



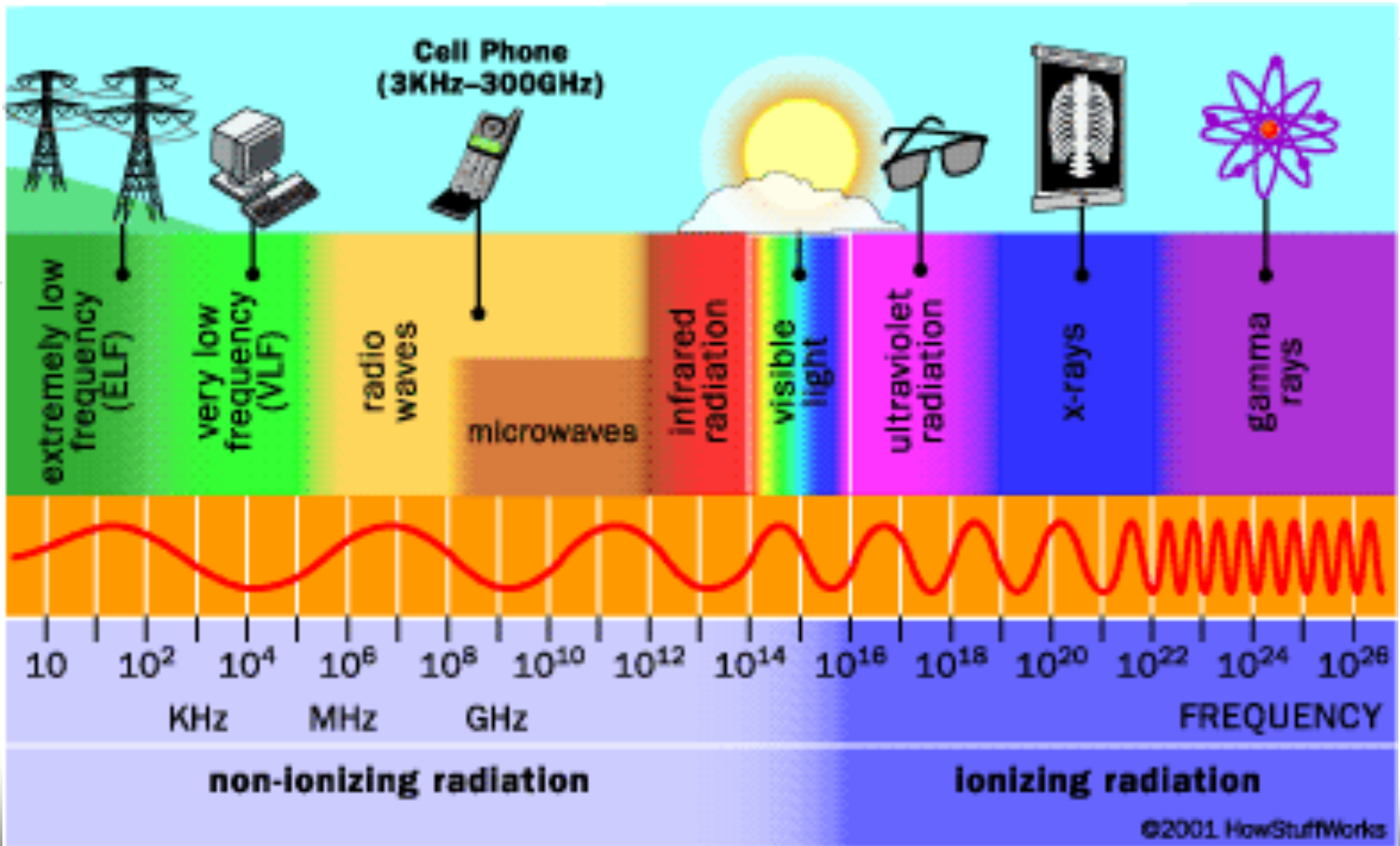
www.esaunggul.ac.id

**PENGUKURAN RADIASI MENGION & NON
MENGION
PERTEMUAN KE 6
MIRTA DWI RAHMAH, S.KM,. M.KKK.
PROGRAM STUDI KESEHATAN MASYARAKAT**

KEMAMPUAN AKHIR YANG DIHARAPKAN

- Mahasiswa mampu memahami pengukuran radiasi pengion
- Mahasiswa mampu memahami pengukuran radiasi non pengion

EFEK RADIASI HOAX ATAU NYATA???



DEFINISI RADIASI

- **Radiasi** → energi yang dipancarkan dalam bentuk gelombang atau partikel
- **Radiasi** → suatu cara perambatan energi dari sumber energi ke lingkungan tanpa membutuhkan medium

SUMBER RADIASI

- 1 **Radiasi alam:** sumber radiasi kosmik, sumber radiasi terestrial (primordial), sumber radiasi dari dalam tubuh manusia
- 2 **Radiasi buatan** (artifisial): radionuklida buatan, pesawat sinar X, reaktor nuklir, akselerator

JENIS RADIASI

Ditinjau dari massanya:

- 1 **Radiasi elektromagnetik** → radiasi yang tidak memiliki massa, misalnya gelombang radio, gelombang mikro, infra merah, cahaya tampak, sinar X, sinar gamma, sinar kosmik
- 2 **Radiasi partikel** → radiasi berupa partikel yang memiliki massa, misalnya partikel alfa, beta dan neutron

JENIS RADIASI

Ditinjau dari ionisasi:

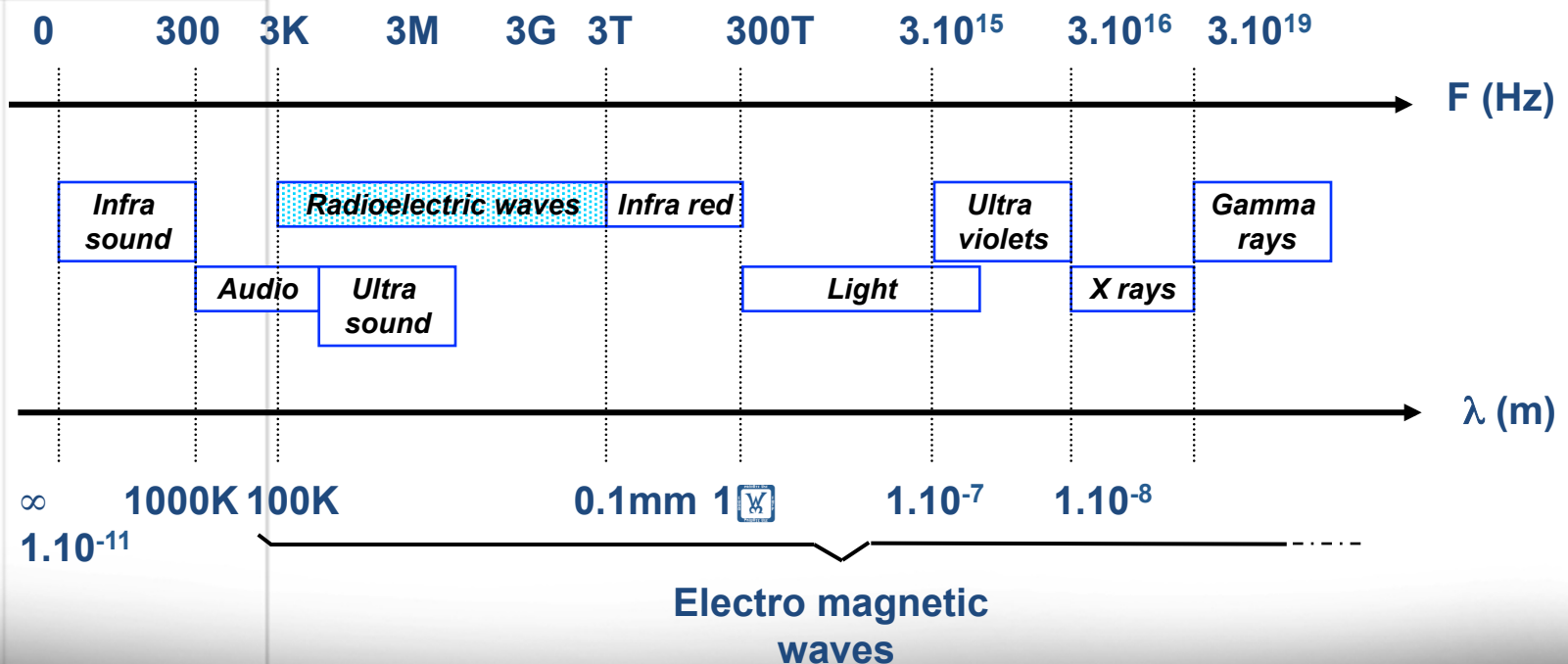
- 1 **Radiasi pengion** → radiasi yang apabila menumbuk atau menabrak sesuatu, akan muncul partikel bermuatan listrik (ion) yaitu sinar X, sinar gamma, sinar kosmik, partikel beta, alfa dan neutron
- 2 **Radiasi non-pengion** → radiasi dengan energi yang cukup untuk mengeluarkan elektron, tetapi tidak cukup kuat untuk membangkitkan ion yaitu gelombang radio, gelombang mikro, inframerah, cahaya tampak, ultraviolet

IONISASI

- Perbedaan utama antara radiasi pengion dan non-pengion adalah **jumlah energi yang dibawa radiasi**.
- Radiasi pengion membawa energi lebih banyak daripada radiasi non-pengion. Radiasi pengion memiliki energi tinggi sehingga ketika melakukan perjalanan melalui materi, ia mengetuk elektron terlepas dari atom. Proses terjadinya ion ini disebut **ionisasi**.
- Setiap atom dapat dibagi menjadi partikel bermuatan negatif yang disebut **elektron** dan partikel bermuatan positif yang disebut **ion**.

SPEKTRUM FREKUENSI

Bila dilihat dari sudut pandang efek biologis, radiasi elektromagnetik umumnya dianggap sebagai radiasi pengion jika mempunyai panjang gelombang lebih kecil dari 100 Angstrom yang setara dengan energi yang lebih besar dari 124 eV



EFEK IONISASI

- Ion kemudian akan menimbulkan efek atau pengaruh pada bahan termasuk benda hidup.
- Meskipun tidak memiliki massa dan muatan listrik, sinar X, sinar gamma dan sinar kosmik juga termasuk dalam radiasi pengion karena dapat menimbulkan ionisasi secara tidak langsung
- Ion yang terbentuk dalam proses ionisasi menjadi lebih reaktif dan dengan mudah dapat bereaksi atau mengoksidasi atom lain dalam suatu sel jaringan yang menyebabkan sel menjadi rusak.

RADIASI PENGION

→ Transfer energi dalam bentuk partikel (seperti partikel alfa dan beta) atau gelombang elektromagnetik (seperti sinar-X dan sinar gamma) dengan panjang gelombang 100 nanometer atau kurang atau frekuensi 3×10^{15} Hertz atau lebih mampu menghasilkan ion secara langsung atau tidak langsung.

RADIASI PENGION DI TEMPAT KERJA

- Dapat terjadi secara **alami** misalnya dari peluruhan radioaktif zat radioaktif alami seperti gas radon dan produk peluruhannya
- Atau dihasilkan secara **buatan** (artifisial) misalnya zat radioaktif buatan manusia atau pengoperasian peralatan listrik tertentu, seperti sinar-X set, yang memancarkan radiasi pengion

RADIASI PENGION DI TEMPAT KERJA

- Sumber-sumber radiasi ionisasi dapat berupa alat-alat listrik berenergi tinggi (misalnya mesin X-Ray), maupun radionuklir
- Radiasi pengion memiliki banyak kegunaan di industri, seperti produksi energi, manufaktur, kedokteran, pertanian dan penelitian dan menghasilkan banyak manfaat bagi masyarakat.

TENAGA KERJA YANG TERPAJAN RADIASI IONISASI DI TEMPAT KERJA

- Para penambang uranium dan pekerja pabrik pengolahannya
- Pekerja reaktor nuklir dan proyek energi atom
- Operator radiografi industri
- Petugas kesehatan khusus (radiologis)
- Para pekerja instalasi nuklir eq. Pusat Teknologi Nuklis Bahan dan Radiometri (produksi radioisotop dan penelitian)
- Para ilmuwan yang menggunakan bahan radioaktif untuk riset

RISIKO RADIASI PENGION

- Radiasi pengion menggunakan energinya untuk menimbulkan muatan dalam materi yang dilaluinya (proses ionisasi)
- Ion-ion yang terbentuk dapat merusak sel-sel dalam tubuh manusia secara abnormal, sehingga sel bisa berubah bentuk dan karakter (kanker).
- Risiko kesehatan akibat pajanan radiasi sangat kecil dibandingkan dengan risiko dari aktivitas sehari-hari

PRINSIP DASAR PENGGUNAAN RADIASI

1 Justifikasi

Semua kegiatan yang melibatkan pajanan radiasi hanya dilakukan jika menghasilkan nilai lebih atau memberikan manfaat yang nyata (azas manfaat)

2 Optimasi

Semua pajanan harus diusahakan serendah yang layak dicapai (*ALARA – As Low As Reasonably Achievable*) dengan mempertimbangkan faktor ekonomi dan sosial

3 Pembatasan

Semua dosis ekuivalen yang diterima seseorang tidak boleh melampaui Nilai Batas Dosis yang ditetapkan.

RADIASI PENGION

- 1 Partikel dan foton energi tinggi yang mengionisasi atom dan molekul di sepanjang jalurnya dalam media, contohnya α , β , γ , cosmic rays and X-rays
- 2 Sebagian besar pengukuran radioaktif didasarkan pada efek pengionnya.

TIPE RADIASI PENGION

- 1 Partikel Alfa → ikatan dua proton dan dua neutron yang terikat erat
- 2 Partikel Beta → elektron yang sangat energik atau positron. Partikel ini memiliki massa yang sama dan sebagian besar sifat elektron lainnya kecuali untuk muatannya
- 3 Radiasi gamma → radiasi elektromagnetik yang dipancarkan oleh inti saat mengalami transisi dari keadaan energi yang lebih tinggi ke keadaan yang lebih rendah

TIPE RADIASI PENGION

- 4 Sinar X \rightarrow radiasi elektromagnetik, dan karena itu, identik dengan sinar gamma. Perbedaannya adalah asal mereka. Sinar gamma berasal dari inti atom. Sinar X dihasilkan dari interaksi elektron
- 5 Neutron \rightarrow tidak dipancarkan sebagai akibat langsung dari peluruhan radioaktif alami. Mereka diproduksi selama reaksi nuklir

ROUTE OF ENTRY

- Paparan eksternal berasal dari sumber-sumber yang terletak di luar tubuh. Efek tergantung pada daya tembus radiasi.
- Paparan internal disebabkan oleh zat-zat radioaktif yang masuk ke dalam tubuh, terutama melalui inhalasi (debu radioaktif), penelanan (air yang terkontaminasi) dan penetrasi kulit (khususnya melalui luka-luka pada kasus kecelakaan)

EFEK RADIASI

- 1 **Efek genetik** → jika terjadi perubahan kode genetik pada sel pembawa keturunan (sel sperma atau sel telur), efek radiasi pada individu yang terkena akan diwariskan kepada keturunannya (kehilangan fungsi, kelainan anatomi, kematian prematur)
- 2 **Efek somatik** → yang dinyatakan pada individu terpajan sendiri
 - a) **Efek non-stokastik** → efek biologis (**deterministik**) → memiliki hubungan yang jelas antara pajanan dan efek, berat ringannya sesuai dosis yang diterima, umumnya timbul tidak lama setelah pajanan, ada penyembuhan spontan tergantung tingkat keparahan misal katarak
 - b) **Efek stokastik** → efek biologis yang disebabkan oleh radiasi pengion yang probabilitas kejadiannya meningkat dengan dosis diserap yang meningkat mungkin tanpa ambang batas, tingkat keparahannya tidak tergantung pada dosis yang diserap, timbulnya setelah melalui masa tenang yang lama (efek tunda), tidak ada penyembuhan spontan. Kanker adalah contoh efek biologis stokastik

DETEKTOR RADIASI PENGION

- Elektroskop (*electroscope*)
- Ruang ionisasi (*ionization chambers*)
- Counter proporsional (*proportional counters*)
- Penghitung Geiger-Muller (*Geiger-Muller counters*)
- *Solid-state detector*
- Film fotografi dan pelat emulsi fotografi
- Ruang gelembung dan ruang awan
- Penghitung kilau (*scintillation counters*) dan layar fluoresensi

PENILAIAN RADIASI DI TEMPAT KERJA

→ Deteksi partikel-partikel ionisasi dengan tabung Geiger Muller

Diambil dari nama fisikawan Jerman, Hans Geiger, saat dia bekerja bersama Muller mengembangkan pelacak radiasi yang peka

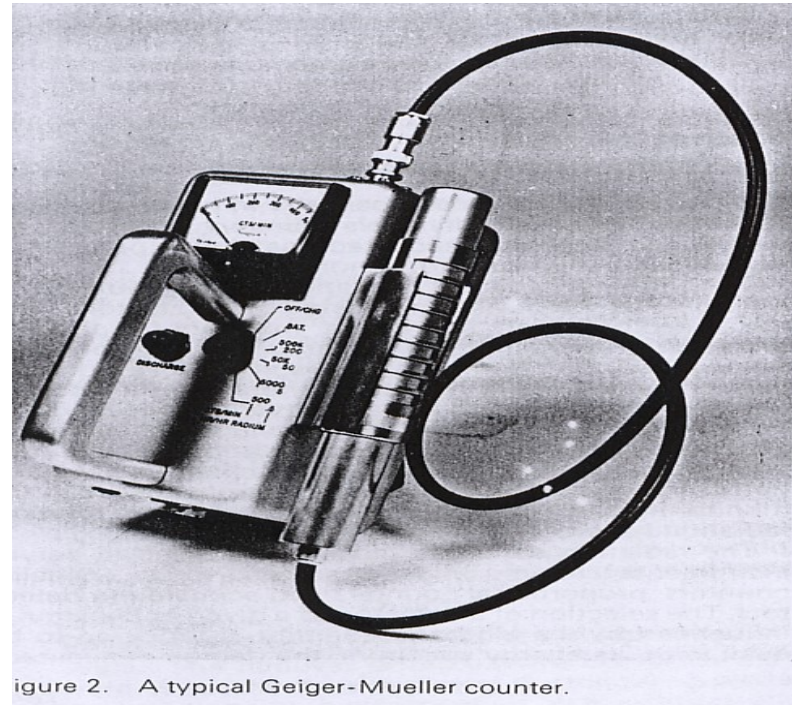


Figure 2. A typical Geiger-Mueller counter.

PENILAIAN RADIASI DI TEMPAT KERJA

Pengukuran dosis radiasi dengan dosimeter saku maupun dosimeter film

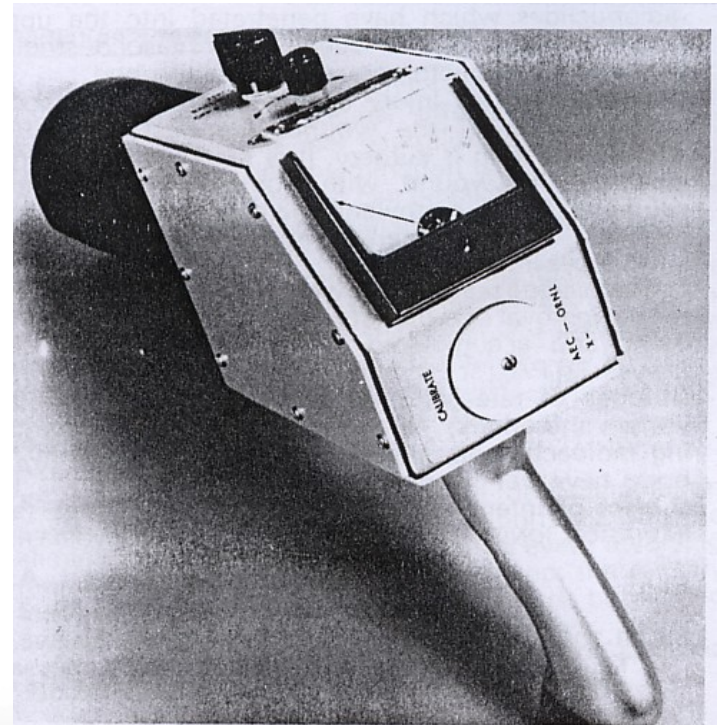
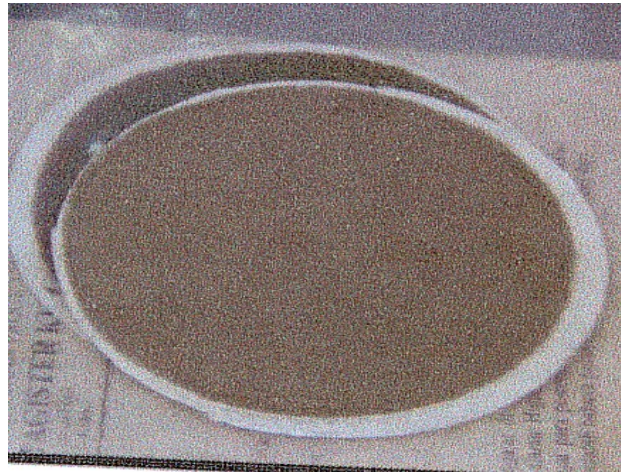


Figure 1. A typical ionisation-chamber-type radiation dose monitoring instrument.

PENILAIAN RADIASI DI TEMPAT KERJA

Melakukan sampling udara yang dicurigai mengandung zat-zat radioaktif



DOSIS TERSERAP

→ Energi total yang diberikan oleh beberapa bentuk radiasi pengion ke massa materi yang diketahui yang telah terpajan pada radiasi tersebut.

Dose Unit:

$$1.0 \text{ gray} = \frac{1 \text{ Joule}}{\text{Kg}}$$

DOSIS SETARA

→ Pada dasarnya adalah produk dari dosis yang diserap dan faktor mutu (*quality factor*) yang sesuai

Dose Equivalent = Dose x Quality Factor

Sievert = gray x Quality Factor

Types of Radiation	Quality Factors QFs	Internal/External
X-Rays or γ -Rays	1.0	Both
β -Rays	1.0	Internal Only
Thermal Neutrons	5.0	Both
Slow Neutrons	4.0 - 22.0	Both
Fast Neutrons	3.0 -5.0	Both
Heavy, Charged Particles (Alphas, etc)	20.0	Internal Only

RADIASI IONISASI DI TEMPAT KERJA

Guidelines for Exposure of Ionising Radiation (ACGIH)	
Type of Exposure	Dose Limits
Effective Dose	
a) in any single year	50 mSv ^A
b) averaged over 5 year	20 mSv per year
Annual equivalent Dose to:	
a) lens of the eye	150 mSv
b) skin	500 mSv
c) hand and feet	500 mSv
Embryo-Fetus exposures once the pregnancy is known	
* Monthly equivalent dose ^B	0.5 mSv
* Dose to the surface of women's abdomen (lower trunk)	2 mSv for the remainder of the pregnancy
* Intake of radionuclide	1/20 of Annual Limit on Intake (ALI)
Radon Daughters	4 working level Months (WML/year)
^A 10 mSv = 1 rem	
^B Sum of internal and external exposure but excluding doses from natural sources as recommended by NCRP	

PENGENDALIAN RADIASI DI TEMPAT KERJA

- 1 Mengurangi lamanya pajanan (**waktu**)
- 2 Mempertahankan **jarak** yang sejauh mungkin (aman) antara pekerja dengan sumber radiasi
- 3 Membentengi sumber dengan bahan yang dapat menyerap radiasi (**perisai**)

RADIASI NON PENGION DI TEMPAT KERJA

- Meningkatnya perkembangan, pemanfaatan dan penggunaan peralatan yang mengeluarkan energi radiasi non pengion seperti laser, radar, *microwave oven*, jaringan listrik dan telepon genggam
- Alat dan proses yang menghasilkan radiasi non pengion banyak dimanfaatkan dalam bidang industri kedokteran termasuk kedokteran gigi, telekomunikasi, industri hiburan, laboratorium penelitian, bangunan dan konstruksi, peralatan militer, pendidikan, geodesi, transportasi, preparasi makanan komersil dan peralatan rumah tangga

RADIASI NON PENGION

- Radiasi elektromagnetik non pengion dibandingkan dengan radiasi pengion mempunyai panjang gelombang yang lebih besar, frekuensi lebih kecil dan energi foton yang lebih rendah ketika berinteraksi dengan jaringan tubuh
- Jenis radiasi elektromagnetik dengan energi lebih kecil dari 10 eV, berhubungan dengan panjang gelombang pada daerah spektrum radiasi ***ultraviolet (ultra ungu)***, ***cahaya tampak (visible light)***, ***infrared (infra merah)***, ***gelombang radio frekuensi dan gelombang mikro (microwave)***.

GELOMBANG RADIO FREKUENSI & MIKRO

- Radiasi gelombang radio pada frekuensi 0,3 – 30 Mhz dan gelombang mikro pada frekuensi 30 MHz – 300 GHz dan
- Dampak pemajanan → efek thermal (hipertermia) yang dapat merusak mata dan testis, katarak, kelelahan, gangguan sistem syaraf (daya ingat menurun, sakit kepala, takut berlebihan, susah tidur, depresi)

SUMBER RADIASI GELOMBANG RADIO FREKUENSI & MIKRO

- Peralatan yang menggunakan **gelombang mikro** seperti radar (1-40 GHz) untuk militer dan sipil, peralatan industri, laboratorium, kedokteran dan rumah tangga seperti *microwave oven* (2,45 GHz)
- Sedangkan peralatan yang menggunakan **gelombang radio frekuensi** dibagi menjadi frekuensi tinggi (orde kHz – 230 MHz) seperti pada pemancar radio, televisi UHF, TV VHF, GPS, *walkie talkie* dan alat las plastik, sedang frekuensi rendah (orde Hz – Mhz) seperti peralatan elektronika dan jaringan listrik

PENGUKURAN GELOMBANG RADIO FREKUENSI & MIKRO

Field Electromagnetic High Frequency Meter

Microwave Radiation Meter



NILAI AMBANG BATAS GELOMBANG RADIO FREKUENSI & MIKRO

Frekuensi	Power Density (mW/cm ²)	Kekuatan Medan Listrik (V/m)	Kekuatan Medan Magnit (A/m)	Rata-rata Waktu Pemajanan (menit)
30kHz-100kHz		614	163	6
30MHz-100MHz		61,4	16,3/f	6
100MHz-300MHz		61,4	0,163	6
300MHz-3GHz	f/300			6
15GHz-300GHz	10			616.000/f ^{1,2}

TLVs® for Static Magnetic Field

			8-hour TWA	Ceiling
Whole body			60 mT	2 T
Limbs			600 mT	5 T
Medical electronic device wearers			-	0.5 mT
60 milli tesla (mT), equivalent to 600 gauss (G)				

SINAR INFRA MERAH

- Sinar infra merah terletak pada rentang gelombang 770-1 mm yang dibagi atas IR-A (770 nm-1,4 μm), IR-B (1,4-3 μm), dan IR-C (3 μm -1 mm)
- Sumber alamiah radiasi sinar infra merah adalah dari matahari, sedangkan sumber buatan manusia antara lain lampu infra merah yang umumnya digunakan sebagai pemanas, laser dan LED (*Light Emission Diode*)
- Paparan berlebih terhadap sinar infra merah dapat menyebabkan gangguan pada mata seperti katarak, fotoretinitis, konjungtivitis sehingga perlu memakai kaca mata cobalt biru sebagai salah satu tindakan pengendalian

SUMBER SINAR INFRA MERAH

- Benda-benda pijar seperti lampu infra merah, pemanas infra merah, tanur (*furnace*), penginderaan jauh, alat-alat kesehatan, teleskop dan lainnya.
- Alat untuk mengukur sinar infra merah adalah spektroskop cahaya



SINAR LASER

- Emisi energi tinggi yang dihasilkan dari kegiatan pengelasan, pemotongan lempeng baja, pelapisan, alat-alat optis, pembuatan mesin-mesin mikro dan operasi kedokteran.



SINAR LASER

- Laser (*Light Amplification Stimulated Emission by Radiation*) → berkas radiasi dengan energi yang digabung dan dilipatgandakan intensitasnya.
- Berkas laser yang dipergunakan saat ini adalah sinar tampak dan infra merah
- Paparan laser pada kulit dapat menimbulkan eritema ringan sampai *sunburn* yang parah, sedangkan pada mata dapat menyebabkan kerusakan pada kornea, lensa atau retina