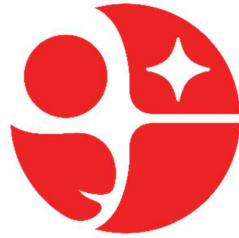


PRAKTIKUM
DETEKSI KONTAMINASI DAN DEKONTAMINASI
ZAT RADIOAKTIF



BRIN

BADAN RISET
DAN INOVASI NASIONAL

BADAN RISET DAN INOVASI NASIONAL

2025

DAFTAR ISI

	Hlm.
DAFTAR ISI	2
1. PENDAHULUAN.....	3
2. TEORI.....	3
3. ALAT DAN BAHAN.....	7
4. CARA KERJA.....	8
5. PENUTUP.....	12
DAFTAR PUSTAKA.....	12
LAMPIRAN.....	13

1. PENDAHULUAN

Pemanfaatan zat radioaktif dapat berpotensi menyebabkan bahaya radiasi eksternal maupun radiasi internal. Radiasi eksternal berasal dari zat radioaktif sumber tertutup maupun sumber terbuka. Radiasi internal disebabkan oleh adanya zat radioaktif yang masuk ke dalam tubuh atau kontaminasi internal. Kontaminasi dapat berasal dari sumber terbuka pada keadaan tidak normal, kedaruratan radiasi, maupun keadaan darurat umum. Pemanfaatan sumber terbuka dalam bentuk padat atau cair sangat berpotensi untuk terjadinya kontaminasi.

Pada praktikum ini akan dijelaskan tentang penggunaan alat ukur radiasi untuk kontaminasi, penggunaan alat pelindung diri, teknik identifikasi kontaminasi permukaan baik secara langsung maupun tidak langsung, teknik dekontaminasi permukaan, pengukuran radioaktivitas udara, dan penanganan limbah terkontaminasi.

Setelah mengikuti kegiatan praktikum ini, peserta diharapkan memiliki kompetensi dasar dalam identifikasi dan penanganan kontaminasi. Indikator keberhasilan pembelajaran di antaranya:

- a. Menggunakan alat pelindung diri yang sesuai dengan benar
- b. Menggunakan alat ukur radiasi untuk kontaminasi
- c. Menentukan daerah kontaminasi
- d. Melakukan dekontaminasi
- e. Melakukan pemeriksaan kontaminasi personel
- f. Menangani limbah terkontaminasi

2. TEORI

Kontaminasi adalah keberadaan zat radioaktif berbentuk padatan, cairan, atau gas yang tidak semestinya pada permukaan bahan, benda, atau dalam suatu ruangan dan di dalam tubuh manusia, yang dapat menimbulkan bahaya paparan radiasi. Kontaminasi eksternal adalah keberadaan kontaminan di permukaan atau luar tubuh, sedangkan kontaminasi internal adalah adanya kontaminan di dalam tubuh. Kontaminasi internal dapat terjadi melalui tiga jalan masuk yaitu:

- a. Sistem pernapasan (Inhalasi), zat radioaktif masuk melalui jalan napas atau terhirup.
- b. Sistem pencernaan (Ingesti), zat radioaktif masuk melalui mulut dan tertelan lalu masuk ke dalam sistem pencernaan.

- c. Absorpsi dermal (kulit), zat radioaktif masuk dan meresap melalui kulit atau bagian tubuh yang luka dan terbuka.

Kontaminasi sangat erat dengan paparan radiasi internal. Dalam proteksi radiasi, ada tiga pengendalian yang dapat dilakukan untuk mengurangi potensi adanya paparan radiasi internal dan pencegahan kontaminasi baik eksternal maupun internal, yaitu:

- 1) Pengendalian sumber radiasi atau pengendalian zat radioaktif (ZRA)
Pengendalian sumber atau ZRA bertujuan untuk mengendalikan penyebaran dan memudahkan dalam pengawasan. Pengendalian dapat dilakukan dengan beberapa cara di antaranya:
 - a. Menyimpan sumber atau ZRA pada wadah khusus seperti kontainer.
 - b. Mengungkung sumber; *hotcell*, boks proses, dan lainnya.
 - c. Penentuan dan pengaturan lokasi kerja; ruang asam, boks proses, dan lainnya.
 - d. Pembatasan area kerja seperti penggunaan baki atau alas plastik.
 - e. Melapisi meja kerja dengan bahan yang dapat menyerap cairan seperti kertas merang.

- 2) Pengendalian daerah kerja
Pengendalian daerah kerja berkaitan dengan fasilitas fisik seperti gedung, laboratorium, sistem ventilasi, dan lainnya. Pengendalian daerah kerja dapat dimulai pada saat pembuatan desain bangunan, laboratorium, dan lainnya. Pengendalian daerah kerja bertujuan untuk mengurangi adanya paparan internal dan kontaminasi pada area kerja, peralatan, dan lingkungan. Untuk mengetahui adanya kontaminasi permukaan pada area kerja dan peralatan kerja maka perlu dilakukan identifikasi kontaminasi permukaan. Terdapat dua cara identifikasi kontaminasi permukaan:
 - a) Metode langsung
Metode identifikasi dan pengukuran tingkat kontaminasi langsung dengan cara mengukur area yang terkontaminasi dengan menggunakan monitor kontaminasi. Pengukuran kontaminasi metode langsung dapat dilakukan pada keadaan:
 1. Bahan, benda, atau area yang diperiksa bukan merupakan sumber atau bahan radioaktif

2. Bahan, benda, atau area permukaan terkontaminasi dapat dan mudah dijangkau oleh monitor kontaminasi.
3. Lokasi bahan, benda, atau area permukaan terkontaminasi jauh atau tidak berada dekat sumber radiasi atau ZRA.

b) Metode tidak langsung

Metode tidak langsung dilakukan dengan cara mengusap benda atau area permukaan terkontaminasi dengan menggunakan kertas khusus dengan ukuran tertentu. Metode ini dikenal juga dengan uji usap kontaminasi.

Tingkat kontaminasi permukaan adalah besarnya aktivitas zat radioaktif per satuan luas permukaan dengan satuan Bq/cm^2 . Kontaminasi permukaan dapat berpindah menjadi kontaminasi udara, baik dalam bentuk gas maupun debu/partikulat. Pemantauan kontaminasi udara pada daerah kerja dilakukan dengan mengukur kadar radioaktivitas udara (KRU) di daerah kerja. KRU adalah besarnya aktivitas zat radioaktif per satuan volume udara.

Kontaminasi permukaan dapat diatasi dengan melakukan dekontaminasi. Dekontaminasi adalah proses untuk mengurangi atau menghilangkan kontaminasi zat radioaktif baik dengan cara fisika atau kimia. Dekontaminasi cara fisika dapat dilakukan dengan cara pencucian, pengelupasan, pengerokan, atau teknik pemindahan kontaminasi lainnya. Dekontaminasi cara kimia dilakukan dengan penambahan zat kimia untuk membantu proses pengendapan, pelarutan, atau lainnya.

Tingkat keberhasilan dekontaminasi dilihat dari berkurangnya nilai tingkat kontaminasi permukaan setelah dekontaminasi dibandingkan dengan sebelum dekontaminasi. Beberapa faktor dapat memengaruhi keberhasilan dekontaminasi diantaranya: bahan dan jenis kontaminan, permukaan benda atau area terkontaminasi, teknik dan cara dekontaminasi, serta bahan dekontaminan. Dekontaminasi efektif dilakukan untuk kontaminasi yang mudah berpindah. Untuk kontaminasi menetap maka perlu dilakukan teknik lain dengan memperhitungkan asas proteksi radiasi dan menerapkan prinsip proteksi dan keselamatan radiasi. Selain itu dekontaminasi harus memperhatikan faktor keselamatan personel, lingkungan, serta mempertimbangkan faktor ekonomis.

3) Pengendalian pekerja radiasi

Pengendalian yang paling mudah dilakukan adalah pengendalian pekerja radiasi. Pengendalian pekerja radiasi dilakukan dengan cara penggunaan alat pelindung diri (APD). Alat pelindung diri yang digunakan disesuaikan dengan jenis ZRA, potensi bahaya, dan jenis pekerjaan yang akan dilakukan. Alat pelindung diri yang dapat digunakan terdiri dari:

- Pelindung pernapasan. Berfungsi untuk mencegah masuknya ZRA melalui saluran napas. Jenis masker disesuaikan dengan jenis potensi bahaya yang akan dihadapi.
- Pakaian kerja. Dapat berupa jas laboratorium atau baju kerja khusus, sarung tangan, alas kaki laboratorium, dan penutup kepala. Jenis dan bahan pakaian kerja disesuaikan dengan potensi bahaya yang akan dihadapi.



Gambar 1. Alat Pelindung Diri (APD) Pekerja Radiasi

3. ALAT DAN BAHAN

Alat	Bahan	APD
<ul style="list-style-type: none"> - Dosimeter perorangan - Surveymeter radiasi - Monitor kontaminasi - Alat pencacah radiasi - <i>Hand and foot</i> monitor - Pinset - Botol semprot - Alat tulis kantor - <i>Air sampler</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - Kontaminan / zat radioaktif sampel - Kertas merang - Tissue - Kertas uji usap - Plastik limbah - Plastik klip - Tanda dan label radiasi - Selotip - Dekontaminan: <i>radiacwash</i> atau larutan deterjen/sabun lunak - Filter udara 	<ul style="list-style-type: none"> - Jas laboratorium - Masker - Sarung tangan karet/nitril

4. CARA KERJA

A. Persiapan

- 1) Pastikan semua peralatan, bahan dan APD sudah tersedia dan sesuai dengan kebutuhan.
- 2) Pastikan alat ukur radiasi terkalibrasi, daya baterai cukup, dan pahami cara penggunaan alat.
- 3) Gunakan alat pelindung diri yang sesuai dan dosimeter perorangan sebelum masuk ke laboratorium atau daerah pengendalian.

B. Pengukuran kontaminasi permukaan metode tidak langsung

- 1) Siapkan alat monitor kontaminasi, surveymeter radiasi, dan alat pencacah radiasi.
- 2) Gunakan APD sesuai kebutuhan
- 3) Lakukan pencacahan latar belakang di daerah yang aman untuk bekerja dan memiliki laju dosis yang rendah atau mendekati laju dosis latar belakang
- 4) Ulangi pencacahan sebanyak tiga kali, kemudian dirata-ratakan untuk mendapatkan nilai \bar{C}_{lb} (*count*).
- 5) Lakukan perhitungan laju cacah latar belakang R_{lb} dengan membagi nilai rata-rata pencacahan latar belakang dengan durasi waktu pencacahan

$$R_{lb}(cps) = \frac{\bar{C}_{lb}}{t}$$

- 6) Hitung limit deteksi (LD) dengan menggunakan rumus:

$$LD (cps) = 3\sqrt{R_{lb}}$$

- 7) Hitung batasan kontaminasi dengan menggunakan rumus:

$$BK = (R_{lb} + LD) \times f_k$$

BK	= Batasan Kontaminasi (Bq/cm ²)
R_{lb}	= Laju cacah latar belakang (cps)
LD	= Limit deteksi (cps)
f_k	= faktor konversi (Bq/cm ² /cps)

- 8) Usap bagian permukaan benda diduga kontaminasi dengan menggunakan kertas khusus untuk uji usap kontaminasi permukaan
 9) Lakukan pencacahan pada kertas uji usap sebanyak tiga kali, kemudian dirata-ratakan untuk mendapatkan nilai \bar{C}_s (count).
 10) Lakukan perhitungan laju cacah kertas uji usap

$$R_s(cps) = \frac{\bar{C}_s}{t}$$

- 11) Hitung tingkat kontaminasi permukaan dengan rumus:

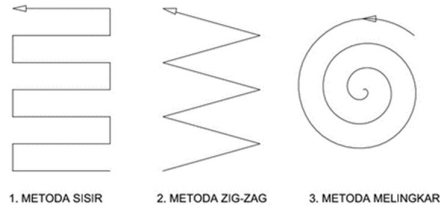
$$TK_p = (R_s - R_{lb}) \times f_k$$

TK_p	= Tingkat kontaminasi permukaan (Bq/cm ²)
R_s	= Laju cacah sampel (cps)
R_{lb}	= Laju cacah latar belakang (cps)
f_k	= faktor konversi (Bq/cm ² /cps)

- 12) Catat hasil dan kesimpulan identifikasi kontaminasi metode tidak langsung

C. Pengukuran kontaminasi permukaan metode langsung

- 1) Siapkan surveymeter radiasi dan monitor kontaminasi permukaan
- 2) Gunakan APD sesuai kebutuhan
- 3) Ukur laju dosis di daerah kerja dan area lokasi yang diduga terkontaminasi
- 4) Lakukan penyisiran lokasi yang diduga terkontaminasi dengan menggunakan monitor kontaminasi. Jarak permukaan dengan monitor kontaminasi berkisar antara 1 – 5 cm. Penyisiran lokasi dapat dilakukan dengan metode seperti pada gambar di bawah ini:



Gambar 2. Metode Pencarian Kontaminasi Permukaan

- 5) Tentukan dan tandai area kontaminasi. Area kontaminasi ditunjukkan dengan nilai laju cacah atau tingkat kontaminasi permukaan melebihi batas kontaminasi.
 - 6) Catat hasil dan kesimpulan identifikasi kontaminasi metode langsung
- D. Pengukuran kontaminasi udara
- 1) Gunakan sarung tangan karet;
 - 2) Letakkan filter (bagian yang halus menghadap ke luar), saringan dari logam, dan cincin karet ke dalam tempat filter;
 - 3) Pasang tempat filter pada *air sampler*;
 - 4) Hidupkan *air sampler* dan lakukan pengambilan sampel udara selama waktu yang ditentukan. Catat semua informasi yang dibutuhkan seperti waktu awal dan akhir sampling, laju alir awal dan akhir dan lokasi pengambilan sampel pada lembar data;
 - 5) Matikan *air sampler* dan lepas tempat filter dari *air sampler*;
 - 6) Masukkan filter ke dalam plastik klip dengan menggunakan pinset;
 - 7) Lakukan pencacahan pada filter hasil sampling;
 - 8) Hitung kadar radioaktivitas udara dengan rumus:

$$KRU = \frac{(R_s - R_{lb}) \times L \times f_k}{\epsilon_f \times F \times t}$$

KRU = kadar radioaktivitas udara (Bq/L)

R_s = laju cacah sampel (cps)

R_{lb} = laju cacah latar belakang (cps)

L = luas detektor (cm²)

f_k = faktor konversi (Bq/cm²/cps)

F = laju alir rata-rata pada *air sampler* (L/menit)

ϵ_f = efisiensi filter

t = waktu (menit)

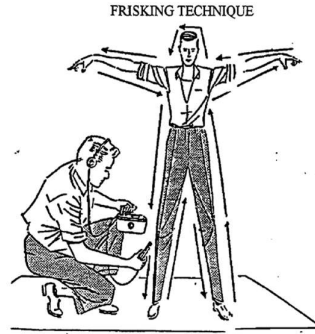
E. Dekontaminasi permukaan

- 1) Siapkan alat dan bahan untuk dekontaminasi, surveymeter radiasi, dan monitor kontaminasi.
- 2) Gunakan APD sesuai kebutuhan.
- 3) Ukur laju dosis pada daerah kerja.
- 4) Lakukan dekontaminasi dengan cara mengusap permukaan yang terkontaminasi dengan menggunakan media yang dapat menyerap kontaminan, salah satunya kertas merang yang sudah dibasahi dengan larutan bahan dekontaminan.
- 5) Pengusapan dilakukan dari bagian terluar atau daerah dengan tingkat kontaminasi rendah ke bagian dalam atau daerah dengan tingkat kontaminasi lebih tinggi.
- 6) Pengusapan dilakukan searah dan satu kali agar tidak terjadi kontaminasi silang dan penyebaran kontaminasi.
- 7) Ukur tingkat kontaminasi pada area yang di dekontaminasi untuk memastikan efektifitas dan keberhasilan dekontaminasi.
- 8) Ulangi proses dekontaminasi sampai tingkat kontaminasi permukaan pada batas aman.
- 9) Catat hasil dan kesimpulan proses dekontaminasi permukaan yang telah dilakukan.

F. Setelah semua kegiatan dilakukan, setiap personel harus melepaskan jas lab dan APD yang digunakan

G. Pemeriksaan kontaminasi personel

- 1) Lakukan pemantauan kontaminasi personel setelah melakukan identifikasi kontaminasi dan dekontaminasi permukaan atau daerah kerja
- 2) Pemeriksaan kontaminasi personel dapat dilakukan sesuai gambar di bawah ini:



Gambar 3. Teknik dan Arah Gerakan Pemantauan Kontaminasi Personel. Arah gerakan pemantauan kontaminasi personel: kepala – leher – kerah – pundak – lengan – pergelangan tangan – tangan – tangan bagian bawah – ketiak – sisi tubuh – kaki – sepatu. Perhatikan bagian: kaki, pantat, lengan, tangan dan wajah

- 3) Catat hasil dan kesimpulan dari pemeriksaan kontaminasi personel yang telah dilakukan.

5. PENUTUP

Kegiatan identifikasi kontaminasi baik secara langsung dan tidak langsung merupakan proses penting dalam proteksi radiasi internal. Proses dekontaminasi permukaan dapat dilakukan dengan mempertimbangkan asas proteksi radiasi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Pusat Pendidikan dan Pelatihan (PUSDIKLAT) Badan Tenaga Nuklir Nasional BATAN. Petunjuk dan Laporan Praktikum Proteksi Radiasi Interna. Jakarta: Pusdiklat BATAN, 2017.
2. E. Hiswara, Buku Pintar Proteksi dan Keselamatan Radiasi di Rumah Sakit. Jakarta: BATAN press, 2015.
3. Badan Pengawas Tenaga Nuklir. Peraturan Kepala BAPETEN No. 4 Tahun 2013 tentang Proteksi dan Keselamatan Radiasi Dalam Pemanfaatan Tenaga Nuklir. Jakarta: BAPETEN, 2013.
4. Domínguez-Gadea L, Cerezo L. *Decontamination of radioisotopes*. Reports Pract Oncol Radiother. 2011;16(4):147–52.
5. Ikawati A, Seno H, Wardhani P, Oetami RH, Gunawan R, Laksono TC. Manual Untuk *First Responder* dalam Tanggap Darurat Radiasi. Bandung: PSTNT BATAN; 2020.
6. IAEA, *Generic Procedures for Medical Response During a Nuclear or Radiological Emergency* (2005)

LAMPIRAN

LEMBAR DATA PRAKTIKUM

A. Alat dan Bahan

1. Monitor Kontaminasi

Merk / Tipe :

No. Seri :

Tanggal Kalibrasi :

Faktor Konversi :

2. Alat Pencacah Radiasi

Merk / Tipe :

No. Seri :

Tanggal Kalibrasi :

Faktor Konversi :

3. Dosimeter Perorangan

Merk / Tipe :

No. Seri :

Tanggal Kalibrasi :

Faktor Kalibrasi :

B. Pengendalian Sumber Radiasi:

Cara:

- 1.
- 2.
- 3.

C. Pengendalian Daerah Kerja:

1. Pengukuran Kontaminasi Permukaan Metode Tidak Langsung

Cacah latar belakang : waktu (t) =

Cacahan Latar Belakang (C_{lb}) [count]			Rata-rata (\bar{C}_{lb}) [count]	Laju cacah (R_{lb}) [cps] $R_{lb} = \frac{\bar{C}_{lb}}{t}$	Limit Deteksi (LD) [cps] $LD = 3 \times \sqrt{\bar{C}_{lb}}$	Batas Kontaminasi (BK) [Bq/cm ²] $BK = (R_{lb} + LD) \times f_k$
1	2	3				

Cacah sampel : waktu (t) =

Cacahan Sampel Uji Usap (C_s) [count]			Rata-rata (\bar{C}_s) [count]	Laju cacah (R_{lb}) [cps] $R_s = \frac{\bar{C}_s}{t}$	Tingkat Kontaminasi Permukaan (TK _p) [Bq/cm ²] $TK_p = (R_s - R_{lb}) \times f_k$
1	2	3			
Apakah area tersebut terkontaminasi?					
Penjelasan					

2. Pengukuran Kontaminasi Permukaan Metode Langsung

Metode yang Digunakan	
Tingkat Kontaminasi Latar Belakang	
Batas Kontaminasi	
Tingkat Kontaminasi Permukaan	
Apakah area tersebut terkontaminasi?	
Penjelasan	

3. Dekontaminasi Permukaan

Tingkat Kontaminasi Latar Belakang :

Batas Kontaminasi :

Tingkat Kontaminasi Permukaan :

Pengusapan ke-	Tingkat Kontaminasi area yang didekontaminasi	
	cps	Bq/cm ²
1		
2		
dst		

4. Pemantauan Kontaminasi Udara

R_{lb} :

R_s :

Luas detektor (L) :

Laju alir rata-rata (F) :

Efisiensi filter (ε_f) :

Waktu sampling (t) :

Kadar Radioaktivitas Udara (KRU) :

$$KRU = \frac{(R_s - R_{lb}) \times L \times f_k}{\epsilon_f \times F \times t}$$

KRU =

5. Pemeriksaan Kontaminasi Personel

Pengukuran laju dosis di area kerja :

Tingkat Kontaminasi Latar Belakang :

Batasan Kontaminasi :

Tingkat Kontaminasi Personel :

D. Pengendalian Pekerja Radiasi dengan APD:

No	Potensi Bahaya	Jenis APD yang sesuai	Kesesuaian APD di lapangan

PEMBAHASAN

.....

.....

.....

.....

.....

.....

