

**LABORATORIUM KIMIA FISIKA**  
Jurusan Kimia - FMIPA  
Universitas Gadjah Mada (UGM)

---

## KINETIKA KIMIA

### Kinetika Reaksi Inti

---

**Drs. Iqmal Tahir, M.Si.**

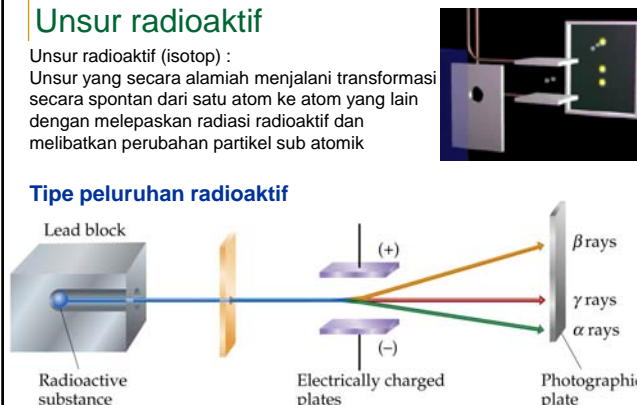
Laboratorium Kimia Fisika., Jurusan Kimia  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 55281

Tel : 087 838 565 047; Fax : 0274-565188  
Email :  
iqmal@ugm.ac.id atau iqmal.tahir@yahoo.com

Website :  
http://iqmal.staff.ugm.ac.id  
http://iqmaltahir.wordpress.com

## Unsur radioaktif

Unsur radioaktif (isotop) :  
Unsur yang secara alamiah menjalani transformasi secara spontan dari satu atom ke atom yang lain dengan melepaskan radiasi radioaktif dan melibatkan perubahan partikel sub atomik

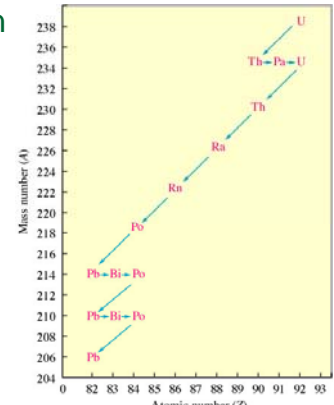


### Tipe peluruhan radioaktif

**LABORATORIUM KIMIA FISIKA**  
Jurusan Kimia - FMIPA, UGM

## Contoh peluruhan

Peluruhan uranium



**LABORATORIUM KIMIA FISIKA**  
Jurusan Kimia - FMIPA, UGM

## Contoh isotop

Isotop alam dan isotop sintetik

TABLE 21.4 The Half-lives and Type of Decay for Several Radioisotopes			
	Isotope	Half-life (yr)	Type of Decay
Natural radioisotopes	$^{238}_{92}\text{U}$	$4.5 \cdot 10^9$	Alpha
	$^{235}_{92}\text{U}$	$7.0 \cdot 10^8$	Alpha
	$^{232}_{90}\text{Th}$	$1.4 \cdot 10^{10}$	Alpha
	$^{40}_{19}\text{K}$	$1.3 \cdot 10^9$	Beta
	$^{14}_6\text{C}$	5715	Beta
Synthetic radioisotopes	$^{239}_{94}\text{Pu}$	24,000	Alpha
	$^{137}_{55}\text{Cs}$	30	Beta
	$^{90}_{38}\text{Sr}$	28.8	Beta
	$^{131}_{53}\text{I}$	0.022	Beta

**LABORATORIUM KIMIA FISIKA**  
Jurusan Kimia - FMIPA, UGM

## REAKSI PELURUHAN RADIOAKTIF

Kasus peluruhan uranium :  
Reaksi peluruhan berantai

$$^{238}_{92}\text{U} \rightarrow ^{234}_{90}\text{Th} + ^4_2\text{He}$$

$$^{234}_{90}\text{Th} \rightarrow ^{234}_{91}\text{Pa} + ^0_{-1}\text{e}$$

Penulisan diringkas :

$$^{238}_{92}\text{U} \xrightarrow[4.5 \times 10^9 \text{y}]{\alpha} ^{234}_{90}\text{Th} \xrightarrow[24 \text{d}]{\beta^-} ^{234}_{91}\text{Pa} \xrightarrow[1.1 \text{min}]{\beta^-} ^{234}_{92}\text{U} \xrightarrow[2.5 \times 10^6 \text{y}]{\alpha} ^{230}_{90}\text{Th}, \text{ etc.}$$

Ditinjau dari produk :  
 $^{238}\text{U} \rightarrow \text{produk}$

Kinetika reaksi order satu :

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N$$

Dengan  $\lambda$  = konstanta peluruhan

**LABORATORIUM KIMIA FISIKA**  
Jurusan Kimia - FMIPA, UGM

## Penyelesaian persamaan kinetika

Jumlah nuklida radioaktif yang meluruh selalu berkurang dengan perubahan waktu, oleh karena itu dN selalu negatif :

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

Dengan  $N_0$  adalah jumlah nuklida radioaktif pada  $t = 0$ .

Aktivitas (A) dari suatu sampel radioaktif didefinisikan sebagai jumlah disintegrasi yang terjadi per detik :

$$A \equiv -\frac{dN}{dt} \quad \text{sehingga} \quad A = \lambda N$$

**LABORATORIUM KIMIA FISIKA**  
Jurusan Kimia - FMIPA, UGM

### Waktu paro ( $t_{1/2}$ )

Definisi : Waktu yang diperlukan agar jumlah atom-atom radioaktif di dalam sampel menjadi setengahnya.

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda}$$

Secara praktis, waktu paro adalah ukuran radioaktivitas dari suatu sampel.

LABORATORIUM KIMIA FISIKA  
Jurusan Kimia - FMIPA, UGM

### Waktu paro peluruhan

Peluruhan 10 g isotop Strontium-90

Peluruhan 1 mg isotop Molibdad-99

LABORATORIUM KIMIA FISIKA  
Jurusan Kimia - FMIPA, UGM

### Hubungan antara N dan waktu paro :

$$N = \frac{A}{\lambda} = \frac{A \cdot t_{1/2}}{\ln 2} = \frac{A \cdot t_{1/2}}{0,693}$$

### Satuan Radioaktif

Curie (Ci) :  
Definisi asal : Satuan radioaktif yang berdasarkan laju disintegrasi 1 gram radium.  
Definisi baru : Jumlah setiap nuklida radioaktif yang mengalami disintegrasi selama 1 detik ( $\text{dis.s}^{-1}$ ) sejumlah  $3,700 \times 10^{10}$ .

Becquerel (SI Unit) :  
Definisi :  
1 pelepasan radioaktif per detik.  
1 Bq =  $1 \text{ dis.s}^{-1}$

LABORATORIUM KIMIA FISIKA  
Jurusan Kimia - FMIPA, UGM

### SATUAN RADIOAKTIF

Latihan :  
Hitung berat W dalam gram untuk 1,00 mCi dari isotop  $^{14}\text{C}$  dengan waktu paro 5730 tahun ?

Jawab :

$$\lambda = \frac{0,693}{5730 \times 365 \times 24 \times 60 \times 60} = 3,83 \times 10^{-12} \text{ s}^{-1}$$

$$\frac{dN}{dt} = \lambda N = \lambda \frac{W}{14} \times 6,022 \times 10^{23} = 1,65W \times 10^{11} \text{ s}^{-1}$$

dengan :

$$\frac{dN}{dt} = 3,700 \times 10^7 \text{ dis.s}^{-1} (1\text{mCi})$$

Jadi

$$W = \frac{3,700 \times 10^7}{1,65 \times 10^{11}} = 0,224 \times 10^{-3} \text{ g}$$

LABORATORIUM KIMIA FISIKA  
Jurusan Kimia - FMIPA, UGM

### Soal latihan :

Tritium ( $^3\text{H}$ ) meluruh lewat pancaran beta menjadi  $^3\text{He}$  dengan  $t_{1/2} = 12,26$  tahun. Sampel senyawa bertritium memiliki aktivitas awal 0,833 Bq. Hitunglah jumlah inti tritium N dalam sampel awal, tetapan peluruhan dan aktivitas setelah 2,5 tahun.

Jawab :  
Penggubahan waktu paruh dalam detik :  
 $t_{1/2} = (12,26 \text{ tahun})(60 \times 60 \times 24 \times 365 \text{ detik/tahun}) = 3,866 \times 10^8 \text{ detik}$

Jumlah inti yang semula ada ialah :

$$N = \frac{A \cdot t_{1/2}}{\ln 2} = \frac{(0,833 \text{ det}^{-1})(3,866 \times 10^8 \text{ det})}{0,693} = 4,65 \times 10^8 \text{ inti } ^3\text{H}$$

Tetapan peluruhan  $\lambda$  dihitung dari waktu paruh :

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{0,693}{3,866 \times 10^8 \text{ det}} = 1,793 \times 10^{-9} \text{ detik}^{-1}$$

Untuk mencari aktivitas sesudah 2,50 tahun, ubahlah waktu ini ke detik ( $7,884 \times 10^7$  detik) sehingga

$$A = A_0 e^{-\lambda t} = (0,833 \text{ Bq}) \cdot \text{eksp}[-(1,793 \times 10^{-9} \text{ detik}^{-1})(7,884 \times 10^7 \text{ detik})] = 0,723 \text{ Bq}$$

LABORATORIUM KIMIA FISIKA  
Jurusan Kimia - FMIPA, UGM

### Soal latihan :

- Nuklida  $^{19}\text{O}$  yang dibuat lewat radiasi neutron pada  $^{18}\text{O}$  memiliki waktu paruh 29 detik.
  - berapa atom  $^{19}\text{O}$  dalam sampel yang baru dibuat jika laju peluruhannya  $2,5 \times 10^4 \text{ detik}^{-1}$  ?
  - Setelah 2,00 menit, berapa atom  $^{19}\text{O}$  tersisa ?
- Nuklida  $^{35}\text{S}$  meluruh lewat pemancaran beta dengan waktu paruh 87,1 hari.
  - berapa gram  $^{35}\text{S}$  ada dalam sampel yang memiliki laju peluruhan dari nuklida tersebut  $3,70 \times 10^2 \text{ detik}^{-1}$  ?
  - Sesudah 365 hari, berapa gram  $^{35}\text{S}$  tersisa ?

LABORATORIUM KIMIA FISIKA  
Jurusan Kimia - FMIPA, UGM

### Soal latihan :

Sebuah contoh perkakas kayu menunjukkan aktivitas spesifik  $^{14}\text{C}$  sebesar  $0,195 \text{ Bq.g}^{-1}$ . Perkirakan umur perkakas tersebut !

Penyelesaian :

Tetapan peluruhan untuk  $^{14}\text{C}$  adalah :

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{0,693}{5.730 \text{ tahun}} = 1,21 \times 10^{-4} \text{ tahun}^{-1}$$

Aktivitas spesifik awal ialah  $0,255 \text{ Bq.g}^{-1}$  dan aktivitas terukur sekarang (setelah  $t$  tahun)  $0,195 \text{ Bq.g}^{-1}$  jadi :

$$A = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

$$0,195 \text{ Bq.g}^{-1} = (0,255 \text{ Bq.g}^{-1}) \cdot \exp[-(1,21 \times 10^{-4} \text{ tahun}^{-1}) t]$$

$$\ln \left( \frac{0,195}{0,255} \right) = -(1,21 \times 10^{-4} \text{ tahun}^{-1}) t$$

$$t = 2200 \text{ tahun}$$

Perkakas kayu berasal dari pohon yang ditebang pada sekitar 2.200 tahun lalu.

### Soal latihan :

- Aktivitas spesifik  $^{14}\text{C}$  dalam biosfer ialah  $0,255 \text{ Bq.g}^{-1}$ . Berapa umur serpihan kertas dari makam mesir jika laju peluruhan beta adalah  $0,153 \text{ Bq.g}^{-1}$ ? Waktu paruh  $^{14}\text{C}$  ialah 5.730 tahun.
- Aktivitas spesifik suatu benda yang ditemukan di Gua Lascaux di Perancis adalah  $0,0375 \text{ Bq.g}^{-1}$ . Hitunglah umur benda tersebut ?

### Aplikasi : radiodating

Radiodating berdasarkan siklus isotop karbon-14 yang pertama kali dirumuskan pada tahun 1948 oleh Willard F. Libby (University of Chicago)  
Libby penerima the Nobel Prize bidang Kimia 1960:  
"Untuk metoda penggunaan karbon-14 guna penentuan umur pada bidang arkeologi, geologi, geofisik, dan ilmu lainnya."

Cek website :  
<http://www.c14dating.com/>



- Karbon-14 digunakan karena waktu paronya yang konstan dengan melibatkan reaksi peluruhan emisi beta :  
 $^{14}_6\text{C} \rightarrow ^{14}_7\text{N} + ^0_{-1}\text{e}$
- Waktu paronya adalah 5730 tahun dan diasumsikan jika rasio  $^{12}\text{C}$  terhadap  $^{14}\text{C}$  adalah selalu konstan. Metoda ini cocok untuk usia obyek yang lebih dari 50,000 tahun.