

# **MODUL XIII DAN XIV FISIKA MODERN FISIKA INTI**

## **Tujuan Instruksional Umum:**

- Mahasiswa dapat menjelaskan tentang Fisika Inti

## **Tujuan Instruksional Khusus :**

- Dapat menjelaskan tentang susunan inti
- Dapat menjelaskan tentang

## **Buku Rujukkan :**

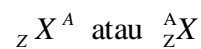
1. Giancoli Physics
2. Kane & Sterheim Physics 3<sup>rd</sup> Edition
3. Sears & Zemanky University

## Susunan inti

Secara sederhana inti atom terdiri dari :

- **Proton** : yaitu partikel listrik positif besarnya muatannya sama dengan muatan electron hanya tandanya berlawanan.
- **Neutron** : yaitu partikel tak bermuatan listrik, massanya hampir sama dengan proton yakni kira-kira 1836 x massa electron.

Satu atom sering disimpulkan ;



X= nama unsur dari atom tersebut.

Z = menyatakan nomor atom = jumlah proton dalam inti = banyaknya electron pada atom netral (nomor atom ini terletak pada susunan berkala Mendeliejef)

A = menyatakan nomer massa = jumlah proton dan neutron dalam inti.

A-Z = menyatakan jumlah neutron dalam inti.

Contoh :  ${}_2^4 H_e$

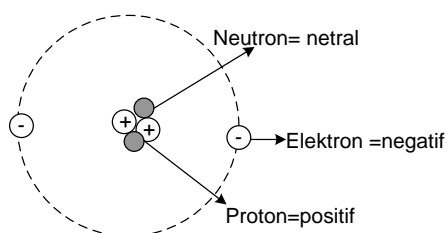
Nama unsur : Helium

Nomor massanya : 4

Nomor atomnya : 2

Banyaknya proton atau electron 2

Banyaknya netron = 4-2



Gambar 13.1

Nama	Simbul	Muatan	Massa	Penemu
Elektron	$-1e^0$	$-1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$	$0,0009 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ $(9 \cdot 10^{-31} \text{ kg})$	J.J.Thomson
Proton	${}_1P^1(={}_1H^1)$	$+1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$	$1,67252 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$	Goldsatain
Netron	${}_0n^1$	0	$1,67482 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$	Chadwick
Position	${}_1e^0$	$+1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$	$9 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$	Anderson

( Massa proton =  $\pm 1836$  massa electron )

Proton dan neutron itu bersama disebut nucleon dan menentukan apa yang disebut massa inti (A). demikian jumlah massa nukleon itu sama dengan massanya inti.

Khusus untuk massa inti ditentukan satuan massa atomer(sma) atau amu (atomic mass unit)

$$1 \text{ sma} = \frac{1}{12} \text{ massa atom } {}_6C^{12} = 1,66 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

### Partikel-partikel Elementer ;

Disamping electron-elektron sebagai kulit atom , dan proton serta neutron sebagai inti atom masih dikenal pula partikel-partikel elementer yang lain yang dapat diperoleh dalam reaksi inti di laboratorium yang dilengkapi dengan alat-alat permercepat partikel-partikel misalnya; siklotron, betatron, synchrotron dsb. Atau diperoleh di angkasa luar.

Bumi kita terus dihujani zarah-zarah yang berasal dari luar ini disebut sinar kosmik primer,. Sebagai hasil tumbukan antara sinar kosmik primer dan atom di dalam atmosfer bumi, timbul zarah-zarah lain disebut sinar kosmik sekunder, misalnya meson yang dapat pula di laboratorium.

Zarah-zarah yang elementer yang telah ditemukan adalah :

1. Foton
2. Neutron : massanya < electron dan bersifat netral
3. Elektron negatron = electron ( ${}_{-1}e^0$ ) : massanya sama dengan massa electron , muatannya juga negatif.

Elektron positron ( ${}_{+1}e^0$ ) : massanya sama dengan negatron tetapi muatannya positif.

4. Nukleon :
  - a. Proton (p) massanya sama dengan inti hydrogen dan juga bermuatan positif
  - b. Neutron (n) : massanya hampir sama dengan proton tetapi tidak bermuatan (netral).
5. Meson : massanya diantara electron dan massa proton dapat positif, negatif atau netral.

6. Hyperon : massanya diantara massa proton dan deuteron ( ${}^2_1D$ ) muatan pos ; negatif atau netral.

Pembagiannya : Hyperon lambda ( $\Lambda$ )

Hyperon sigma ( $\Sigma$ )

Hyperon Xi

Neutrino dalam waktu singkat berubah menjadi foton. Zarah-zarah yang lain pun (electron, meson, nucleon-nukleon dan hyperon) dapat berubah menjadi foton apabila bergabung dengan anti partikelnya. Peristiwa berubahnya zarah menjadi energi disebut **Annihilasi**.

Sebaliknya peristiwa berubahnya energi menjadi sepasang partikel-partikel (partikel dan anti partikel ) disebut Materialisasi(pembentukan pasangan = pair production)

**Materialisasi** dapat terjadi jika dalam bentuk foton bergerak di dekat inti atom.

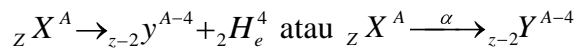
## Radioaktif dan desintegrasi.

Ada inti yang stabil tidak akan berubah tanpa pengaruh dari luar, tapi ada juga inti yang secara spontan (tanpa dirangsang) berubah menjadi inti yang lain sambil memancarkan sinar.

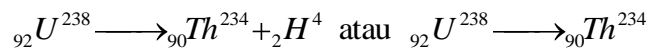
Inti yang memancarkan sinar disebut radioaktif sedang zat yang mempunyai inti-inti yang radioaktif disebut Zat radioaktif.

### Ada tiga macam sinar radioaktif yaitu:

- Sinar ( $\alpha$ ) : yang terdiri atas inti-inti helium  ${}_2H_e^4$  yaitu terdiri atas 2 proton dan 2 neutron jadi bermuatan positif. Nomor atom inti yang memancarkan sinar  $\alpha$  berkurang 2 sedang massa atom/nomer massa berkurang 4 pernyataan ini ditulis :



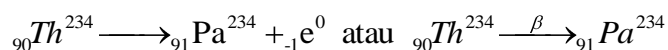
contoh



- sinar  $\beta$ : yang terdiri atas electron-elektron yang berasal dari inti (bukan dari awan electron) yang terjadi pada peruraian neutron menjadi proton. Nomer atom inti yang memancarkan sinar  $\beta$  bertambah dengan satu, sedangkan massa atomnya tetap. Pernyataan diatas dinyatakan dengan persamaan.

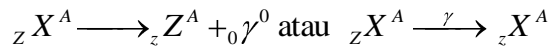


contoh :



- sinar  $\gamma$  : yang berupa gelombang electromagnet dengan panjang gelombang 10-3 sampai 1 A. jadi hakekatnya sama dengan sinar X. inti yang memancarkan

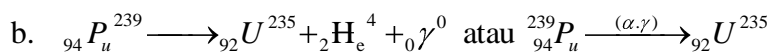
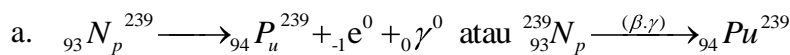
sinar  $\gamma$  tidak berubah atomnya maupun nomer massanya ialah jumlah energi yang tersimpan di dalam inti pernyataan di atas:



rumus di atas hanya sebagai symbol saja tetapi dalam praktek tidak ada unsur radioaktif yang hanya memancarkan sinar  $\gamma$  saja tetapi selalu dibarengi sinar  $\alpha$  atau  $\beta$

Pancaran	Keterangan	
$\alpha$	Mungkin	-
$\beta$	Mungkin	-
$\gamma$	-	Tak mungkin
$\alpha.\beta$	-	Tak mungkin
$\alpha.\gamma$	Mungkin	-
$\beta.\gamma$	Mungkin	-
$\alpha.\beta.\gamma$	Mungkin	-

Contoh :



Peristiwa pecahnya inti secara spontan disebut desintegrasi atau peluruhan .

Kemungkinan (probabilitas) bahwa suatu inti tertentu akan mengalami desintegrasi dalam satuan waktu disebut tetapan atau konstante desintegrasi ( $\lambda$ ).

Kalau pada suatu saat terdapat  $N_0$  inti (inti yang belum berdesintegrasi dalam satuan waktu =  $\lambda \cdot N_0$  . banyaknya inti yang belum berdesintegrasi setelah waktu  $t$  kita nyatakan  $N$  maka pertambahan banyaknya inti  $dN = -\lambda \cdot N$  dalam tiap satuan waktu. Sehingga dalam waktu  $dt$  pertambahan banyaknya inti (sebenarnya pengurangan itulah sebabnya ruas kanan diberi tand negatif).

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

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

$$\ln N = -\lambda t + C$$

Mula-mula yaitu ketika  $t=0$  banyaknya inti yang belum berdesintegrasi =  $N_0$  sehingga

$$\therefore \ln N = -\lambda t + C \longrightarrow \therefore C = \ln N_0$$

maka

$$\ln N = -\lambda t + \ln N_0$$

$$\ln N - \ln N_0 = -\lambda t$$

$$\ln \frac{N}{N_0} = -\lambda t \longrightarrow \therefore \frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t}$$

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

$N$  = banyaknya inti yang belum berdesintegrasi dalam waktu  $t$ .

$N_0$  = Banyaknya inti yang belum berdesintegrasi mula-mula

$\lambda$  = konstante desintegrasi yaitu kemungkinan inti yang mengalami desintegrasi dalam 1 satuan waktu.

### **Waktu paruh dan aktifitas inti .**

Waktu paruh = waktu pertengahan (half-life) =  $T$  ialah waktu yang diperlukan supaya

banyaknya inti radioaktif yang belum berdesintegrasi tinggal  $\frac{1}{2}$  dari semula . dari

keterangan di atas terdapat penjabaran sebagai berikut ;

$$\text{Untuk } t = T \longrightarrow \therefore N = \frac{1}{2} N_0$$

Sehingga

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

$$\frac{1}{2} N_0 = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

$$\ln \frac{1}{2} = \ln .e^{-\lambda.T}$$

$$-\ln 2 = -\lambda.t \longrightarrow \therefore T = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

$$T = \frac{e \log 2}{\lambda} = \frac{\log 2}{\log e} \times \frac{1}{\lambda} = \frac{0,3010}{0,4343} \times \frac{1}{\lambda}$$

$$= \frac{0,6931}{\lambda} \longrightarrow \therefore T = \frac{0,693}{\lambda}$$

Satuan T : detik, jam, har , tahun abad dan sebagainya.

Setelah berintegrasi selama waktu T banyaknya inti yang belum berintegrasi

$$N = \frac{1}{2} N_0 \longrightarrow \text{setelah } 2T \text{ maka } N = \frac{1}{4} N_0 = \left(\frac{1}{2}\right)^2 N_0 \longrightarrow \text{setelah } 3 T \text{ maka}$$

$$N = \left(\frac{1}{2}\right)^3 N_0 \text{ dan seterusnya.}$$

Jadi setelah berintegrasi selama waktu  $t = \frac{1}{T} t$  banyaknya inti yang belum

berintegrasi tinggal

$$N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$$

N = inti yang belum berintegrasi setelah t

No = inti yang mula-mula belum berintegrasi

T= waktu paruh

T = lama berintegrasi

Rumus di atas menunjukkan hubungan antara N dan No berlaku juga yang menunjukkan hubungan antara massa zat radioaktif yang belum berintegrasi (=m) dan massa semula berlaku (mo) jadi analog di atas terdapat :

$$m = m_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$$

$$m = m_0 .e^{-\lambda.t}$$



m = massa yang belum berintegrasi

m<sub>0</sub> = massa zat mula-mula

T = waktu paruh dan  $\lambda$  = konstante desintegrasi . Waktu sejak suatu inti radioaktif ditinjau sampai saat inti itu berintegrasi disebut umur inti.

Ternyata inti-inti sejenis pada umumnya mempunyai umur yang berbeda-beda.

Umur rata-rata ( $\tau$  = tau) sama dengan kebalikan tetapan peluruhan dirumuskan .

$$\tau = \frac{1}{\lambda}$$

$\tau$  = umur rata-rata zat  
 $\lambda$  = konstante desintegrasi

Banyaknya inti yang berintegrasi dalam waktu t detik disebut aktivitas = R sebagai satuan aktivitas dapat dipakai.

Desintegrasi/detik = d/det

1 rutherford (=rd) =  $10^6$  d/det

1 curie (=C) =  $3,7 \times 10^{10}$  rd =  $3,7 \times 10^{10}$  d/det

Jika pada suatu saat banyaknya inti (atom) unsure radioaktif N konstante peluruhan =  $\lambda$ , maka aktifitas intinya dirumuskan

$$R = \lambda \cdot N$$

R = aktifitas inti

$\lambda$  = konstante peluruhan

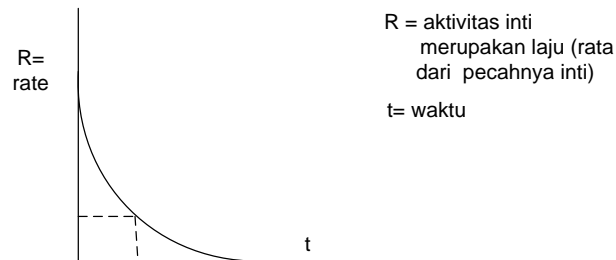
N = banyaknya inti

Karena banyaknya inti yang berdesintegrasi berbanding lurus dengan yang belum berdesintegrasi, maka analog rumus  $N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$  terdapat pula rumus :

$$R = R_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} = R_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$$

$R_0$  = aktivitas mula-mula

$R$  = aktivitas setelah berdesintegrasi selama  $t$  detik

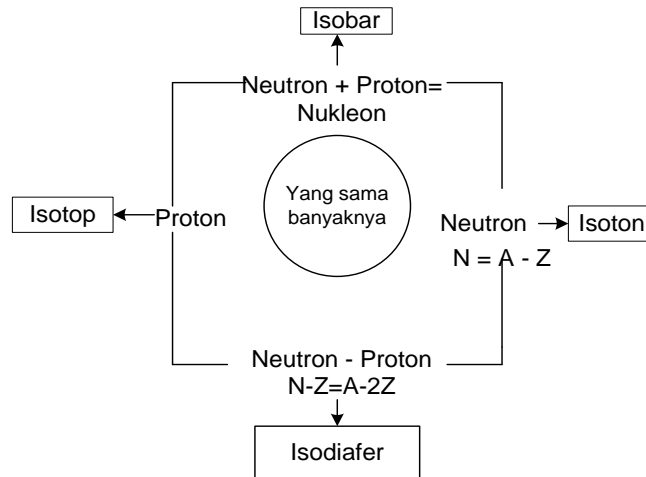


Gambar 13. 2

Inti yang mempunyai nomor atom ( $Z$ ), massa atom  $A$  dan waktu paruh  $T$  tertentu disebut Nuklida. Nuklida-nuklida yang mempunyai  $A$  dan  $T$  yang sama dikatakan identik

**Nuklida-nuklida yang mempunyai ;**

- Nomor atom yang sama dan massa atom berbeda disebut ISOTOP.
- Massa atom yang sama dan nomor atom yang berbeda disebut ISOBAR
- Sama banyaknya neutron (banyak neutron =  $N = A - Z$ ) tetapi tidak sama banyaknya proton disebut ISOTON.
- Selisih yang sama antara banyaknya neutron dan banyaknya proton disebut ISODIAFER.
- Nomor atom dan massa atom yang sama tetapi waktu paruh yang berbeda disebut isomer nuklir.



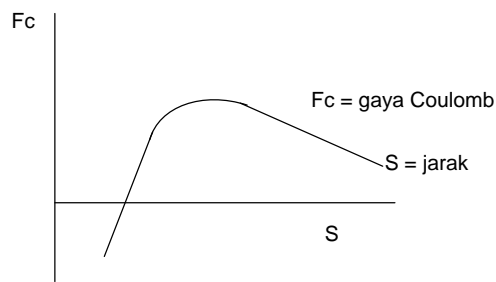
Gambar 13. 3

Inti yang memancarkan sinar  $\alpha$  melepaskan 2 proton dan 2 neutron, maka inti baru yang terbentuk dan inti semula merupakan isodiafer.

Inti yang sinar  $\beta$ , satu neutron berubah menjadi proton sehingga inti semula dan inti yang baru merupakan isomer nuklir.

### Energi ikat (Binding Energie)

Inti-inti atom terdiri dari proton-proton dan neutron yang berkumpul menjadi satu. Mengingat bahwa tiap-tiap proton itu bermuatan listrik positif ( $+1,6 \times 10^{-19}$  C), maka menurut hukum Coulomb tentunya ada gaya tolak-menolak tetapi mengapa justru mereka saling bergabung membentuk inti atom. Hal ini tiada mungkin jika tanpa adanya apa yang disebut energie pengikat inti tersebut. Sesungguhnya hukum Coulomb hanya berlaku untuk jarak yang relative besar. Kalau jarak cukup pendek gaya tolak tidak ada dan justru menjadi gaya tarik. Disamping itu yang terpenting adalah adanya energie ikatan yang terjadi karena susutnya massa (massa defect).



Gambar 13.4

Inti yang terdiri atas  $Z$  proton dan  $(A-Z)$  neutron merupakan energi ikat sebesar

$$E_b = Zm_p + (A-Z)m_n - m_{inti} \cdot c^2$$

$E_b$  = energi ikat       $m_p$  ; massa proton

$c$  = kecepatan cahaya       $m_n$  : massa neutron

$m_{inti}$  = massa inti

${}_1H^2$  atau  ${}_1D^2$  terdiri dari satu proton dan satu neutron tetapi ternyata massanya tidak

sama dengan jumlah satu proton dan satu neutron.

$${}_1H^1 = 1,007825$$

$$\begin{aligned} {}_0n^1 &= 1,008665 \\ \hline &= 2,016490 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_1H^2 &= 2,014102 \\ \hline \Delta m &= 0,002388 \end{aligned}$$

Perbedaan massa sebesar  $\Delta m$  ini merupakan massa defect (penyusutan massa) yang diubah menjadi energi pengikatan inti deutron dsb.

Nama	Simbul	Massa dalam amu
Proton	${}_1H^1$	1,007825
Neutron	${}_0n^1$	1,008665
Deutron	${}_1H^2$	2,014102
Triton	${}_1H^3$	3,016049
Helium	${}_2H^3$	3,016030
Partikel $\alpha$	${}_2H^4$	4,002604

(amu =atomic massa unit =  $1,66 \cdot 10^{-27}$  kg)

Deret Radioaktif .

Kita telah tahu zat-zat yang radioaktif memancarkan sinar-sinar radioaktif, sehingga menjadi zat yang stabil (tak radioaktif lagi).

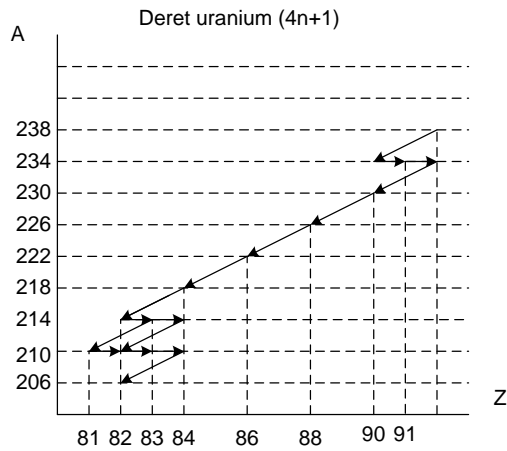
Ternyata dikenal 4 deret atau keluarga radioaktif.

1. Deret URANIUM atau deret  $4n + 2$ , massa atom anggota keluarga uranium dapat dinyatakan sebagai kelipatan 4 ditambah 2.
2. Deret ACTINIUM atau deret  $4n + 3$ .
3. Deret THORIUM atau deret  $4n$ .
4. Deret NEPTINIUM atau deret  $4n + 1$ , deret  $N_p$  ini tidak terdapat dalam alam, tetapi dapat dibuat dalam laboratorium. Keluarga-keluarga itu diberi nama menurut isotop yang waktu paruhnya terpanjang.

Deret	Mula-mula	Akhir
$4n+2$ (uranium)	${}_{92}U^{238}$	${}_{82}P_b^{206}$
$4n + 3$ (actinium)	${}_{89}A_c^{227}$	${}_{82}P_b^{207}$
$4n$ (thorium)	${}_{90}T_h^{232}$	${}_{82}P_b^{208}$
$4n+1$ (neptunium)	${}_{93}N_p^{237}$	${}_{83}B_i^{209}$

Peristiwa berubahnya unsur yang satu menjadi unsur lain baik secara spontan maupun buatan disebut **transmutasi**.

Transmutasi inti secara spontan pada deret uranium ( $4n+2$ ) hingga akhirnya menjadi unsur yang stabil yaitu  ${}_{82}P_b^{206}$  dapat kita perhatikan pada grafik di bawah ini.



Gambar 13.5

Pada grafik di atas :

- Anak panah ke kiri bawah menyatakan pancaran  $\alpha$
- Anak panah ke kanan menyatakan pancaran  $\beta$
- Pancaran  $\gamma$  tak dapat dinyatakan.
- Sumbu mendatar menyatakan nomor atom.
- Sumbu vertikal menyatakan nomor massa.

### Reaksi Inti dan Reaktor Inti

(Fusi, Fisi dan macam-macam reaktor nuklear)

#### 1. Reaksi Inti

Reaksi inti adalah berbeda dengan reaksi kimia. Reaksi yang pertama menyatakan perubahan dalam inti sedang reaksi yang kedua (yaitu reaksi kimia) menyatakan perubahan dalam awan elektron.

Pada dasarnya reaksi inti ada yang menyerap kalor dan ada yang melepaskan kalor.

Tetapi kedua-duanya harus berlangsung pada suhu yang sangat tinggi.

Pada reaksi yang memerlukan kalor, jumlah massa reaksi lebih kecil dari jumlah massa sesudah reaksi. Sedangkan pada reaksi yang melepaskan kalor jumlah massa sebelum reaksi lebih besar dari jumlah massa setelah reaksi.

**Reaksi inti yang tentu melepaskan kalor ialah :**

1. Fusi (= fusion = penggabungan = peleburan)

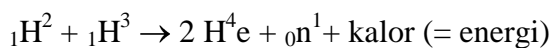
Penggabungan beberapa inti ringan. Supaya dapat terjadi fusi harus terdapat suhu yang sangat tinggi. Reaksi ini merupakan sumber energi di matahari dan bintang-bintang.

Fusi juga terjadi pada peledakan bom hidrogen. Karena hasil-hasil reaksi tidak radioaktif, maka bom H juga disebut bom bersih.

Karena belum dapat dikendalikan dengan baik, maka fusi belum dapat dipakai untuk maksud damai.

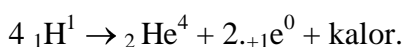
CONTOH :

a. **Reaksi dalam bom – H**



Di sini hasilnya tidak radioaktif, maka juga disebut **bom bersih**.

b. **Reaksi di matahari atau di bintang-bintang.**



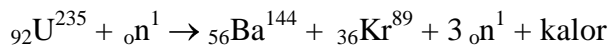
(lihat diktat semester IV pada lembar tambahan).

2. Fisi (= fission = splyting = pembelahan) yaitu pembelahan inti yang berat menjadi 2 bagian yang massanya kira-kira sama. Massa bagian- bagian yang terjadi kebanyakan berbanding sebagai 5 : 7. Sebelum terjadi fisi biasanya satu neutron bergabung dengan inti berat itu, sedangkan pada fisi dilepaskan 2; 3 atau 4 neutron baru.

Neutron-neutron baru ini menimbulkan fisi lagi sehingga terjadi reaksi berantai (chain reaction = ketting reactie).

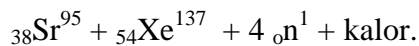
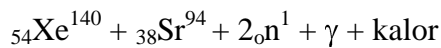
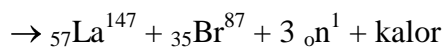
Fisi terjadi misalnya pada peledakan bom atom.

CONTOH :



( reaksi bom atom)

Ruas kanan persamaan inti di atas ada beberapa kemungkinan yaitu :



- Hasil reaksinya beberapa radio isotop maka bom atom selain berbahaya karena panasnya, juga berbahaya karena radiasi dari hasil-hasil reaksinya. Dalam reactor atom Fisi ini dikendalikan. Selain  ${}_{92}\text{U}^{235}$  yang dapat mengalami fisi karena menangkap neutron ( atau istilah lain ditembak dengan neutron lambat ) ialah  ${}_{92}\text{U}^{233}$  dan  ${}_{94}\text{Pu}^{239}$ .

Reaktor Inti

Sudah dikatakan di atas bahwa reaksi Fusi belum dapat dikendalikan misalnya untuk maksud-maksud damai. Tempat untuk mengendalikan reaksi Fisi ini disebut reactor inti atau reactor nuklir atau reactor atom. Reactor ini mula-mula dibangun oleh ENRICO – FERMI pada tahun 1942.

Neutron –eutron yang dihasilkan oleh fisi itu terlalu banyak, sehingga supaya tidak meledak harus dikendalikan dengan adanya yang disebut :

- Modetator ialah zat untuk mengurangi tenaga neutron – neutron itu. Contoh (modetator ialah : grafit ( C ), air (H<sub>2</sub>O), air berat (DO<sub>2</sub>), beryllium (Be).



- Control rod (= batang pengatur) ialah batang yang dapat mengurangi jumlah neutron dan berupa batang baja yang mengandung cadmium (Cd) atau borium (B)

**Ada bermacam-macam jenis reactor yaitu :**

a. Reactor tenaga (power reactor = reactor daya)

air yang berfungsi sebagai moderator langsung diuapkan. Uap yang terjadi menjalankan uap yang akhirnya menggerakkan generator.

Dapat juga kalor yang terjadi dalam reactor dialirkan ke air yang hendak dididihkan dengan perantara Na + K cair atau dengan udar bertekanan tinggi yang jenuh dengan serbuk grafit.

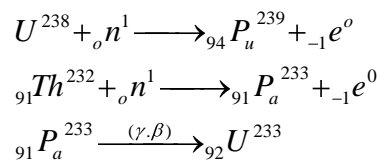
b. reactor penelitian (research reactor)

tujuan reactor ini ialah untuk menghasilkan neutron. Neutron-neutron ini ialah untuk menghasilkan radio isotop (isotop yang bersifat radioaktif) buatan. Umpama

${}_{27}^{60}\text{Co}$  yang merupakan sumber sinar  $\gamma$  dan  $\beta$  yang sangat kuat. Sinar  $\gamma$  yang kuat dapat mensterilkan makanan, sedang sinar  $\beta$  dapat memvulkanisir karet.

Reaktor Pengubah (converter reactor)

Dalam reactor ini bahan yang terdapat di alam diubah menjadi bahan pembangkit tenaga bagi reactor-reactor yang lain.



disini baik  ${}_{94}P_u^{239}$  maupun  ${}_{92}U^{233}$  dapat mengalami fisi.

Contoh soal :

Dalam 6 jam  ${}_{11}\text{N}_a^{24}$  memancarkan sinar  $\beta$  hingga menjadi  ${}_{12}\text{M}_g^{24}$  jika waktu paruh

1,5 jam berapa persen yang masih tinggal selama waktu itu.

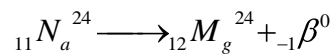
Diket unsur  ${}_{11}\text{N}_a^{24}$

$$T = 1,5 \text{ jam}$$

$$t = 6 \text{ jam ( lama berdesintegrasi)}$$

soal :

N=.....%



$$\lambda = \frac{0,683}{T} = \frac{0,693}{1,5} = 0,462 \text{ jam}$$

$$N = N_o e^{-\lambda t} = N_o \cdot e^{-0,462 \cdot 6} = N_o \frac{1}{e^{0,462 \cdot 6}}$$

$$N = N_o \cdot \frac{1}{X} \text{ (misalnya } e^{0,462 \cdot 6} = X)$$

$$X = e^{0,462 \cdot 6}$$

$$\therefore \log X = (0,462 \cdot 6) \cdot \log e = (0,462 \cdot 6)(0,4343)$$

$$\log X = 1,2039 \longrightarrow \therefore X = 15,99$$

$$N = N_o \frac{1}{15,99} = \frac{N_o}{15,99}$$

$$N = \frac{N_o}{15,99} = \frac{N_o}{15,99} \cdot 100\% = 6,25\%$$

