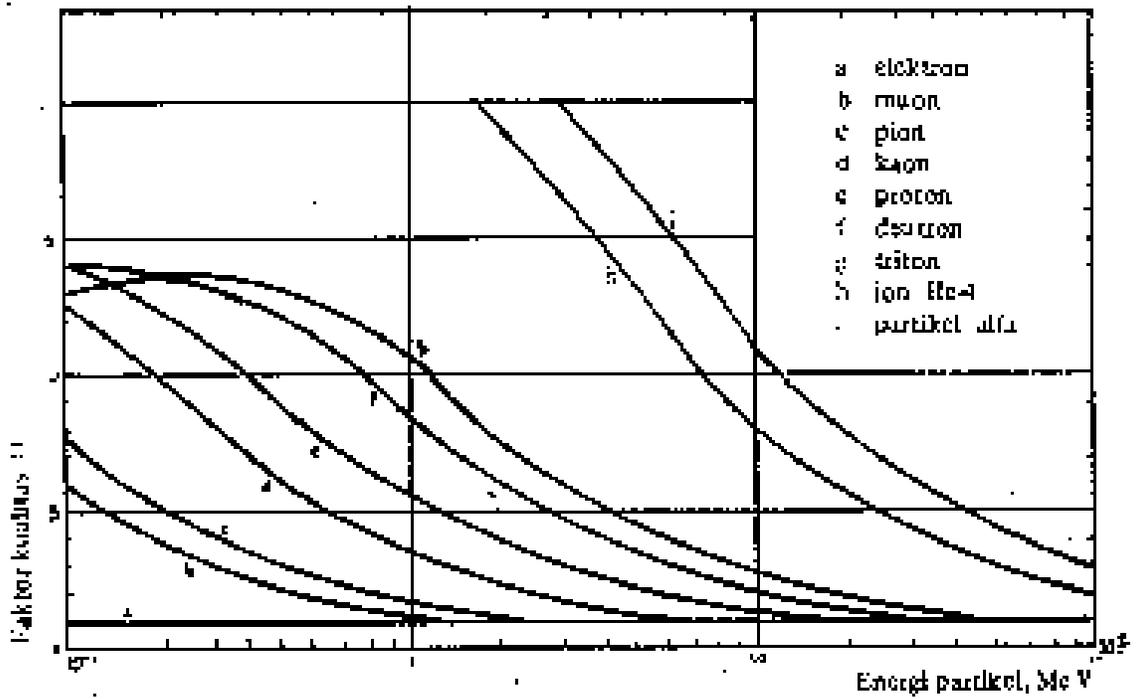
B. Nilai Faktor Kualitas Efektif  $\bar{Q}$

Nilai faktor kualitas efektif  $\bar{Q}$  bergantung pada kondisi penyinaran maupun pada jenis dan energi radiasi. Untuk penyinaran yang merata pada seluruh tubuh oleh penyinaran eksterna digunakan nilai-nilai berikut. Nilai yang sama biasanya cukup untuk kondisi penyinaran lainnya. Jika diperlukan nilai penyinaran lainnya, nilai tersebut dihitung dari nilai  $Q$  pada A diatas dan dari kurva pada gambar 2.

Radiasi	$\bar{Q}$
Sinar X, sinar Y, sinar B, elektron dan positron	1
neutron termal	5
neutron dengan energi yang tidak diketahui	10
neutron cepat dan proton	20
partikel alpha	20



Gambar 1  
Faktor kualitas sebagai fungsi dari abstr energi linier dalam air (L.ESA)



Gambar 2  
Faktor kualitas partikel bermuatan sebagai fungsi energi penyerapan elektron.

C. Faktor konversi (laju fluen(fluks) neutron,  $\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$  sesuai dengan laju dosis 1  $\text{uSv h}^{-1}$  dan 1  $\text{mrem h}^{-1}$ ) dan faktor kualitas efektif  $\bar{Q}$  sebagai fungsi energi neutron (1). (Faktor-faktor ini dapat juga digunakan untuk menghubungkan laju fluen (fluks) neutron dan laju indeks dosis).

Energi Neutron Mev	Faktor konversi <sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup>		Faktor kualitas efektif $\bar{Q}$ <sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup>
	$(\text{cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ per } (\text{u Sv h}^{-1}))$	$(\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}) \text{ per } (\text{mrem h}^{-1})$	
2,5.10 <sup>-8</sup> (thermal)	26	260	2,3
1.10 <sup>-7</sup>	24	240	2
1.10 <sup>-6</sup>	22	220	2
1.10 <sup>-5</sup>	23	230	2
1.10 <sup>-4</sup>	24	240	2
1.10 <sup>-3</sup>	27	270	2
1.10 <sup>-2</sup>	28	280	2
2.10 <sup>-2</sup>	17	170	3,3
5.10 <sup>-2</sup>	8,5	85	5,7
1.10 <sup>-1</sup>	4,8	48	7,4
5.10 <sup>-1</sup>	1,4	14	11
1.	0,85	8,5	10,6
2.	0,70	7,0	9,3
5.	0,68	6,8	7,8
10.	0,68	6,8	6,8
20.	0,65	6,5	6,0
50.	0,61	6,1	5,0
1.10 <sup>2</sup>	0,56	5,6	4,4
2.10 <sup>2</sup>	0,51	5,1	3,8
5.10 <sup>2</sup>	0,36	3,6	3,2
1.10 <sup>3</sup>	0,22	2,2	2,8
2.10 <sup>3</sup>	0,16	1,6	2,6
3.10 <sup>3</sup>	0,14	1,4	2,5

(1) Untuk berkas neutron energi tunggal searah pada kondisi normal.

(2) Pada titik dimana laju dosis adalah maksimum.

(3) Nilai sedang diperoleh dari kurva pada gambar 3 dan 4.

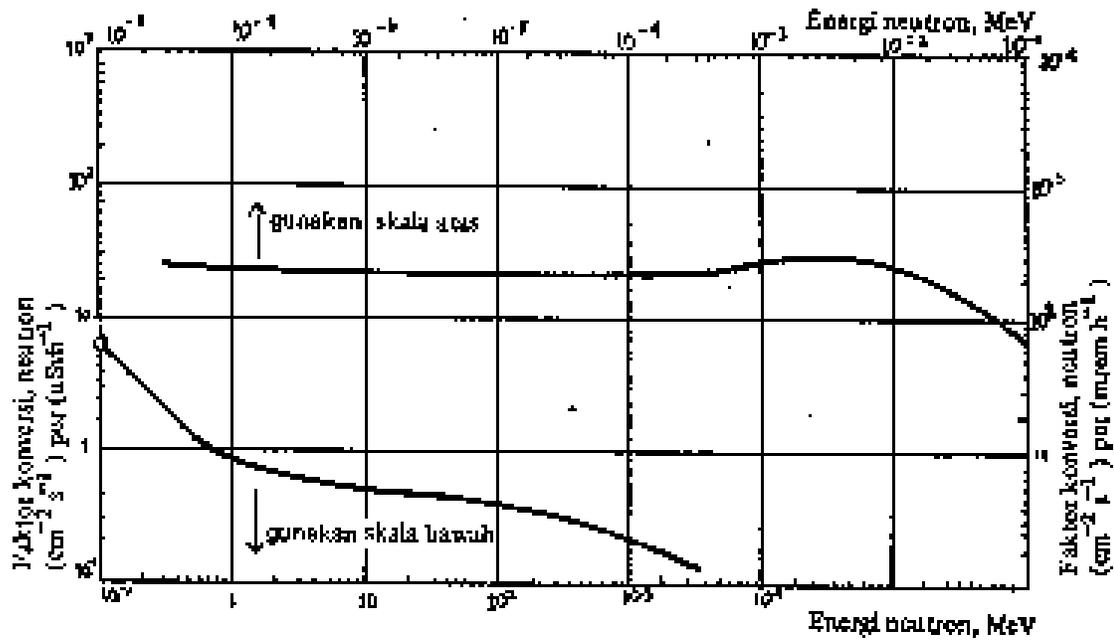
D. Faktor konversi (laju fluen (fluks) proton  $\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$  dengan dosis 1  $\text{uSv h}^{-1}$  dan 1  $\text{mrem h}^{-1}$  dan faktor kualitas efektif  $\bar{Q}$  sebagai fungsi dari energi proton <sup>(1)</sup>. (Faktor-faktor ini dapat juga digunakan untuk menghubungkan laju fluen (fluks) proton dan laju indeks dosis).

Energi Proton MeV	Faktor konversi <sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup>		Faktor kualitas Efektif $\bar{Q}$ <sup>(2)</sup>
	$(\text{cm}^{-2} \text{S}^{-1} \text{ per } (\text{u Sv h}^{-1}))$	$(\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}) \text{ per } (\text{mrem h}^{-1})$	
2 sampai 60	0,040	0,40	1,4
$1 \cdot 10^2$	0,041	0,41	1,4
$1,5 \cdot 10^2$	0,042	0,42	1,4
$2 \cdot 10^2$	0,043	0,43	1,4
$2,5 \cdot 10^2$	0,21	2,1	1,4
$3 \cdot 10^2$	0,24	2,4	1,5
$4 \cdot 10^2$	0,25	2,5	1,6
$6 \cdot 10^2$	0,24	2,4	1,7
$8 \cdot 10^2$	0,22	2,2	1,8
$1 \cdot 10^3$	0,20	2,0	1,9
$1,5 \cdot 10^3$	0,16	1,6	2,0
$2 \cdot 10^3$	0,14	1,4	2,1
$3 \cdot 10^3$	0,11	1,1	2,2

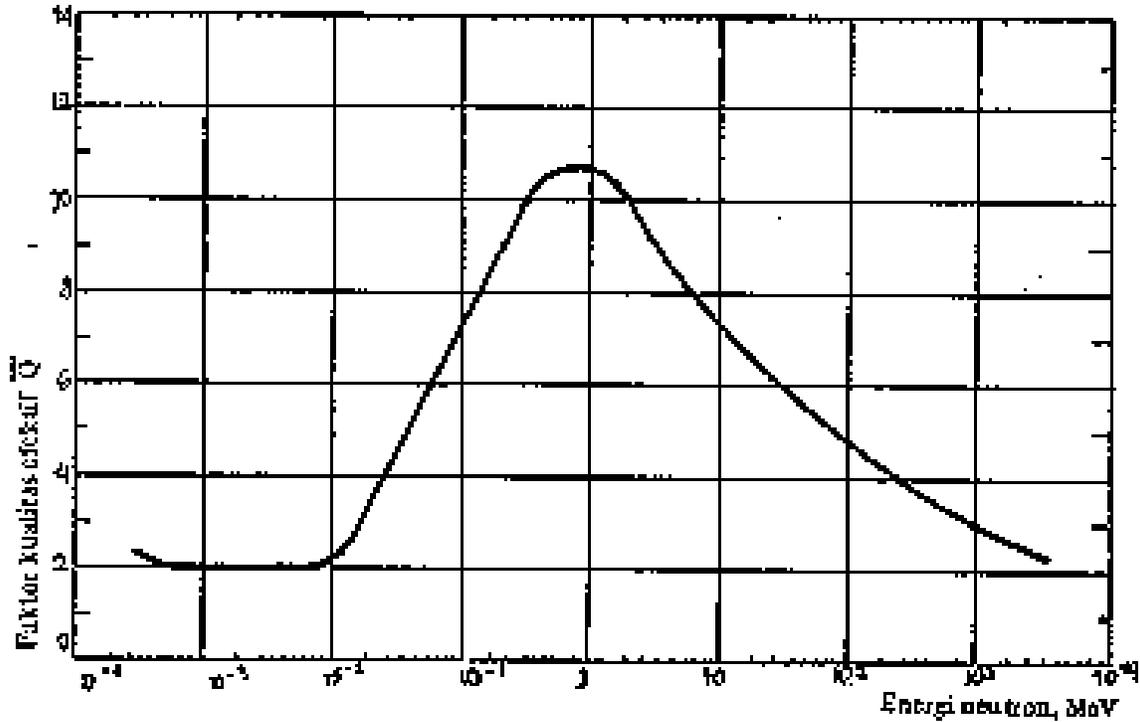
(1) Untuk berkas proton energi tunggal searah pada kondisi normal.

(2) Pada titik dimana laju dosis adalah maksimum

(3) Nilai sedang diperoleh dari kurva pada gambar 5.



Gambar 3  
Faktor konversi laju fluens neutron terhadap laju dosis ekuvalen.



Gambar 4  
Faktor kualitas efektif neutron

E. Metoda evaluasi dosis efektif

Dosis efektif sama dengan

$$\sum_T W_T H_T$$

$H_T$  adalah dosis rata-rata pada organ atau jaringan T

$W_T$  adalah faktor bobot untuk organ atau jaringan T.

Nilai faktor bobot adalah sebagai berikut :

Gonad	0,25
Dada	0,15
Sumsum tulang merah	0,12
Paru-paru	0,12
Kelenjar Gondok	0,03

Tulang (permukaan)	0,03
Lainnya <sup>(1)</sup>	0,30

F. NBD yang ditetapkan pada nomer 3.3.3. s/d 3.3.6, 3.5.1.1. dan 3.5.1.2. dapat dianggap dipatuhi apabila indeks dosis dalam tidak melebihi NBD untuk penyinaran seluruh tubuh dan apabila indeks dosis permukaan tidak melebihi NBD untuk kulit.

G. Dalam hal kombinasi dalam penyinaran eksterna dan interna, NBD yang ditetapkan pada nomer 3.3.3. s/d 3.3.6, 3.5.1.1. dan 3.5.1.2. dapat dianggap dipatuhi apabila kedua kondisi berikut ini dipenuhi :

$$(a). \frac{H_{I,d}}{H_L} + \sum_j \frac{I_j}{I_{j,L}} \leq 1$$

$H_{I,d}$  adalah indeks dosis dalam tahunan

$H_L$  adalah NBD tahunan untuk seluruh tubuh

$I_j$  adalah jumlah radionuklida J yang masuk dalam setahun.

$I_{j,L}$  adalah BMT dari radionuklida J.

(b). NBD yang ditetapkan pada Nomer 3.3.6. dan 3.5.1.2. adalah untuk lensa mata, kulit, tangan, lengan, kaki dan tungkai.

## LAMPIRAN II

### BATAS MASUKAN DAN NILAI BATAS TURUNAN UNTUK KADAR RADIOAKTIVITAS UDARA

- Batas masukan tahunan dan nilai batas kadar radioaktivitas di udara melalui pernafasan bagi pekerja radiasi dan batas masukan tahunan bagi masyarakat umum melalui pernafasan dan makanan.**

<sup>(1)</sup> dalam memperkirakan kontribusi dari lainnya ini, dosis rata-rata dievaluasi untuk masing-masing dari kelima organ atau jaringan dari “lainnya” itu yang terkena penyinaran paling tinggi. (tidak termasuk lensa mata, kulit dan tangan, lengan, kaki dan tungkai). Faktor bobot 0,06 digunakan untuk masing-masing dari organ atau jaringan. Penyinaran terhadap semua organ lainnya dapat diabaikan.

Nilai-nilai yang terdapat dalam tabel 1a dan 1b sesuai dengan nilai NBD yang terdapat pada Nomer 3.3.3. s/d 3.3.6., 3.5.1.1. dan 3.5.1.2. untuk pekerja radiasi dan anggota masyarakat umum.

Nilai-nilai yang terdapat dalam tabel 1 dan 2 hanya berlaku untuk orang dewasa. Untuk anak kecil harus diperhitungkan karakteristik anatomik dan fisiologi sebagai faktor koreksi.

## 2. Radionuklida campuran

- (a) Jika komposisi radionuklida campuran tidak diketahui, tetapi radionuklida tertentu diketahui jelas tidak ada, digunakan batas dosis terendah untuk radionuklida yang mungkin ada;
- (b) Jika komposisi radionuklida campuran tidak diketahui secara pasti tetapi jenis radionuklida yang terdapat di dalamnya diketahui, digunakan batas dosis terendah radionuklida yang ada;
- (c) Jika kadar dan toksisitas salah satu radionuklida dalam campuran lebih dominan dari pada yang lain digunakan batas masukan tahunan radionuklida yang lebih dominan tersebut.
- (d) Jika campuran radionuklida diketahui diketahui komposisinya, maka dapat digunakan salah satu rumus dibawah ini :

$$\sum_j \frac{I_j}{I_{j,L}} \leq 1$$

atau

$$\sum_j \frac{C_j}{C_{j,L}} \leq 1$$

$I_j$  pemasukan tahunan radionuklida j

$I_{j,L}$  batas masukan tahunan radionuklida j

$C_j$  kadar rata-rata tahunan di udara radionuklida j

$C_{j,L}$  nilai batas turunan kadar radioaktivitas di udara radionuklida j

## LAMPIRAN III

### TANDA RADIASI

1. Tanda radiasi yang menunjukkan adanya bahaya atau potensi bahaya radiasi/kontaminasi haruslah seperti berikut :
  - bentuk seperti gambar terlampir (Gambar 1, menyerupai baling-baling tiga daun) berwarna merah pada petak dasar berwarna kuning.
  - perbandingan jari-jari kelengkungan 1: 1,5 :5
  - tulisan berwarna merah dengan huruf cetak, pada dasar kuning di bawah tanda gambar.
2. Tanda batas daerah radiasi/kontaminasi dapat merupakan dinding pemisah dengan tanda gambar pada pintu-pintunya, atau dapat merupakan penghalang (tali, rantai) dengan diberi tanda gambar seperti yang tersebut pada gambar 1.
3. Tanda gambar untuk daerah radiasi/kontaminasi perlu dibubuhi tulisan tentang jenis bahaya dan tingkatnya sesuai dengan kategori yaitu :
  - a. DAERAH RADIASI TINGGI  
DAERAH RADIASI SEDANG  
DAERAH RADIASI RENDAH atau  
DAERAH RADIASI SANGAT RENDAH
  - b. DAERAH KONTAMINASI TINGGI  
DAERAH KONTAMINASI SEDANG  
DAERAH KONTAMINASI RENDAH
4. Zat radioaktif yang sedang disimpan harus diberi tanda gambar pada bungkusan atau pelindungnya sesuai dengan nomor 1, dengan dibubuhi tulisan : ZAT RADIOAKTIF, nama isotop, aktivitas, tingkat radiasi permukaan, catatan dan nama pemeriksa yang bertanggung jawab.
5. Pada wadah atau pelindung limbah radioaktif harus diberi tanda radiasi sesuai dengan ketentuan pada nomor 1 dengan dibubuhi tulisan : LIMBAH RADIOAKTIF, nama isotop, aktivitas, tingkat radiasi permukaan, catatan dan nama pemeriksa yang bertanggung jawab.
6. Kalau pekerjaan dengan zat radioaktif dan/atau sumber radiasi lainnya dilakukan di tempat umum, maka kecuali tanda gambar dan tulisan yang dimaksudkan pada nomor 1 dapat ditambahkan tanda atau tulisan yang lainnya misalnya gambar tengkorak, tulisan : HATI-HATI, BAHAYA, JANGAN MENDEKAT dan sebagainya, sesuai dengan kebutuhan, dengan warna merah dan kuning.



93 242m	94 243	94 240	94 242	94 243	94 244	94 245	95 246
<b>Am</b>	<b>Am</b>	<b>Cm</b>	<b>Cm</b>	<b>Cm</b>	<b>Cm</b>	<b>Cm</b>	<b>Cm</b>
95 247	95 248	96 248	96 249	96 250	96 251	96 252	96 254
<b>Cm</b>	<b>Cm</b>	<b>Cf</b>	<b>Cf</b>	<b>Cf</b>	<b>Cf</b>	<b>Cf</b>	<b>Cf</b>
96 254	96 255	98	98	98	98	98	98
<b>Es</b>	<b>Es</b>						
99	99						

(b) Radiotoksistas tinggi (golongan 2)

22	36	45	46	60	90	91	93
<b>Na</b>	<b>Cl</b>	<b>Ca</b>	<b>Sc</b>	<b>Co</b>	<b>Sr</b>	<b>Y</b>	<b>Zr</b>
11	17	20	21	27	38	39	40
94	106	110m	115m	114m	124	125	124
<b>Nb</b>	<b>Ru</b>	<b>Ag</b>	<b>Cd</b>	<b>In</b>	<b>Sb</b>	<b>Sb</b>	<b>I</b>
41	44	47	48	49	51	51	53
125	126	131	134	140	144	152	
<b>I</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>Cs</b>	<b>Ba</b>	<b>Ce</b>	<b>Eu(13a)</b>	
53	53	53	55	56	58	63	
154	160	170	181	182	192	204	212
<b>Eu</b>	<b>Tb</b>	<b>Tm</b>	<b>Hf</b>	<b>Ta</b>	<b>Ir</b>	<b>Tl</b>	<b>Pb</b>
63	165	69	72	73	77	81	82
207	210	211	224	228	232		
<b>Bi</b>	<b>Bi</b>	<b>At</b>	<b>Ra</b>	<b>Ac</b>	<b>Th</b>	<b>Th alam(*)</b>	
83	83	85	88	89	90	90	
230	236	244	242	241	249	246	253
<b>Pa</b>	<b>U</b>	<b>Pu</b>	<b>Am</b>	<b>Cm</b>	<b>Bk</b>	<b>Cf</b>	<b>Cf</b>
91	92	94	95	96	97	98	98
253	254m	255	256				
<b>Es</b>	<b>Es</b>	<b>Fm</b>	<b>Fmc</b>				
99	99	100	100				

(c) Radiotoksistas sedang (golongan 3)

7	14	18	24	31	32	33	35
<b>Be</b>	<b>C</b>	<b>F</b>	<b>Na</b>	<b>Si</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>S</b>
4	6	9	11	14	15	15	16
38	41	42	43	47	47	48	48
<b>Cl</b>	<b>Ar</b>	<b>K</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Sc</b>	<b>Sc</b>	<b>V</b>
17	18	19	19	20	21	21	23

51	52	54	52	55	59	55	56
<b>Cr</b>	<b>Mn</b>	<b>Mn</b>	<b>Fe</b>	<b>Fe</b>	<b>Fe</b>	<b>Co</b>	<b>Co</b>
24	25	25	26	26	26	27	27
57	58	63	65	64	65	69m	72
<b>Co</b>	<b>Co</b>	<b>Ni</b>	<b>Ni</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>Zn</b>	<b>Ga</b>
27	27	28	28	29	30	30	31
73	74	76	77	75	82	74	77
<b>As</b>	<b>As</b>	<b>As</b>	<b>As</b>	<b>Seo</b>	<b>Br</b>	<b>Kr</b>	<b>Kr</b>
33	33	33	33	34	35	36	36
87	88	86	83	85	89	91	92
<b>Kr</b>	<b>Kr</b>	<b>Rb</b>	<b>Sr</b>	<b>Sr</b>	<b>Sr</b>	<b>Sr</b>	<b>Sr</b>
36	36	37	38	38	38	38	38
90	92	93	86	88	89	95	97
<b>Y</b>	<b>Y</b>	<b>Y</b>	<b>Zr</b>	<b>Zr</b>	<b>Zr</b>	<b>Zr</b>	<b>Zr</b>
39	39	39	40	40	40	40	40
90	93m	95	95m	96	90	93	99
<b>Nb</b>	<b>Nb</b>	<b>Nb</b>	<b>Nb</b>	<b>Nb</b>	<b>Mo</b>	<b>Mo</b>	<b>Mo</b>
41	41	41	41	42	42	42	42
96	97m	97	99	97	103	105	105
<b>Tc</b>	<b>Tc</b>	<b>Tc</b>	<b>Tc</b>	<b>Ru</b>	<b>Ru</b>	<b>Ru</b>	<b>Rh</b>
43	43	43	43	44	44	44	45
103	109	105	111	109	115	115m	113
<b>Pd</b>	<b>Pd</b>	<b>Ag</b>	<b>Ag</b>	<b>Cd</b>	<b>Cd</b>	<b>In</b>	<b>Sn</b>
46	46	47	47	48	48	49	50
125	122	121	121m	123m	125m	127m	129m5
<b>Sn</b>	<b>Sb</b>	<b>Te</b>	<b>Te</b>	<b>Te</b>	<b>Te</b>	<b>Te</b>	<b>Te</b>
50	51	52	52	52	52	52	52
131	131m	132m	133m	134	120	123	130
<b>Te</b>	<b>Te</b>	<b>Te</b>	<b>Te</b>	<b>Te</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>I</b>
52	52	52	52	52	53	53	53
132	132m	133	135	135	132	136	137
<b>I</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>Xe</b>	<b>Cs</b>	<b>Cs</b>	<b>Cs</b>
53	53	53	53	54	55	55	55
131	140	134	135	137m	139	141	143
<b>Ba</b>	<b>La</b>	<b>Ce</b>	<b>Ce</b>	<b>Ce</b>	<b>Ce</b>	<b>Ce</b>	<b>Ce</b>
56	57	58	58	58	58	58	58
142	143	147	149	147	149	151	153
<b>Pr</b>	<b>Pr</b>	<b>Nd</b>	<b>Nd</b>	<b>Pm</b>	<b>Pm</b>	<b>Sm</b>	<b>Sm</b>
59	59	60	60	61	61	62	62
152m	155	153	159	165	166	166	
	<b>Eu</b>	<b>Gd</b>	<b>Gd</b>	<b>Dy</b>	<b>Dy</b>	<b>Ho</b>	

<b>Eu</b> (9jam)	63	64	64	66	66	66	
56							
169	171	171	175	177	181	185	187
<b>Er</b>	<b>Er</b>	<b>Tm</b>	<b>Yb</b>	<b>Lu</b>	<b>W</b>	<b>W</b>	<b>W</b>
68	68	69	70	71	74	74	74
183	186	188	185	193	194	190	194
<b>Re</b>	<b>Re</b>	<b>Re</b>	<b>Os</b>	<b>Os</b>	<b>Os</b>	<b>Ir</b>	<b>Ir</b>
75	75	75	76	76	76	77	77
191	193	197	196	198	199	197	197
<b>Pt</b>	<b>Pt</b>	<b>Pt</b>	<b>Au</b>	<b>Au</b>	<b>Os</b>	<b>Hg</b>	<b>Hg</b>
78	78	78	79	79	79	80	80
203	200	201	202	203	206	212	220
<b>Hg</b>	<b>Tl</b>	<b>Tl</b>	<b>Tl</b>	<b>Pb</b>	<b>Bi</b>	<b>Bi</b>	<b>Rn</b>
80	81	81	81	82	83	83	86
222	226	231	234	233	231	237	240
<b>Rn</b>	<b>Th</b>	<b>Th</b>	<b>Th</b>	<b>Pa</b>	<b>U</b>	<b>U</b>	<b>U</b>
86	90	90	90	91	92	92	92
240	240	239	234	237	245	238	240
<b>U+</b>	<b>Np</b>	<b>Np</b>	<b>Pu</b>	<b>Pu</b>	<b>Pu</b>	<b>Am</b>	<b>Am</b>
92	93	93	94	94	94	95	95
244m	244	238	250	244	154		
<b>Am</b>	<b>Am</b>	<b>Cm</b>	<b>Bk</b>	<b>Cf</b>	<b>Fm</b>		
95	95	96	98	98	100		

(c) Radiotoksistas rendah (golongan 4)

3	15	37	51	52m	53	56	58m
<b>H</b>	<b>O</b>	<b>Ar</b>	<b>Mn</b>	<b>Mn</b>	<b>Mn</b>	<b>Mn</b>	<b>Co</b>
1	8	18	25	25	25	25	27
60m	61	62m	59	69	71	76	79
<b>Co</b>	<b>Co</b>	<b>Co</b>	<b>Ni</b>	<b>Zn</b>	<b>Ge</b>	<b>Kr</b>	<b>Kr</b>
27	27	27	28	30	32	36	36
81	83m	85m	85	80	81	85m	87m
<b>Kr</b>	<b>Kr</b>	<b>Kr</b>	<b>Kr</b>	<b>Sr</b>	<b>Sr</b>	<b>Sr</b>	<b>Sr</b>
36	36	36	36	38	38	38	38
93m	88	89(66m)	89(122m)	97	98		
<b>Y</b>	<b>Nb</b>	<b>Nb</b>	<b>Nb</b>	<b>Nb</b>	<b>Nb</b>		
39	41	41	41	41	41		
93m	104	96m	99m	103m	113m	116	123
<b>Mo</b>	<b>Mo</b>	<b>Tc</b>	<b>Tc</b>	<b>Rh</b>	<b>In</b>	<b>Te</b>	<b>Te</b>
42	42	43	43	45	49	52	52
127	129	133	120m	121	128	129	134

<b>Te</b>	<b>Te</b>	<b>Te</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>I</b>
52	52	52	53	53	53	53	53
131m	133	125	127	129	130	131	134m
<b>Xe</b>	<b>Xe</b>	<b>Cs</b>	<b>Cs</b>	<b>Cs</b>	<b>Cs</b>	<b>Cs</b>	<b>Cs</b>
54	54	55	55	55	55	55	55
135	135m	138	137	191m	193m	197m	203
<b>Cs</b>	<b>Cs</b>	<b>Cs</b>	<b>Ce</b>	<b>Os</b>	<b>Pt</b>	<b>Pt</b>	<b>Po</b>
55	55	55	58	76	78	78	84
205	207	227	235	238	237		
<b>Po</b>	<b>Po</b>	<b>Ra</b>	<b>U</b>	<b>U</b>	<b>U</b>	<b>U alam(**)</b>	
84	84	88	92	92	92	92	
235	243	237	239	245	246m	246	249
<b>Pu</b>	<b>Pu</b>	<b>Am</b>	<b>Am</b>	<b>Am</b>	<b>Am</b>	<b>Am</b>	<b>Cm</b>
94	94	95	95	95	95	95	96

3. Tempat kerja/laboratorium pada nomor 1 diatas, harus memenuhi persyaratan berikut :
- Bangunan didirikan di tempat yang bebas dari bahaya banjir dengan konstruksi tahan api dan tidak lonsor.
  - Di dalam laboratorium tipe A dan tipe B pekerjaan dengan zat radioaktif dilakukan di tempat khusus. Untuk laboraorium tipe C ketentuan ini dianjurkan.
  - Pembagian daerah harus direncanakan sehingga tingkat aktivitas dan jenis radiasi yang berbeda dapat dipisahkan.
  - Daerah kerja dengan zat radioaktif harus diberi tanda.
  - Lantai dinding dan permukaan tempat kerja dibuat sedemikian sehingga mudah dibersihkan.
  - Untuk laboratorium tipe C, lantai harus licin dan kuat, tahan serap dan mudah diganti (dilapisi) dengan polivinil khlorida atau linolium). Tempat kerja harus kuat dibebani penahan radiasi yang berat, mempunyai permukaan yang tahan serap, tahan asam dan basa.
  - Untuk laboratorium tipe B, selain memakai ketentuan tipe B pada nomor g, tempat kerja tipe A harus direncanakan lebih sempurna dan dilengkapi dengan kotak bersarung tangan atau sistem tertutup sempurna lainnya.
  - Untuk laboratorium tipe A, selain memakai ketentuan tipe B pada nomor g, tempat kerja tipe A harus direncanakan lebih sempurna dan dilengkapi dengan kotak bersarung tangan atau sistem dan dilengkapi dengan kotak bersarung tangan atau sistem tertutup sempurna lainnya.
  - Setiap tempat kerja dengan zat radioaktif dalam laboratorium tipe A, B, C harus dilengkapi dengan bak cuci yang memenuhi syarat sebagai berikut :

- 1) Permukaan halus, licin, tahan asam dan basa, tahan serap dan tidak berpori, dan tidak mudah pecah.
  - 2) Untuk daerah pengendalian, dihubungkan langsung dengan pipa pembuangan utama, terpisah dari saluran pembuangan pada daerah pengawasan.
  - 3) Konstruksi kran dapat dibuka dan ditutup dengan kaki, lutut dan siku.
- j. Laboratorium dilengkapi dengan perabot yang mudah dicuci. Perabot dan barang-barang yang memungkinkan penimbunan debu seperti laci, rak dan lampu gantung harus dibatasi jumlahnya.
- k. Tempat, ruang dan daerah kerja harus mempunyai penerangan yang cukup.
- l. Ventilasi harus direncanakan sebaik-baiknya bersama-sama dengan konstruksi gedung.
- m. Udara harus mengalir dari daerah pengawasan ke daerah pengendalian, dari daerah radiasi rendah ke daerah radiasi yang lebih tinggi, dan akhirnya dibuang ke luar setelah melalui sistem penyaringan.
- n. Penempatan lubang udara masuk atau keluar harus ada, sedemikian rupa sehingga kemungkinan perputaran kembali udara yang harus dibuang dapat dicegah.
- o. Lemari asap harus memenuhi syarat :
- 1) Dapat membuang udara tanpa menimbulkan olakan udara;
  - 2) Kecepatan aliran udara dalam lemari asap harus dapat diatur, sehingga dalam segala keadaan udara tidak dapat keluar dari lemari asap ke tempat kerja;
  - 3) Aliran gas, air dan knop listrik dapat diatur dari bagian luar lemari.
  - 4) Bagian dalam lemari asap dan saluran udara ke luar harus mudah dibersihkan.

**DAFTAR UNSUR-UNSUR MENURUT URUTAN NOMOR ATOM**

Nomor Atom	Nama	Nomor Atom	Nama		
H	1	Hidrogen	Rh	45	Rodium
He	2	Helium	Pd	46	Paladium
Li	3	Litium	Ag	47	Perak
Be	4	Berilium	Cd	48	Kadmium
B	5	Boron	In	49	Indium
C	6	Karbon	Sn	50	Timah
N	7	Nitrogen	Sb	51	Antimonium
O	8	Oksigen	Te	52	Telurium
F	9	Fluor	I	53	Yodium
Ne	10	Neon	Xe	54	Senon
Na	11	Natrium	Cs	55	Sesium
Mg	12	Magnesium	Ba	56	Barium
Al	13	Aluminium	La	57	Lantanium
Si	14	Silikon	Ce	58	Serium
P	15	Fosfor	Pr	59	Praseodimium
S	16	Belerang	Nd	60	Neodimium
Cl	17	Klor	Pm	61	Prometium
Ar	18	Argon	Sm	62	Samarium
K	19	Kalium	Eu	63	Europium
Ca	20	Kalsium	Gd	64	Gadolinium
Sc	21	Skandium	Tb	65	Terbium
Ti	22	Titanium	Dy	66	Disprosium
V	23	Vanadium	Ho	67	Holmium
Cr	24	Krom	Er	68	Erbium
Mn	25	Mangan	Tm	69	Tulium
Fe	26	Besi	Yb	70	Iterbium
Co	27	Kobal	Lu	71	Lutesium
Ni	28	Nikel	Hf	72	Hafnium
Cu	29	Tembaga	Ta	73	Tantalum
Zn	30	Seng	W	74	Wolfram
Ga	31	Galium	Re	75	Renium
Ge	32	Germanium	Os	76	Osmium
As	33	Arsen	Ir	77	Iridium
Se	34	Selenium	Pt	78	Platina
Br	35	Brom	Au	79	Emas
Kr	36	Kripton	Hg	80	Air Raksa
Rb	37	Rubidium	Tl	81	Talium
Sr	38	Stronsium	Pb	82	Timbal
Y	39	Itrium	Bi	83	Bismut
Zr	40	Zirkonium	Po	84	Polonium
Nb	41	Neobium	At	85	Astatin
Mo	42	Molibdenum	Rn	86	Radon
Tc	43	Teksinium	Fr	87	Fransium
Ru	44	Rutenium	Ra	88	Radium

	Nomor Atom	Nama
Ac	89	Aktinium
Th	90	Torium
Pa	91	Protaktinium
U	92	Uranium
Np	93	Neptunium
Pu	94	Plutonium
Am	95	Amerisium

	Nomor Atom	Nama
Cm	96	Kurium
Bk	97	Berkelium
Cf	98	Kalifornium
Es	99	Eisntenium
Fm	100	Fermium
Md	101	Medelivium
No	102	Nobelium

Ditetapkan di : J a k a r t a  
 Pada tanggal : 5 Mei 1999

Kepala,

DR. Mohammad Ridwan, M.Sc., APU