

## RADIOAKTIFITAS

### RADIO AKTIFITAS

**R**adio aktifitas adalah suatu gejala yang menunjukkan adanya aktivitas inti atom, yang disebabkan karena inti atom tak stabil.

Gejala yang dapat diamati ini dinamakan: sinar radio aktif.

Dalam tahun 1896 seorang fisikawan Perancis Henry Becquerel (1852-1908) untuk pertama kalinya menemukan radiasi dari senyawa-senyawa uranium. Radiasi ini tak tampak oleh mata, radiasi ini dikenal karena sifatnya yaitu:

- a. Menghitamkan film
- b. Dapat mengadakan ionisasi
- c. Dapat memendarkan bahan-bahan tertentu
- d. Merusak jaringan tubuh
- e. Daya tembusnya besar

Radiasi ini tidak dapat dipengaruhi oleh perubahan keadaan lingkungan seperti: suhu, tekanan suatu reaksi kimia.

contoh: uranium disebut bahan radio aktif, dan radiasi yang dipancarkan disebut sinar radio aktif.

Gejala ini diperoleh Becquerel ketika mengadakan penelitian terhadap sifat-sifat Fluoresensi yakni perpendaran suatu bahan selagi disinari cahaya.

Fosforecensi yaitu berpendarnya suatu bahan setelah disinari cahaya, jadi berpendar setelah tak disinari cahaya.

Fluorecensi dan Fosforecensi tidak bertentangan dengan hukum kekekalan energi, bahan-bahan berpendar selagi menerima energi atau setelah menerima energi

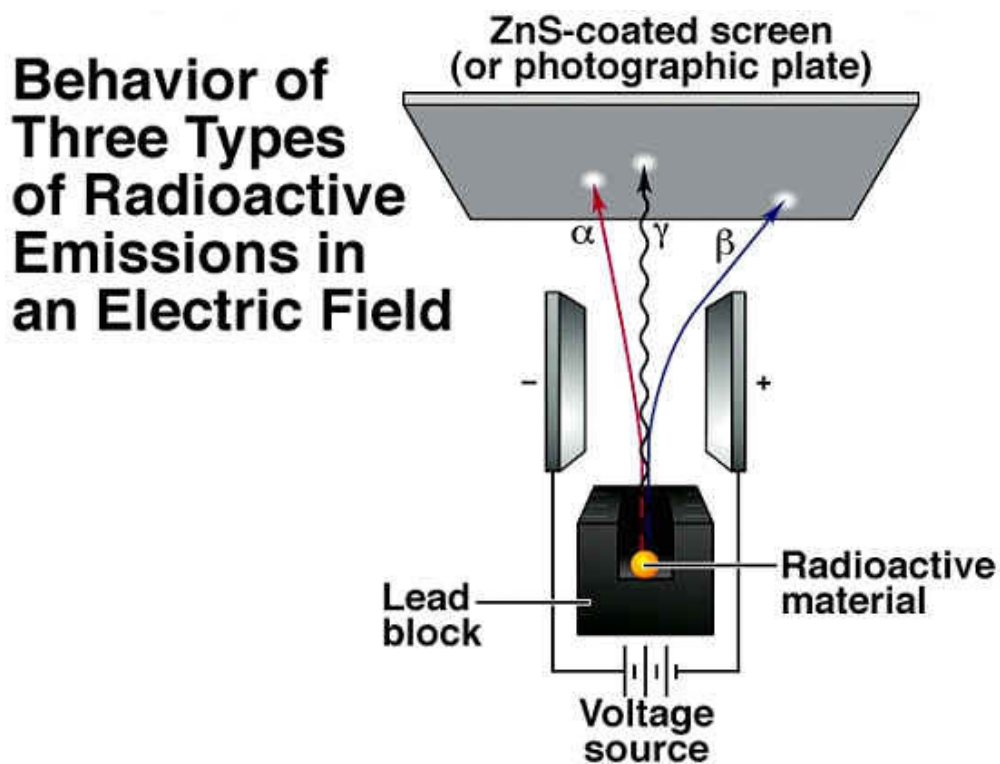
Persenyawaan uranium tidak demikian halnya, radiasi persenyawaan uranium tanpa didahului oleh penyerapan energi, suatu hal yang sangat bertentangan dengan hukum kekekalan energi

Namun setelah teori relativitas Einstein lahir, gejala itu bukan sesuatu yang mustahil, sebab energi dapat terjadi dari perubahan massa.

Penyelidikan terhadap bahan radioaktivitas dilanjutkan oleh suami istri Pierre Curie (1859-1906), dan Marrie Currie (1867-1934), yang menemukan bahan baru.

Bila berkas sinar radioaktif dilewatkan melalui medan listrik dan medan magnet, ternyata hanya 3 jenis sinar pancaran yang lazim disebut sinar  $\alpha$ , sinar  $\beta$  dan sinar  $\gamma$

Gambar:



a. Sinar  $\alpha$  adalah berkas yang menyimpang ke keping negatif. Dari arah simpangannya, jelas bahwa sinar  $\alpha$  adalah partikel yang bermuatan positif. Ternyata sinar  $\alpha$  adalah ion He bermuatan dua ( $\alpha = {}_2\text{He}^{4+}$ ).

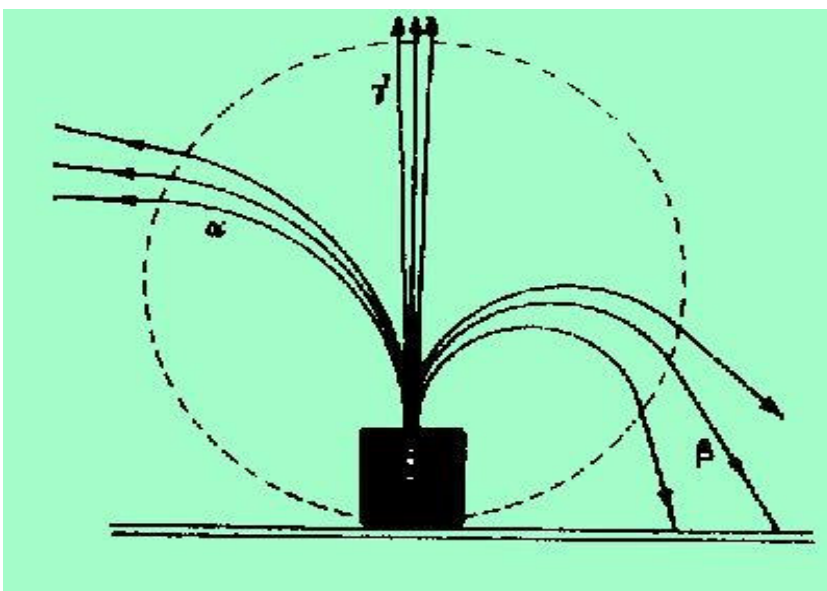
Daya ionisasi sinar  $\alpha$  sangat besar sedangkan daya tembusnya sangat kecil.

b. Sinar  $\beta$  adalah berkas yang menyimpang ke arah keping positif, sinar  $\beta$  adalah partikel yang bermuatan negatif. Ternyata massa dan muatan sinar sama dengan massa dan muatan elektron. ( $\beta = {}_{-1}\text{e}^0$ ).

Daya ionisasinya agak kecil sedangkan daya tembusnya agak besar.

c. Sinar  $\gamma$  adalah berkas yang tidak mengalami simpangan di dalam medan listrik maupun medan magnet. Ternyata sinar  $\gamma$  adalah gelombang elektromagnetik seperti sinar X. Daya ionisasi sinar  $\gamma$  paling kecil dan daya tembusnya paling besar.

#### INTERAKSI SINAR RADIO AKTIF DENGAN MATERI



### SINAR $\alpha$ (ALFA)

- \*sinar tidak lain adalah inti atom helium ( ${}^4_2\text{He}$ ), bermuatan 2 e dan bermassa 4 sma
- \*sinar  $\alpha$  dapat menghitamkan film. Jejak partikel dalam bahan radioaktif berupa sinar lurus.
- \*radiasi sinar  $\alpha$  mempunyai daya tembus terlemah dibandingkan dengan sinar  $\beta$  dan sinar  $\gamma$
- \*radiasi sinar ini mempunyai jangkauan beberapa cm di udara dan di sekitar  $10^{-2}$  mm dan logam tipis.
- \*radiasi sinar ini mempunyai daya ionisasi paling kuat
- \*sinar  $\alpha$  dibelokkan oleh medan magnetik
- \*berdasarkan percobaan dalam medan magnet dan medan listrik dapat ditentukan kecepatan dan muatan sinar  $\alpha$ , yakni kecepatannya berharga antara 0,054 c dengan c = kecepatan cahaya dalam vakum.

### SINAR $\beta$ (BETA)

- \*sinar  $\beta$  tidak lain ialah partikel elektron.
- \*radiasi sinar  $\beta$  mempunyai daya tembus lebih besar dari pada  $\alpha$  tetapi lebih kecil dari pada  $\gamma$
- \*sinar  $\beta$  dibelokkan oleh medan listrik dan medan magnet.
- \*kecepatan partikel  $\beta$  berharga antara 0,32 c dan 0,7 c.
- \*jejak partikel  $\beta$  dalam bahan berbelok-belok.
- \*jejak yang berbelok-belok disebabkan hamburan yang dialami oleh elektron didalam atom.

### SINAR $\gamma$ (GAMMA)

- \*mempunyai daya tembus paling besar.
- \*tidak dibelokkan didalam medan magnetik
- \*sinar  $\gamma$  memerlukan radiasi elektromagnetik dengan panjang gelombang lebih pendek
- \*foton  $\gamma$  tidak banyak berinteraksi dengan atom suatu bahan dalam interaksinya dengan bahan mengalami peristiwa fotolistrik dan produksi pasangan
- Dalam interaksi dengan bahan, seluruh energi foton diserap dalam bahan.
- Energi yang diserap oleh atom ini dibawa oleh sebuah elektron, untuk membentuk pasangan elektron. Peristiwa ini yang disebut sebagai produksi pasangan. Foton sinar  $\gamma$  juga dapat berinteraksi dengan elektron orbital melalui hamburan Compton.
- Urutan daya tembus dari yang lemah ke kuat adalah: sinar  $\alpha$ , sinar  $\beta$ , sinar  $\gamma$ . Sinar  $\alpha$  dapat dihentikan oleh selembar kertas, sinar  $\beta$  dapat dihentikan oleh papan kayu setebal 2,5 cm, dan sinar  $\gamma$  dapat dihentikan oleh beton. Sinar  $\gamma$  merupakan sinar yang sangat ampuh, dan dapat digunakan untuk membunuh kuman, dan bakteri untuk sterilisasi alat kedokteran. Karena sinar ini sangat kuat dan dapat menembus kertas, dan plastik, sterilisasi dapat dilakukan setelah alat kedokteran itu dibungkus.

Intensitas sinar-sinar setelah menembus suatu bahan akan berkurang.

Pelemahan intensitas itu dinyatakan dengan rumus:

$$I = I_0 e^{-\mu x}$$

keterangan:

$I$  = Intensitas ( $J/s \text{ m}^2$ )

$I_0$  = Intensitas mula-mula ( $J/s \text{ m}^2$ )

$e$  = bilangan natural = 2,71828

$\mu$  = Koefisien pelemahan bahan keping ( $\text{m}^{-1}$ )

$x$  = tebal keping (m)

Apabila intensitas sinar setelah melewati bahan = 1/2 dari intensitas selum melewati bahan ( $I = 1/2 I_0$ )

$$1/2 I_0 = I_0 e^{-\mu x}$$

$$I = I_0 e^{-\mu x}$$

$$1/2 = e^{-\mu x}$$

$$\ln 1/2 = -\mu x$$

$$\ln 1 - \ln 2 = -\mu x$$

$$0 - \ln 2 = -\mu x$$

$$x = \frac{\ln 2}{\mu}$$

$$x = \frac{0,693}{\mu}$$

$x$  disebut HALF VALUE LAYER (HVL) atau lapisan harga paruh, yaitu: lapisan atau tebal bahan yang membuat intensitas menjadi separuh dari intensitas semula.

### CONTOH SOAL 1

Sebuah benda mempunyai HVL 2 cm, Hitunglah intensitas sinar radioaktif yang menembus bahan tersebut setebal 3 cm.

$$HVL = \frac{0,693}{\mu} \quad \mu = \frac{0,693}{2} = 0,3465 / \text{cm}$$

$$I = I_0 e^{-0,3465 \cdot 3} \quad \ln I = \ln I_0 e^{-1,0395}$$

$$\ln I - \ln I_0 = -1,0395 \quad \frac{I}{I_0} = 0,3536$$

$$I = 0,3536 I_0$$

### STRUKTUR INTI

Inti atom terdiri dari: proton dan neutron.

Jumlah proton dan neutron dalam inti (disebut nukleon) dinyatakan sebagai nomor atom (A). Jumlah proton dalam inti dinyatakan sebagai nomor atom (Z) dan jumlah neutron dalam inti adalah A-Z.

Nuklida adalah suatu campuran nukleon tertentu yang membentuk jenis inti atom tertentu. Nuklida dibedakan sesuai nama unsur kimianya, sehingga suatu nuklida dapat dituliskan sebagai



A = nomor massa nuklida, sama dengan jumlah proton dan neutron.

Z = nomor atom, sama dengan jumlah proton.

x = lambang unsur.

\* ISOTOP adalah unsur yang memiliki nomor atom (Z) sama, tetapi memiliki nomor massa (A) berbeda. Berarti nuklida itu memiliki sifat kimia yang sama, sedangkan sifat fisika berbeda.

\* ISOBAR : nuklida -nuklida yang memiliki nomor massa (A) sama, akan tetapi nomor atom (Z) berbeda.

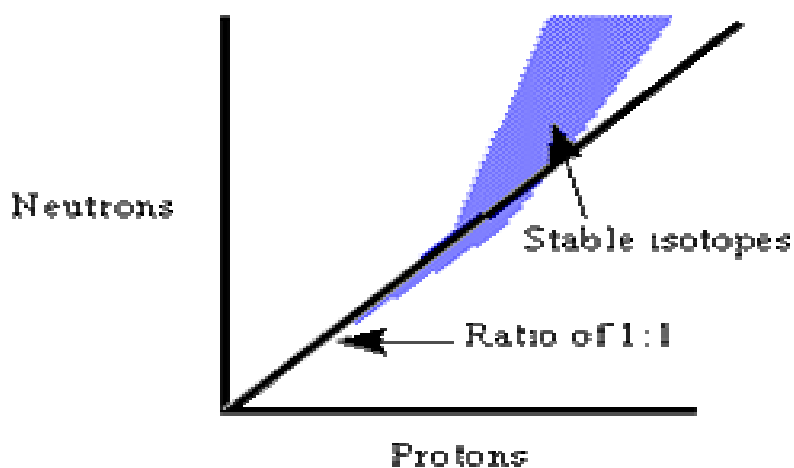
\*ISOTON : nuklida yang memiliki jumlah neutron sama.

### STABILITAS INTI

Nuklida bersifat stabil jika : jumlah proton (Z) kurang dari 20 dan harga N (jumlah neutron) / Z (jumlah proton) sama dengan satu atau jumlah sama dengan jumlah neutron atau jumlah proton (Z) lebih dari 20 dan harga N / Z berkisar 1 - 1,6.

Nuklida-nuklida dengan N/Z diluar pita kestabilan merupakan nuklida tidak stabil disebut sebagai nuklida radio aktif.

Gambar grafik N-Z.



### TENAGA IKAT INTI (ENERGI BINDING)

Telah diketahui bahwa inti terdiri dari proton dan neutron. Proton didalam inti tolak menolak, adanya kesatuan didalam inti disebabkan oleh adanya gaya yang mempertahankan proton itu dalam inti, gaya ini disebut gaya inti (nucleus force).

Penilaian yang cermat menunjukkan bahwa massa inti yang lebih kecil lebih stabil dari jumlah massa proton dan neutron yang menyusunnya.

Massa detron ( ${}_1\text{H}^2$ ) lebih kecil dari massa proton dan neutron yang menjadi komponen-komponen detron.

Detron terdiri atas satu proton dan satu neutron

$$\text{massa 1 proton} = 1,007825 \text{ sma}$$

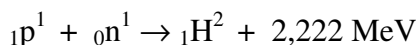
$$\text{massa 1 neutron} = \underline{1,008665 \text{ sma}} +$$

$$\text{jumlah} = 2,016490 \text{ sma}$$

$$\text{massa detron} = 2,014103 \text{ sma}$$

$$\text{Perbedaan massa } m = 0,002387 \text{ sma} = 2,222 \text{ MeV}$$

Hal ini menunjukkan ketika proton bergabung dengan neutron dibebaskan energi sebesar 2,222 MeV



Untuk membelah detron kembali menjadi proton dan neutron diperlukan energi 2,222 MeV, karenanya tenaga sebesar 2,222 MeV disebut tenaga ikat (energi binding) detron.

Karena detron terdiri atas 2 nukleon, maka tenaga ikat tiap nukleon adalah  $2,222/2=1,111$  MeV.

Tenaga ikat nukleon paling besar pada unsur yang nomor atomnya 50.

Makin besar tenaga ikat ,makin besar pula energi yang diperlukan untuk memecah unsur itu, ini berarti makin stabil keadaan unsur itu.

Karena tenaga ikat tiap nukleon paling besar pada atom yang nomor atomnya 50 dapat ditarik kesimpulan :

- Ketika inti-inti ringan bergabung menjadi inti-inti yang lebih berat akan disertai dengan pembebasan energi.
- Bila inti-inti berat terbelah menjadi inti-inti yang sedang akan dibebaskan energi.

Dengan demikian energi ikat inti di dapat dari adanya perbedaan massa penyusun inti dengan massa intinya sendiri dan perbedaan ini disebut dengan Deffect massa.

$$\boxed{\text{Deffect massa} = (\sum \text{massa proton} + \sum \text{massa neutron}) - \text{massa inti}}$$

$$\boxed{E_{ikat} = \{(\sum m_p + \sum m_n) - m_{inti}\} c^2} \quad \boxed{E_{ikat} = \{(\sum m_p + \sum m_n) - m_{inti}\} 931 \text{ MeV}}$$

$\downarrow$                    $\downarrow$                    $\downarrow$                    $\downarrow$                    $\downarrow$                    $\downarrow$                    $\downarrow$                    $\downarrow$                    $\downarrow$   
**joule**                  **Kg**                  **Kg**                  **Kg**                  **MeV**                  **sma**                  **sma**                  **sma**  
 $\downarrow$   
**3.10<sup>8</sup> m/s**

## CONTOH SOAL 2.

Massa  $\text{Ne}_{10}^{20}$  19,9988 sma, massa proton = 1,007593 sma, massa neutron = 1,008982 sma, berapa joule energi ikatnya.

Banyak proton = 10 dan banyak neutron =  $20 - 10 = 10$

$$E_{ikat} = \{10(1,007593 + 1,008982) - 19,9988\} 931 \text{ MeV}$$

$$E_{ikat} = 155,43045 \text{ MeV} = 155,43045 \cdot 1,6 \cdot 10^{-13} = 2,49 \cdot 10^{-11} \text{ J}$$

#### PELURUHAN (DISINTEGRASI).

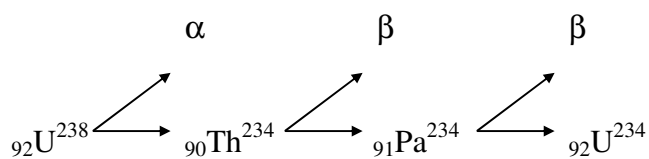
Inti atom unsur radio aktif dalam keadaan tidak stabil. Sinar  $\alpha, \beta$  keluar dari inti atom secara spontan, akibatnya inti atom mengalami perubahan yang timbul karena radiasi partikel secara spontan.

#### HUKUM PERGESERAN

- Keluarnya sinar  $\alpha$  dari inti atom berakibat berkurangnya nomor atom sebanyak dua dan berkurangnya nomor massa sebanyak empat.
- Radiasi sinar  $\beta$  berakibat naiknya nomor atom dengan satu.
- Radiasi sinar  $\gamma$  hanya merupakan proses penyertaan tanpa merubah nomor atom dan nomor massa.

contoh:

Uranium yang nomor massanya 238 dan nomor atomnya 92, karena memancarkan sinar  $\alpha$  berubah menjadi torium 234 yang nomor atomnya 90. Unsur ini masih bersifat radioaktif dengan memancarkan sinar  $\beta$  berubah menjadi protaktinium, akhirnya setelah melampaui serentetan disintegrasi menjadi Pb yang stabil



Kegiatan unsur radioaktif bergantung pada banyaknya partikel-partikel yang dipancarkan dalam tiap detik. Makin banyak partikel-partikel yang dipancarkan tiap detik makin besar keaktifannya dan makin cepat berkurangnya unsur radioaktif yang bersangkutan.

Kekuatan radioaktif diukur dengan satuan Curie.

$$1 \text{ curie} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ pancaran partikel tiap detik.}$$

SATUAN SETENGAH UMUR: (waktu paruh / half life time)

Karena adanya peluruhan jumlah unsur radioaktif, demikian pula keaktifannya akan berkurang dan pada akhirnya habis, yakni setelah seluruhnya menjadi atom stabil (tidak aktif lagi)

Selang waktu agar unsur radioaktif itu stabil (tidak aktif lagi) disebut umur unsur radioaktif.

Selang waktu agar unsur radioaktif itu tinggal separuhnya disebut setengah umur (T).

Waktu setengah umur dapat dirumuskan sebagai:

$$T = \frac{0,693}{\lambda} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

Hubungan jumlah unsur radioaktif dengan selang waktu dapat dirumuskan sebagai:

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \text{ atau } N = N_0 2^{-\frac{t}{T}}$$

$$R = \lambda N$$

Keterangan :

T = waktu setengah umur

$\lambda$  = tetapan peluruhan (tetapan radiasi/ tergantung dari jenis zat radioaktif)

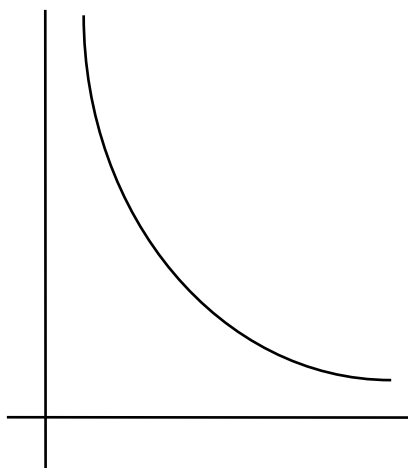
ln = logaritma napier yang bilangannya pokoknya  $e = 2,7183$

N = jumlah unsur radioaktif setelah selang waktu t

$N_0$  = jumlah unsur radioaktif mula-mula

R = keaktifan R A

Grafik hubungan N-T



Ada 2 (dua) macam radio aktifitas, yaitu :

alam : suatu unsur sudah bersifat radio aktif sejak ditemukannya.

Buatan: terjadinya radio aktifitas akibat suatu proses (isotop).

### CONTOH SOAL 3



Setelah 60 jam suatu isotop natrium yang memancarkan sinar  $\beta$ , ternyata yang tinggal 6,25 %. Hitung waktu paruh isotop natrium ini.

$$N = N_0 2^{-\frac{t}{T}}$$

$$0,0625 N_0 = N_0 2^{-\frac{60}{T}} \quad \left(-\frac{60}{T}\right) \log 2 = (\log 6,25) - 2$$

$$-\frac{60}{T} \cdot 0,30103 = 0,79588 - 2$$

$$-\frac{18,0618}{T} = -1,20412 \quad T = \frac{18,0618}{1,20412} = 15 \text{ jam}$$

### TRANSMUTASI

Telah diketahui bahwa adanya perbedaan antara atom yang satu dengan atom yang lain semata-mata karena hanya perbedaan jumlah proton dan neutron yang terdapat dalam inti atom.

Oleh sebab itu jika jumlah proton dan neutron yang menyusun inti dapat kita rubah akan berubah pula atom itu menjadi atom yang lain.

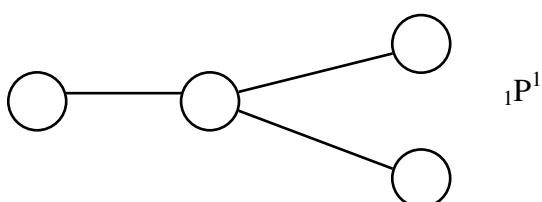
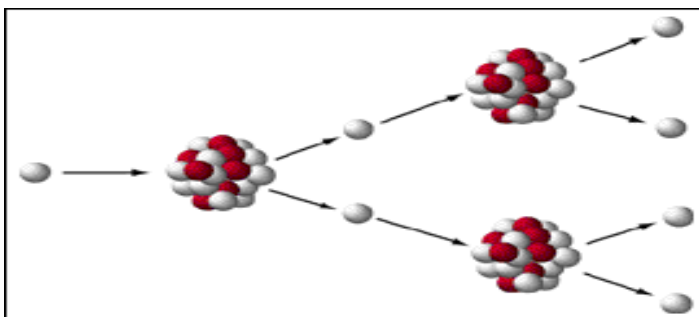
Merubah atom secara buatan lazim disebut TRANSMUTASI

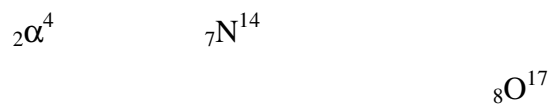
Gagasan merubah inti atom secara buatan dirintis oleh Rutherford.

Pada tahun 1919 Rutherford menempatkan preparat radio aktif yang memancarkan sinar  $\alpha$  didalam tabung yang berisi gas nitrogen.

Setelah selang waktu tertentu, dalam tabung itu terjadi oksigen dan proton.

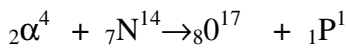
Rutherford berpendapat ada partikel-partikel  $\alpha$  yang membentur inti atom nitrogen sebagai akibat benturan yang amat dasyat, inti nitrogen terbelah menjadi proton dan oksigen.





Peristiwa itu dapat dipandang sebagai reaksi inti antara partikel  $\alpha$  dengan inti nitrogen.

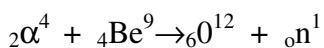
Reaksi ini lazim dituliskan sebagai berikut :



Dalam reaksi berlaku kekalannya massa dan kekekalan muatan.

Jumlah nomor massa dan nomor atom sebelum dan sesudah reaksi adalah sama.

Pada tahun 1937 Chadwick menembaki logam berilium dengan partikel-partikel  $\alpha$  dari unsur radioaktif. Hasilnya diperoleh karbon dan partikel netral yang kira-kira sama dengan proton. Partikel ini disebut neutron.

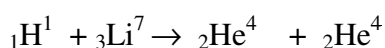


### Tranmutasi oleh partikel-partikel yang dipercepat.

Tranmutasi dengan sinar  $\alpha$  yang berasal dari unsur radioaktif tidak membawa hasil yang memuaskan. Dari sekian banyak partikel-partikel  $\alpha$  hanya beberapa yang dapat mengadakan transmudasi.

Hal ini disebabkan karena partikel  $\alpha$  yang mendekati inti atom yang mengalami gaya tolak, sehingga hanya partikel  $\alpha$  yang kecepatannya besar yang dapat sampai pada inti. Transmutasi akan lebih berhasil bila digunakan partikel-partikel yang kecepatan cukup tinggi. Untuk itu diciptakan alat yang dapat mempercepat partikel bermuatan yang disebut Cyclotron.

Pada tahun 1932 Coekroft dan Walton melaporkan hasil reaksi inti dengan proton.



Pada reaksi inti tersebut jumlah energi sebelum reaksi adalah:

$$\text{energi massa proton} = 1,007825 \text{ sma}$$

$$\text{energi massa litium} = 7,016005 \text{ sma}$$

$$\text{energi kinetik proton}$$

$$150 \text{ keV} = 0,000160 \text{ sma} \quad +$$

$$\text{jumlah} = 8,023990 \text{ sma}$$

Jumlah energi sesudah energi :

$$\text{energi massa helium } 2 \times 4,0026 = 8,0052 \text{ sma}$$

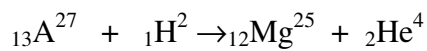
$$\text{ada selisih sebesar } 8,023990 - 8,0052 = 0,01879 \text{ sma}$$

$$= 17,4939 \text{ MeV}$$

Ketika diukur energi kinetik kedua atom He diperoleh sebesar 17,0 MeV

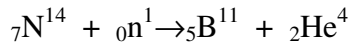
Suatu persesuaian yang cukup baik.

### Transmutasi dengan detron yang dipercepat.



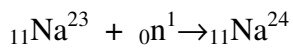
### Transmutasi dengan neutron.

Neutron merupakan partikel netral, sangat baik untuk mengadakan transmutasi, sebab hanya mengalami gaya tolak yang kecil ketika menghampiri inti.



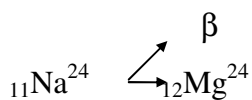
Neutron yang dipakai untuk transmutasi diproduksi dalam reaktor atom.

Dengan neutron tersebut dapat diperoleh berbagai macam radio isotop.



Natrium yang diperoleh adalah isotop radioaktif.

Dengan memancarkan sinar  $\beta$ , isotop natrium berubah menjadi magnesium yang stabil.



### DOSIS PENYERAPAN

Jika sinar radioaktif mengenai suatu materi, maka sinar radioaktif itu akan diserap oleh materi tersebut. Besar energi pengion yang diserap oleh materi yang dilalui sinar radioaktif tergantung pada sifat materi dan berkas sinar radioaktif.

DOSIS PENYERAPAN adalah banyaknya energi radiasi pengion yang diserap oleh satu satuan massa materi yang dilalui sinar radioaktif.

Satuan dosis penyerapan adalah Gray (Gy) atau rad.

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ joule/ kg}$$

$$1 \text{ Gy} = 0,01 \text{ joule/ kg}$$

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

Persamaan dosis penyerapan

$$D = \frac{E}{M}$$

E = energi yang diberikan oleh radiasi pengion, satuannya joule.

M = massa materi yang menyerap energi, satuannya kg

D = dosis penyerapan, satuannya Gy atau rad.

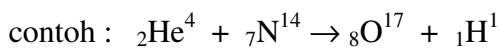
### PARTIKEL ELEMENTER

Meson adalah partikel yang massanya diantara massa proton dan elektron dapat bermuatan positif, negatif dan netral. Meson ada dua macam yaitu meson  $\mu$  dan meson  $\pi$ . Neutrino adalah partikel yang tidak bermuatan dan massanya kurang dari massa elektron, pasangannya adalah antineutrino.

Hyperon, massanya diantara proton dan neutron.

## REAKSI INTI

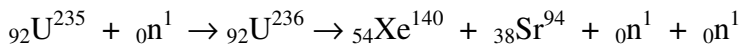
Zat radioaktif alam mempunyai inti yang berubah dengan sendirinya setelah memancarkan sinar radioaktif., tetapi inti atom yang tidak bersifat radioaktif dapat diubah sehingga menjadi zat radioaktif (radioaktif buatan).yaitu dengan jalan menembaki inti itu dengan partikel-partikel (ingat peristiwa transmutasi) yang mempunyai kecepatan tinggi. Penembakan inti dengan kecepatan tinggi ini disebut reaksi inti.



## REAKSI BERANTAI

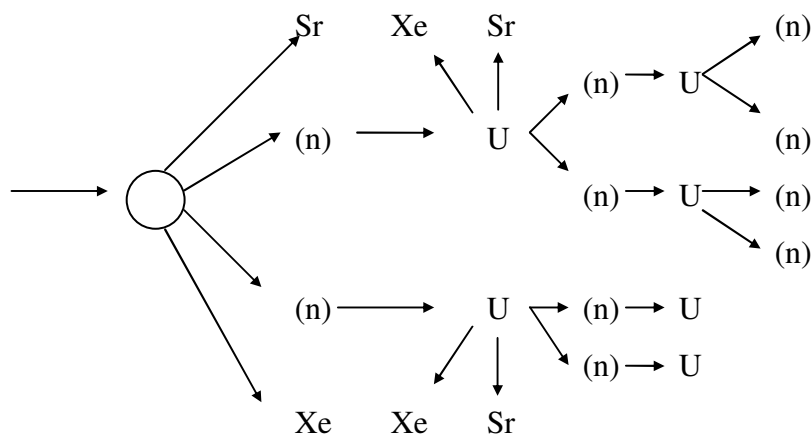
Reaksi yang berulang hanya berakhir akibat zat yang bereaksi itu habis atau berubah menjadi zat yang lain.

contoh : Reaksi berantai ENRICO PERMI (1937)



tak stabil

Hasil reaksi ini masih mengandung 2 buah NETRON ( $0n1$ ) sehingga neutron ini akan menembak uranium lain sehingga terjadi reaksi seperti semula.

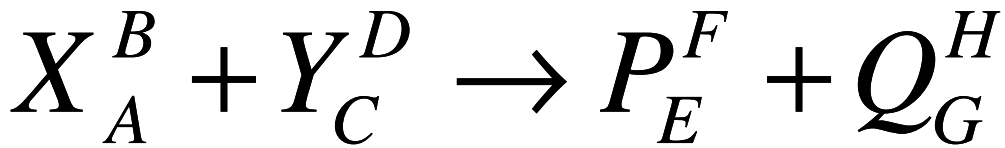


Tiada reaksi seperti ini akan dibebaskan tenaga dalam bentuk panas.

## Penembakan inti dengan kecepatan tinggi ini disebut : REAKSI INTI

4 Hukum yang berlaku dalam reaksi Inti

1. Hukum kekekalan nomor atom
2. Hukum kekekalan nomor massa
3. Hukum kekekalan energi
4. Hukum kekekalan momentum



$$E_{\text{reaksi}} = \left\{ \underset{\substack{\downarrow \\ \text{Kg}}}{m_X} + \underset{\substack{\downarrow \\ \text{Kg}}}{m_Y} \right\} - \left\{ \underset{\substack{\downarrow \\ \text{Kg}}}{m_P} + \underset{\substack{\downarrow \\ \text{Kg}}}{m_Q} \right\} \underset{\substack{\downarrow \\ 3.10^8}}{c^2}$$

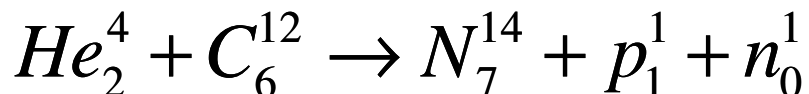
Joule

$$E_{\text{reaksi}} = \left\{ \underset{\substack{\downarrow \\ \text{sma}}}{m_X} + \underset{\substack{\downarrow \\ \text{sma}}}{m_Y} \right\} - \left\{ \underset{\substack{\downarrow \\ \text{sma}}}{m_P} + \underset{\substack{\downarrow \\ \text{sma}}}{m_Q} \right\} 931 \text{ MeV}$$

MeV

#### CONTOH SOAL 4

Perhatikan reaksi inti C-12 menjadi N-14 :



Jika massa  ${}_2He^4=4,003$  sma, massa  ${}_6C^{12}=12,00$  sma  
 ${}_7N^{14}=14,003$  sma,  ${}_1p^1=1,007$  sma dan  ${}_0n^1=1,008$  sma, **Hitunglah berapa joule energi yang Diserap pada reaksi tersebut.**

$$E_{\text{diserap}} = (mN_7^{14} + mp_1^1 + mn_0^1) - (mHe_2^4 + mC_6^{12})$$

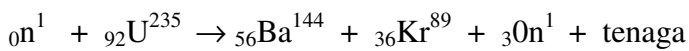
$$E_{\text{diserap}} = \{(14,003 + 1,007 + 1,008) - (4,03 + 12,00)\} 931 \text{ MeV}$$

$$E_{\text{diserap}} = 0,015.931 \text{ MeV} = 13,963.1,6.10^{-13} \text{ J} = 2,2344.10^{-12} \text{ J}$$

#### REAKSI FISI DAN FUSI

a. FISI : adalah reaksi pembelahan dari sebuah atom menjadi dua bagian atom lain yang disertai dengan pelepasan tenaga.

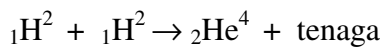
contoh :



(bahan baku : unsur berat (misal : uranium ))

b.FUSI adalah reaksi penggabungan 2 buah unsur ringan disertai pengeluaran tenaga.

contoh :



-tenaga fusi > tenaga fisi

-fisi lebih mudah terjadi daripada fusi, (fusi temperatur harus tinggi).

### ALAT-ALAT DETEKSI

a. Pencacah Geiger (penghitung Geiger Muller)

b. Kamar kabut Wilson (Geiger Chamber)

c. Imulsi Film

d. Detektor Sintilasi

Orang mengenal radiasi radioaktif pertama kali melalui pelat foto, kemudian berkembang menjadi alat deteksi emulsi fotografi. Perkembangan alat deteksi tersebut kemudian disusul dengan detektor Geiger Muller yang memanfaatkan ionisasi menjadi pulsa listrik. Kemudian alat ini berkembang menjadi tabung ionisasi dan tabung detektor proporsional. Dengan ditemukannya bahan-bahan sintilasi, yaitu bahan yang jika ditembus radiasi akan memancarkan cahaya, timbul adanya detektor sintilasi.

Pada dasarnya sistem peralatan deteksi radiasi dapat digolongkan menjadi dua bagian utama, bagian pertama adalah transduser yang disebut detektor, yaitu berupa alat yang mengubah radiasi radioaktif menjadi sinyal listrik. bagian kedua berupa alat elektronik yang mampu memperkuat dan memproses sinyal listrik menjadi besaran yang diamati.

Detektor tabung ionisasi, tabung proporsional dan tabung Geiger Muller merupakan alat yang sejenis. Semuanya memiliki bentuk dasar yang sama serta mempergunakan ruang tertutup yang berisi gas atau campuran gas, dilengkapi dengan anoda dan katoda dengan bentuk sedemikian rupa, sehingga medan listrik memungkinkan terjadi ionisasi secara efisien. Jadi, semua memanfaatkan ionisasi menjadi pulsa listrik. Detektor sintilasi mempergunakan dasar penyeleksian yang sangat berbeda dengan jenis tabung Geiger Muller. Detektor sintilasi memanfaatkan cahaya yang timbul pada interaksi radiasi, sehingga memerlukan bahan yang mengeluarkan cahaya jika kena radiasi, seperti pada layar CRO atau layar televisi. bahan yang demikian itu disebut sintilator. Sintilator mempunyai sifat

bahwa intensitas cahaya yang timbul sebanding dengan energi radiasi yang mengenainya, sehingga sangat menguntungkan jika digunakan untuk mengukur energi radiasi.

### TABUNG DETEKTOR GEIGER MULLER (GM)

Detektor GM bekerja pada tegangan yang sangat tinggi, yaitu 1000volt - 1400volt. Detektor ini menghasilkan sebuah pulsa listrik dari setiap partikel tunggal yang datang padanya., dan tidak tergantung pada energi radiasi. Biasanya detektor ini digunakan untuk mendeteksi sinar gamma (yang mudah menembus dinding tabung) namun sinar betapapun dapat dideteksi, yaitu melalui jendela ujung yang biasanya terbuat dari mika yang sangat tipis agar sinar beta dapat menembusnya.

Sinar gamma yang menembus dinding (katoda) menyebabkan atom gas terionisasi, sehingga ada elektron yang keluar dari ikatan atomnya, kemudian menumbuk anoda sehingga terjadi pulsa listrik yang kemudian diperkuat dan dicatat pada alat pencatat (scaler). Dengan demikian untuk sinar beta, akan menjadi ionisasi. Ion negatif menuju anoda sebagai pulsa listrik dan seterusnya.

### **TABUNG SINTILASI**

Setiap partikel radiasi didalam sintilator menghasilkan satu pulsa cahaya. Radiasi yang datang pada sintilator akan menimbulkan foton, akibat dari eksitasi atom gas. Foton ini kemudian diteruskan ke bagian-bagian photomultiplier yang dalamnya terdapat dynode-dynode yang berurutan yang diberi tegangan satu lebih tinggi. Foton tersebut menumbuk dynoda sehingga menghasilkan foto elektron. Foto elektron tersebut kemudian menumbuk dynoda berikutnya dan akhirnya terjadi elektron sekunder, sehingga didapatkan elektron berlipat ganda. Elektron ini dipergunakan untuk pengukuran energi radiasi (sopektrometri energi) ukuran pulsa-pulsa listrik yang terjadi sebanding dengan energi radiasi dan jumlah pulsa sebanding dengan jumlah partikel radiasi.

### **KAMAR KABUT WILSON**

Uap (alkohol) jenuh diembunkan pada ion-ion udara yang ditimbulkan oleh radiasi. Akibatnya, terlihat garis putih dari tetesan-tetesan zat cair yang sangat kecil, yang merupakan jejal lintasan dalam kamar tersebut, asal diterangi dengan tepat. Perlu dicatat, bahwa yang kita lihat hanyalah jejal lintasan, bukan radiasi yang menimbulkan ionisasi.

terdapat tiga jenis kamar kabut yaitu :

- Expansion cloud chamber (kamar kabut pemuai)
- Diffusion cloud chamber (kamar kabut difusi)
- Bubble chamber (kamar gelembung)

pada bubble chamber radiasi yang mengionkan akan meninggalkan jejal berupa gelembung-gelembung didalam hidrogen cair. Pada sistem ini perkiraan massa dan kelanjutannya dapat diperoleh, berdasarkan hukum kekekalan energi dan momentum.

### **EMULSI FILM**

Garis-garis sinar dari ketiga jenis radiasi, dapat juga dipelajari pada film fotografi. Emulsi film foto, dapat mengurangi jangkauan partikel alpha sekitar 0,002mm dan bahkan garis lintasan partikel beta, hanya sekitar 1 mm. Karena itu, harus menggunakan mikroskop untuk mengamatinya. Emulsi nuklir yang khusus, digunakan untuk maksud ini. Emulsi tersebut lebih tebal dari biasanya dan mempunyai kepekaan butir-butir perak bromida yang lebih tinggi. Metoda ini mempunyai keuntungan karena secara otomatis diperoleh rekaman yang permanen dari gejala yang dipelajari.

### TEKNOLOGI NUKLIR

Pada tahun 1939 diketemukan reaksi pembelahan inti (reaksi fisi). Tiga tahun kemudian (pada tahun 1942) ENRICO FERMI berhasil membuat reaksi fisi berantai yang dikendalikan. Berdasarkan hasil tersebut terciptalah reaktor nuklir, yaitu suatu alat untuk menimbulkan reaksi berantai yang terkendali.

Neutron-neutron yang terjadi pada reaksi fisi dikendalikan jumlahnya, sehingga energi yang timbul juga dapat dikendalikan. Energi yang ditimbulkan pada reaktor nuklir itu dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kesejahteraan umat manusia.

Perbedaan diantara reaktor atom dengan bom atom, adalah dalam hal laju pembebasan energinya. Pada sebuah bom atom, faktor multiplikasi neutronnya lebih besar dari 1; sehingga reaksi berantai yang terjadi dengan sangat cepat dan timbul ledakan. Pada reaktor atom faktor multiplikasi neutronnya dijaga sangat dekat dengan 1,0 sehingga reaktor tetap tepat sedikit diatas batas “kritis”nya dan energi yang dibebaskan dengan lambat. Reaksi berantainya tetap dan terkontrol sehingga secara rata-rata, hanya satu neutron dari setiap fisi yang menghasilkan fisi selanjutnya.

Banyak persoalan, yang berhubungan dengan reaktor atom; dimulai dari masalah keselamatan hingga pengotoran lingkungan.

- Masalah keselamatan adanya salah fungsi, dalam hal ini bagian-bagian fisi yang berkadar radioaktif tinggi akan terlepas ke atmosfer. Efeknya terhadap kehidupan manusia, dapat sangat serius sekali dan ini bergantung kepada banyaknya radioaktif yang terlepas itu. (Contoh kecelakaan reaktor di “Three mile island” (1979) dan “Chernobil” (1988)).
- Masalah serius lainnya adalah “sisa” bahan bakarnya yang mengandung pecahan-pecahan fisi dengan kadar radioaktivitas tinggi yang dibuang sebagai “sampah” kebocoran “sampah radioaktif”, mungkin saja terjadi dan telah pernah terjadi. Sesungguhnya, suatu cara pembuangan radioaktif yang memuaskan belum ditemukan. Bumi kita yang terbatas ukurannya, tak akan mampu menyimpan semua sampah radioaktif dengan aman.
- Persoalan lain lagi dari pusat pembangkit daya bertenaga nuklir, adalah karena ia memerlukan air pendingin yang akan dibuang pada suhu yang jauh lebih tinggi dari suhu normal, biasanya, dibuang ke laut, sungai atau ke udara. Polusi termal, dapat memusnahkan ekologi air di sekitarnya, atau mempengaruhi cuaca, apabila menggunakan menara pendingin di udara terbuka.

Energi nuklir menjanjikan keuntungan bila dibandingkan energi dari bahan bakar fosil yang konvensional (biasanya, menimbulkan sedikit polusi udara) dan dalam menghadapi krisis persediaan bahan bakar fosil, energi nuklir merupakan sumber energi alternatif. Namun demikian, persediaan uranium yang dapat mengalami proses fisi, juga terbatas. Suatu **breeder reactor** (reaktor yang dapat memperkaya bahan bakar nuklir) menolong



mengatasinya. Suatu breeder reactor adalah suatu reaktor yang memanfaatkan sebagian neutron hasil  $^{235}\text{U}_{92}$  untuk diserap  $^{238}\text{U}_{92}$  dan diperoleh  $^{239}\text{Pu}_{94}$  melalui sederetan reaksi.

Berdasarkan fungsinya, reaktor nuklir dibedakan sebagai berikut :

- Reaktor penelitian**, yaitu reaktor yang dipergunakan untuk penelitian di bidang fisika, kimia, biologi, pertanian, industri, kedokteran, dan di bidang teknologi lainnya.
- Reaktor daya**, yaitu reaktor yang dapat menghasilkan tenaga listrik (PLTN).
- Reaktor produksi isotop**, yaitu reaktor yang dipergunakan untuk memproduksi radioisotop, yang akan dipergunakan dalam bidang kedokteran, pertanian, industri dan sebagainya.

Indonesia kini telah memiliki tiga reaktor nuklir untuk penelitian dan untuk memproduksi radioisotop. Tiga reaktor itu adalah :

- Reaktor Triga Mark II** di Bandung dengan daya 1 mega watt (Triga singkatan dari Training Research and Isotop Production by General Atomic). Reaktor ini berfungsi untuk penelitian dan untuk memproduksi radioisotop.
- Reaktor Kartini** di Yogyakarta. Reaktor dengan daya operasi maksimal 250 kilowatt, juga merupakan reaktor penelitian dan produksi radioisotop.
- Reaktor serba guna** di Serpong, dengan nama MPR 30 (Multi Purpose Reactor) dengan daya operasi 30 megawatt. Reaktor ini berfungsi untuk latihan, penelitian dan memproduksi radioisotop.

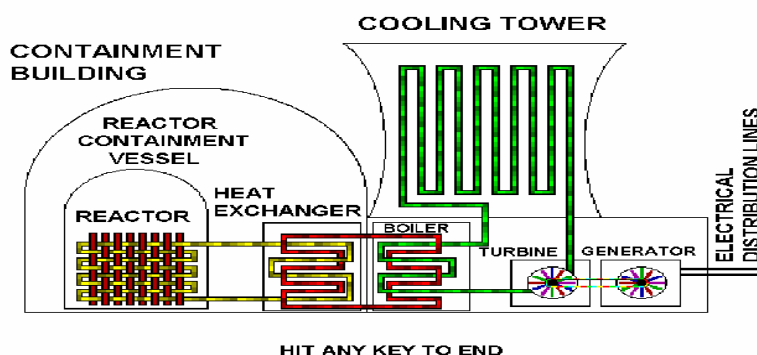
Menurut jenis pendingin yang dipergunakan, reaktor dibedakan sebagai berikut:

- Reaktor pendingin air ringan ( $\text{H}_2\text{O}$ )**. Ada dua macam, yaitu reaktor air tekan (PWR = Pressurized Water Reactor) dan reaktor air didih (BWR = Boiling Water Reactor).
- Reaktor pendingin air berat ( $\text{D}_2\text{O}$ ).
- Reaktor pendingin gas
- Reaktor pendingin logam cair (Sodium).

Reaktor atom yang dibicarakan diatas disebut **THERMAL REACTOR** (reaktor panas) sebab proses fisinya disebabkan oleh neutron lambat dengan energi panas; yaitu energi yang sama dengan energi kinetik rata-rata dari atom-atom yang melingkunginya.

### **BAGIAN-BAGIAN REAKTOR ATOM.**

((((((((((((((((GAMBAR))))))))))))))))



### **Bahan bakar.**

Bahan bakar sebagai sumber energi terdapat di dalam teras reaktor, yaitu berupa Uranium-235. Uranium dibungkus dalam klongsong agar hasil radioaktif dari reaksi fisi tetap terselubung (tidak terpancar keluar).

### **Moderator.**

Moderator berfungsi untuk menurunkan energi neutron dari energi tinggi ke energi thermal (rendah) melalui tumbukan. Pada reaksi fisi, neutron yang dihasilkan memiliki energi tinggi, sedangkan untuk menghasilkan reaksi fisi diperlukan neutron yang memiliki energi thermal (rendah) yaitu kurang lebih 0,025 eV. Dengan demikian, syarat yang harus dipenuhi sebagai bahan moderator adalah setiap neutron yang menemukannya akan kehilangan energi sebesar mungkin.

Biasanya bahan moderator yang dipilih adalah unsur-unsur yang nomor massanya kecil, misalnya H<sub>2</sub>O (air ringan), D<sub>2</sub>O (air berat) dan grafit, sekaligus sebagai pendingin primer.

### **Batang Kendali (pengontrol).**

Batang kendali terbuat dari bahan yang mempunyai kemampuan menyerap neutron sangat besar. Alat ini berfungsi untuk mengendalikan jumlah populasi neutron yang terdapat di dalam teras reaktor, yang berarti pula mengendalikan reaksi fisi dan energi yang terjadi. Bahan batang kendali yang biasa dipergunakan adalah Kadmium, boron, dan hafnium.

### **Perisai radiasi (Shielding)/ dinding pelindung.**

Perisai radiasi berfungsi untuk menahan radiasi yang dihasilkan proses pembelahan inti. Hal ini bertujuan supaya para pekerja dapat bekerja dengan aman di sekitar reaktor.

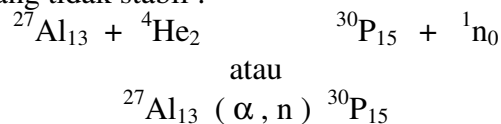
### **Pendingin sekunder atau pemindahan panas.**

Alat ini berfungsi untuk memindahkan panas dari pendingin primer. Panas dapat dipindahkan dengan mengalirkan air ke tempat pemindah panas, kemudian keluar reaktor untuk didinginkan.

## **RADIOISOTOP.**

Radioisotop yang dipergunakan di berbagai bidang seperti pertanian, kedokteran dan industri, tidak terdapat di alam. Oleh karena itu harus dibuat dari nuklida stabil dalam reaktor.

Unsur radioaktif buatan yang pertama, dihasilkan oleh Irene Joliot – Currie (anak perempuan penemu radium – Marie Currie) dan suaminya. Mereka “menembaki” aluminium dengan partikel-partikel dan sebagai hasil dari reaksi inti yang terjadi, diperoleh isotop fosfor yang tidak stabil :



Semenjak itu, radioisotop buatan (= isotop sesuatu unsur yang bersifat radioaktif) dari setiap unsur, telah dihasilkan dan pada masa sekarang, telah dikenal sekitar 1500 unsur. Radioisotop, dibuat dengan cara “menembaki” suatu unsur yang stabil dengan neutron di dalam reaktor atom, atau dengan partikel-partikel bermuatan di dalam suatu “accelerator partikel”. Contoh radioisotop yang telah dibuat BATAN, yaitu Na<sup>24</sup>, P<sup>32</sup>, Cr<sup>51</sup>, I<sup>131</sup>.

## **KEGUNAAN RADIOISOTOP.**

### **Bidang kedokteran.**

Dengan menggunakan detektor, radioisotop di dalam tubuh manusia dapat di deteksi : Adapun fungsi radioisotop adalah untuk :

1. Mengetahui keefektifan kerja jantung dengan menggunakan Sodium – 24.
2. Menentukan lokasi tumor otak, mendekati tumor kelenjar gondok, dipergunakan Yodium – 131.
3. Penanganan penderita Leukimia, dengan Phosporus – 32.
4. Penyembuhan kanker dan tumor dengan cara penyinaran, seperti sinar x dan untuk steril alat-alat kedokteran.

### **Bidang industri.**

Dengan menggunakan sinar gamma, dapat diketahui suatu pipa logam dalam keadaan bocor atau tidak. Sinar gamma dapat dipancarkan dari radioisotop Cobalt – 60 dan Iridium – 192 yang dilewatkan pada bagian logam yang diperiksa. Sinar gamma dapat dideteksi dengan menggunakan detektor. Dengan detektor ini dapat diketahui keadaan logam bocor atau tidak.

**Bidang hidrologi.**

Salah satu kegunaan radioisotop di bidang hidrologi adalah untuk mengukur kecepatan aliran atau debit aliran. Dalam hal ini sebagai perunut, diukur dari perubahan intensitas pancaran di dalam aliran untuk jangka waktu yang sama.

**Bidang pertanian.**

Dengan radiasi sinar gamma dari Co-60 akan didapatkan mutasi sel tumbuhan hingga dapat menimbulkan generasi yang lebih baik dan mendapatkan bibit yang lebih unggul daripada induknya.

**Bidang industri.**

Contoh, kaos lampu petromaks menggunakan larutan radioisotop thorium dalam batas yang diperkenankan, agar nyalanya lebih terang.

## TUGAS

1. Massa  $Ne_{10}^{20}$  sama dengan 19,9988 s.m.a Berapa energi ikatnya ?  
(155,43045 MeV)
2. Hitung energi ikat triton. (8,4805 MeV)
3. Berapa MeV energi yang diperlukan untuk membelah sebuah partikel alfa menjadi dua deteron ? (24,206 MeV)
4. Setelah 60 jam sample  $Na_{11}^{24}$  yang memancarkan sinar beta, ternyata yang tinggal hanya 6,25 % hitung waktu paroh sample ini. (15 jam)
5. HVL suatu zat 2 cm, hitung koefisien pelemhan zat tersebut. (0,3465  $cm^{-1}$ )
6. Suatu unsur radioaktif akan meluruh separohnya dalam waktu 100 detik. Berapa konstanta peluruhan unsure tersebut. ( $6,93 \cdot 10^{-3} \text{ det}^{-1}$ )
7. Seberkas sinar gamma diarahkan pada suatu aluminium setebal 10 cm. Setelah keluar dari aluminium tersebut ternyata intensitasnya tinggal 39 %, hitung koefisien pelemahan zat. (0,094  $cm^{-1}$ )

8. Hitung aktivitas dari 0,5 gram  $Ra_{88}^{226}$  yang waktu paruhnya 1622 tahun. ( $1,805 \cdot 10^{10}$  peluruhan/det)

9. Aktivitas  $3 \cdot 10^{-9}$  Kg radioaktif  $Au_{79}^{200}$  ialah 58,9 Ci. Hitung waktu paruhnya.  
(47,8 menit)

10. Dalam proses fisi sebuah inti  $U_{92}^{235}$  lewat penyerapan neutron membebaskan energi yang dapat dimanfaatkan sekitar 185 MeV. Jika  $U_{92}^{235}$  dalam sebuah reactor secara terus menerus membangkitkan daya sebesar 100 MWatt, berapakah waktu yang diperlukan untuk menghabiskan 1 Kg uranium ? (8,78 hari)

11. Apabila Inti  $Li_3^6$  ditembaki dengan berkas detron 4 MeV, maka dari satu reaksi yang terjadi teramati bahwa terbentuk dua partikel alfa, masing-masing dengan energi 13,2 MeV. Tentukan nilai Q reaksi ini. (22,4 MeV)

12. Jika Mr dari :  $Sm_{62}^{150} = 149,917276$  sma ;  $p_1^1 = 1,007825$  sma ;  $\alpha_2^4 = 4,002603$  sma ;  $Pm_{61}^{147} = 146,915108$  sma dan  $1 \text{ sma } c^2 = 931,5$  MeV maka hitunglah Q reaksi :  
 $Sm_{62}^{150}(p, \alpha)Pm_{61}^{147}$  (6,88 MeV)

====o0o====