

Dasar-dasar Fisika Radiasi

Direktorat Pengembangan Kompetensi BRIN

Achmad Faturrahman Jundi, M.Si.

BIODATA

- Nama : Achmad Faturrahman **Jundi**
- Pendidikan : S1 Fisika - Universitas Indonesia
S2 Fisika Medis – Universitas Indonesia
S3 Ilmu Fisika – Universitas Indonesia (*ongoing*)
- Fungsional : Peneliti
- Institusi : PRTKMMN – ORTN – BRIN
- Pelatihan :
 - Radiation Protection Officer Medic Level 1
 - Studying Cell and Tissue Structure with Aquilos 2 Cryo-EM
 - Radiological Consequences Model (Radcon) Software Training Workshop
 - Training on Biological and Internal Dosimetry in Hiroshima University
 - PHITS Simulation Workshop by JAEA



TUJUAN PEMBELAJARAN UMUM

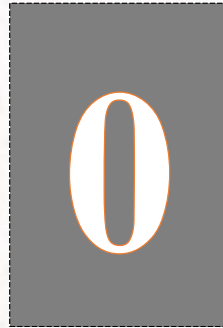
Peserta mampu menjelaskan **proses pembentukan radiasi** dan **proses peluruhan inti atom**. Peserta juga mampu mengklarifikasi **sifat, jenis dan interaksi radiasi dengan materi**.

TUJUAN PEMBELAJARAN KHUSUS

1. Menggambarkan struktur atom berdasarkan model atom Bohr,
2. Menguraikan proses transisi elektron,
3. Membedakan istilah isotop, isobar, isoton, dan isomer,
4. Menguraikan mekanisme produksi sinar-X karakteristik dan *bremstrahlung*,
5. Menyebutkan sifat radiasi gamma, sinar-X, dan elektron.

SISTEMATIKA POKOK BAHASAN

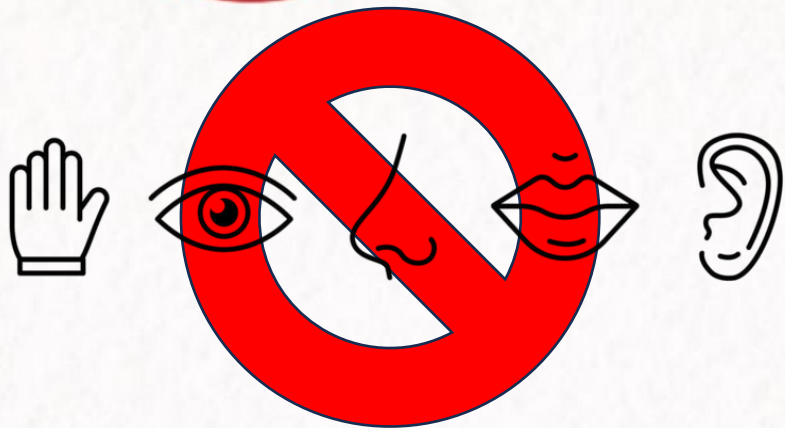
1. Struktur Atom dan Inti Atom
2. Peluruhan Radioaktif
3. Interaksi Radiasi dengan Materi
4. Sumber Radiasi



PENDAHULUAN

RADIASI

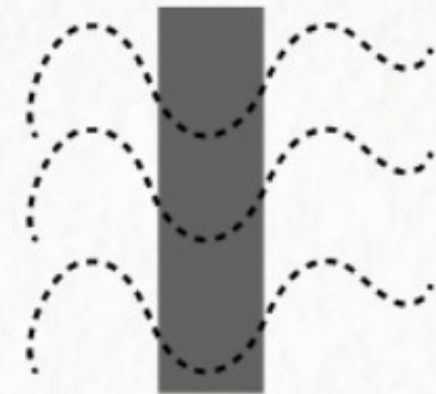
- **Energi yang terpancar dari materi (atom)** dalam bentuk **gelombang** atau **partikel**.



Tidak bisa dirasa

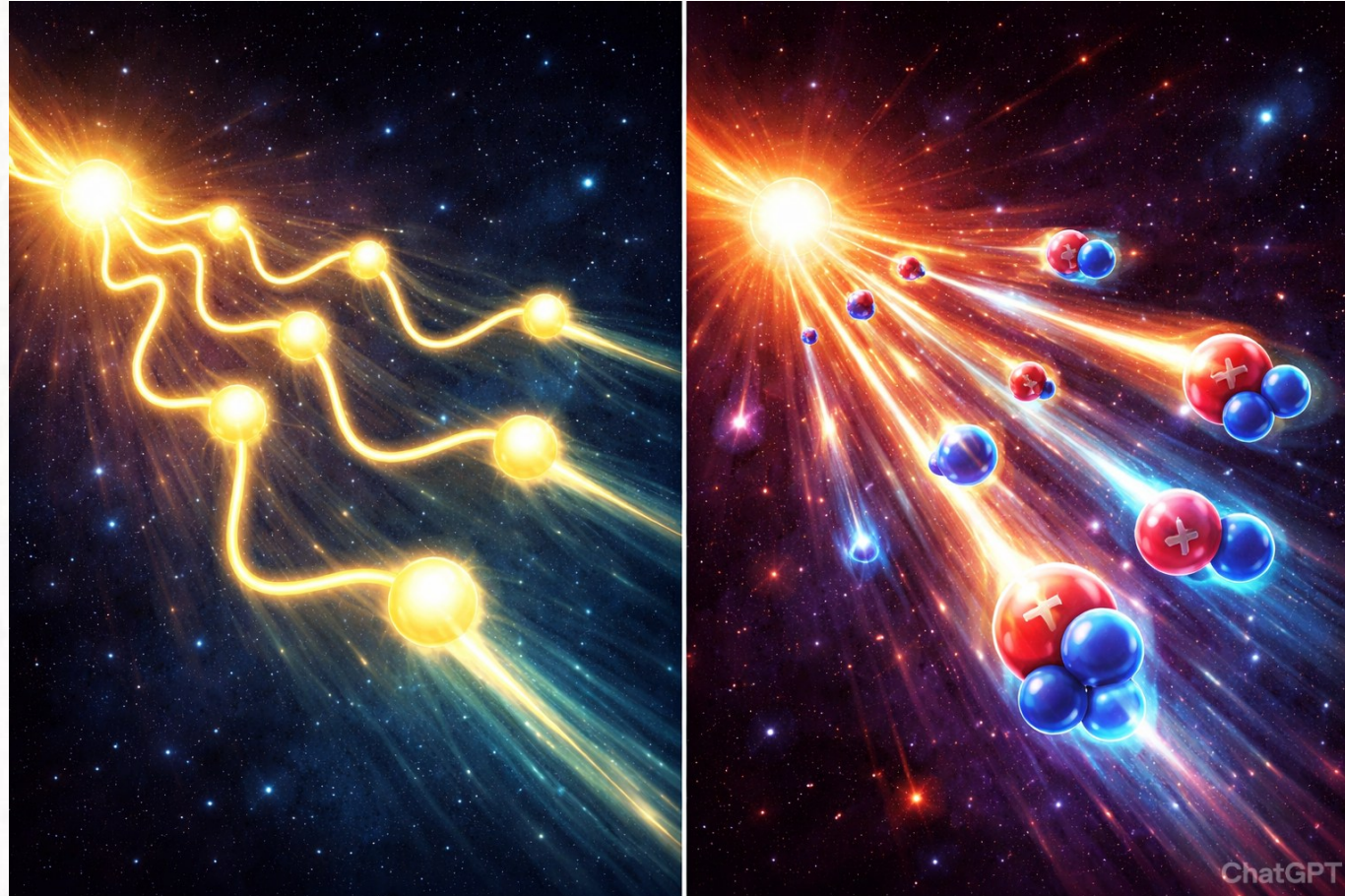


Memancar ke segala arah



Menembus materi

Radiasi sebagai Gelombang vs Partikel



KLASIFIKASI RADIASI

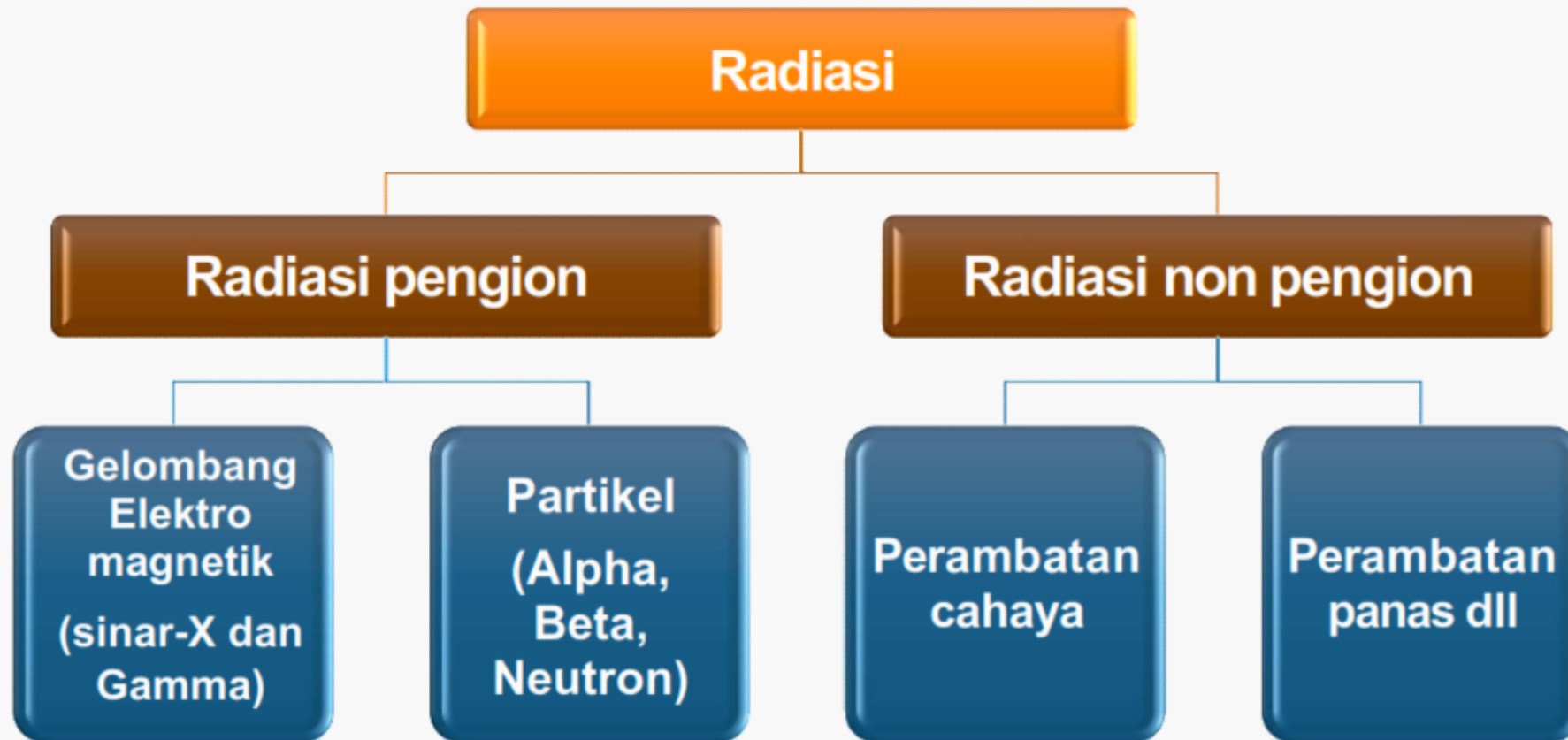
Radiasi Pengion

Mampu mengionisasi materi yang dilaluinya

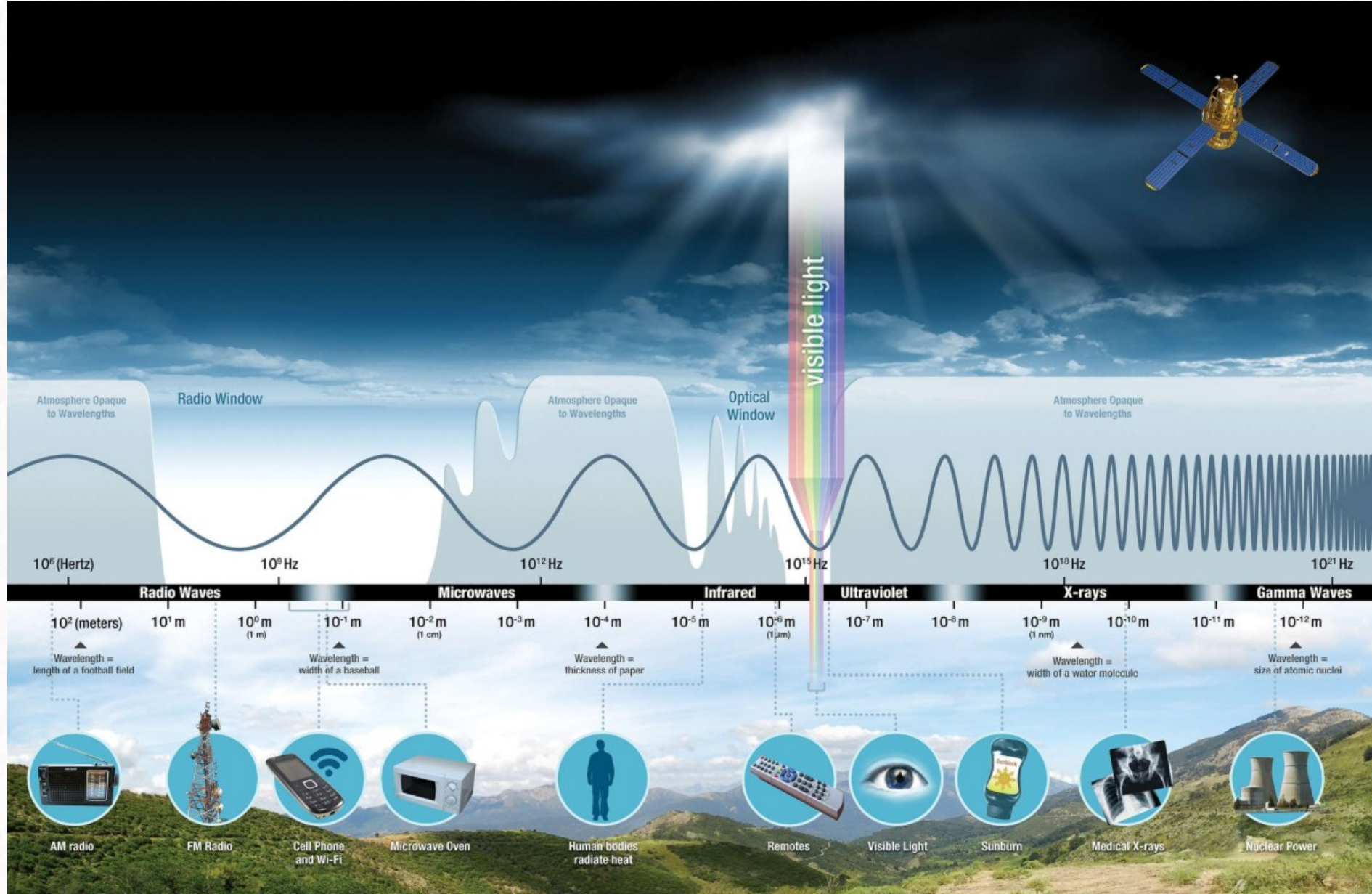
Radiasi Non-pengion

Tidak menyebabkan terjadinya ionisasi pada materi yang dilaluinya

KLASIFIKASI RADIASI



RADIASI SEBAGAI GELOMBANG

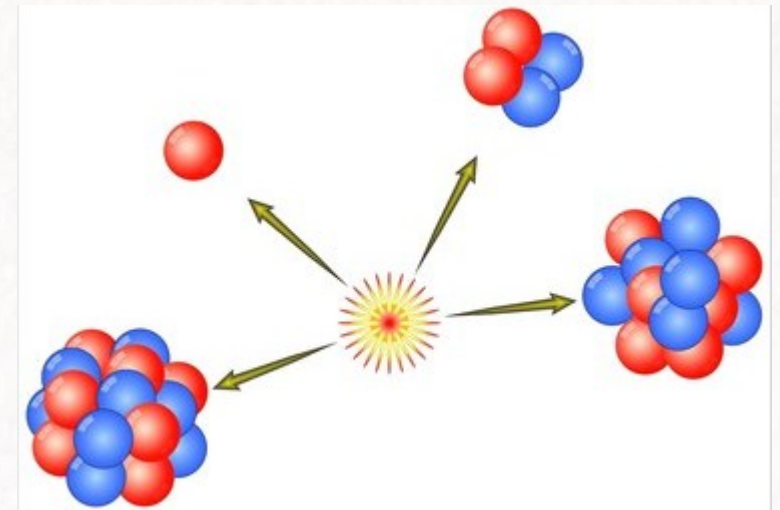
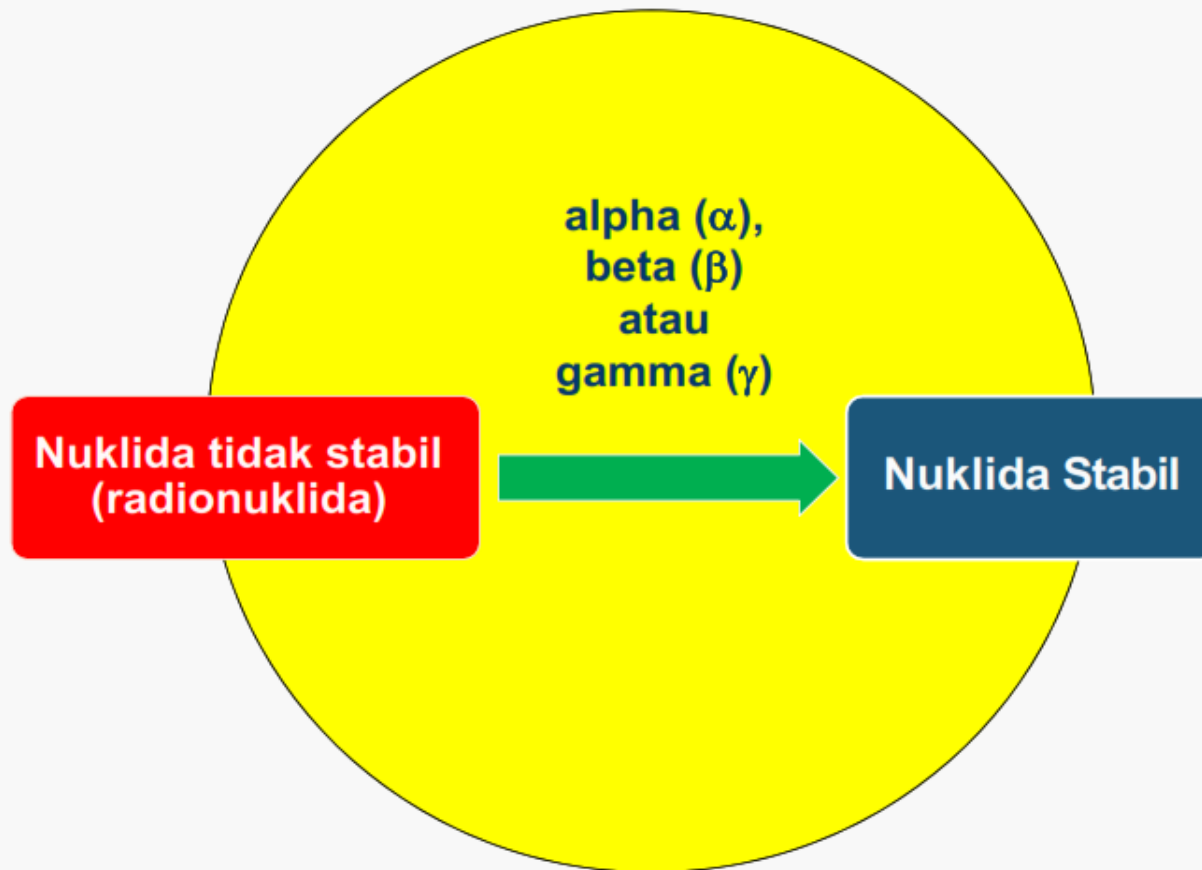


POP QUIZ

Manakah yang termasuk sumber radiasi pengion?



RADIASI SEBAGAI PARTIKEL



Pancaran partikel dari inti (nuklida) atom



STRUKTUR ATOM DAN INTI ATOM

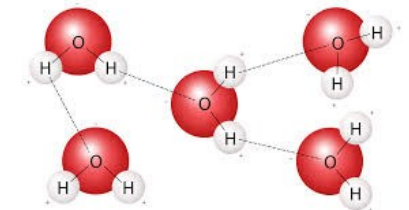
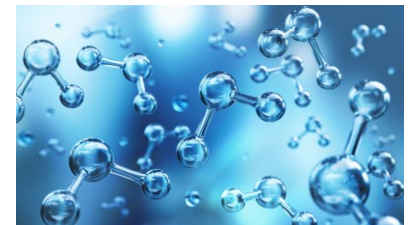
STRUKTUR ATOM

MATERI

Benda yang tersusun dari berbagai molekul, yang terdiri dari beberapa atom

ATOM

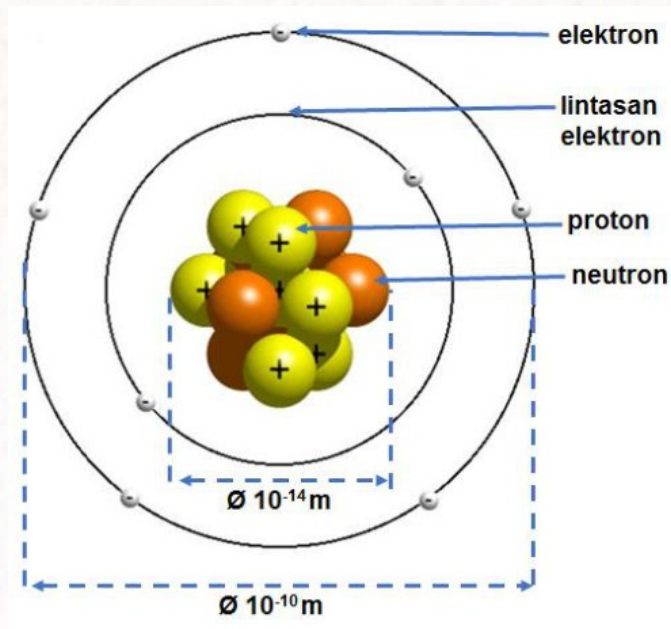
Bagian terkecil dari suatu materi yang memiliki sifat dasar dari materi tersebut



STRUKTUR ATOM

Model Atom Bohr (Elektron, dan Inti Atom)

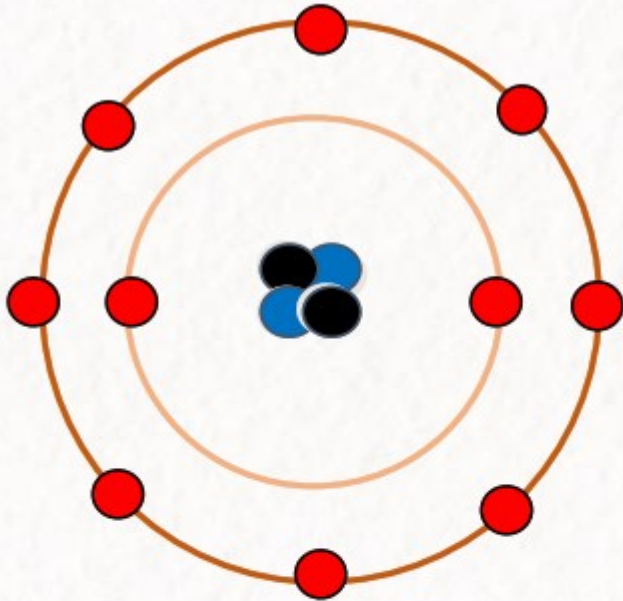
- Atom terdiri atas inti atom dan elektron-elektron yang mengelilingi inti atom dengan lintasan-lintasan (kulit) tertentu.



Partikel	Muatan Listrik		Massa	
	Coulomb	Elementer	kg	Satuan Massa atom (sma)
Elektron	$-1,6 \times 10^{-19}$	-1	$9,1 \times 10^{-31}$	0
Proton	$+1,6 \times 10^{-19}$	+1	$1,67 \times 10^{-27}$	1
Neutron	0	0	$1,67 \times 10^{-27}$	1

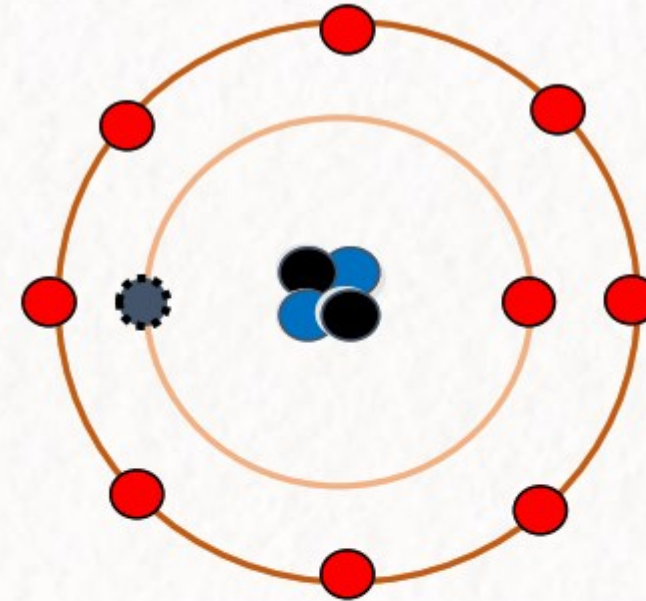
STRUKTUR ATOM

Atom Stabil dan Tidak Stabil



Atom Stabil

Setiap lintasan yang lebih dalam **terisi penuh** dengan elektron sesuai dengan **kapasitasnya**



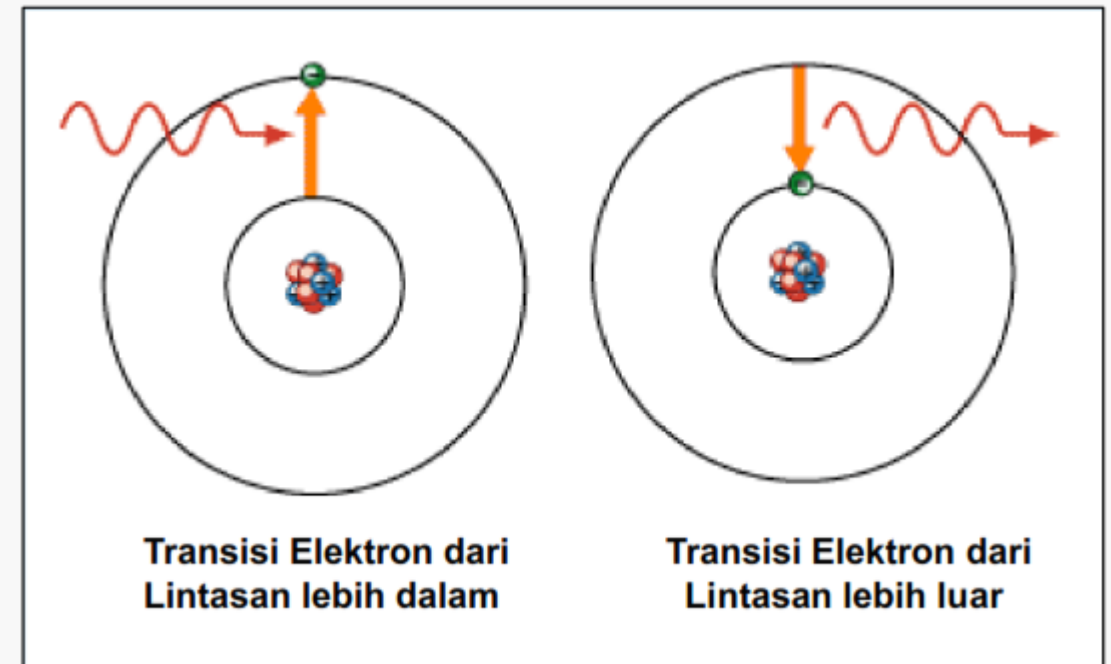
Atom Tidak Stabil

Ada lintasan yang lebih dalam yang **tidak terisi penuh** dengan elektron sesuai dengan **kapasitasnya**

STRUKTUR ATOM

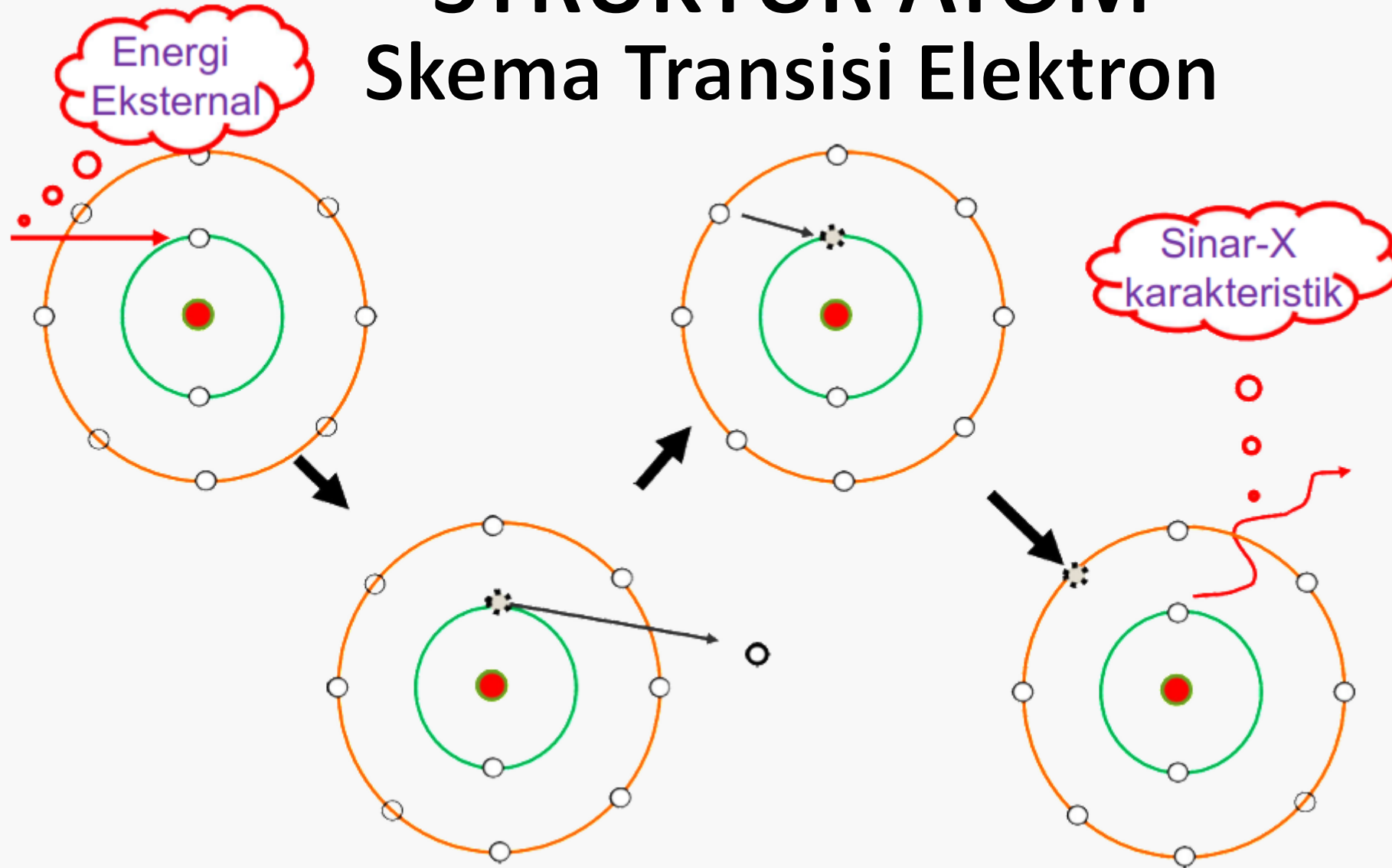
Transisi Elektron

- **Transisi Elektron**
 - **Perpindahan** elektron dari satu lintasan ke lintasan yang lain.
- Transisi dari lintasan **dalam ke luar**
 - **Membutuhkan** energi.
- Transisi dari lintasan **luar ke dalam**
 - **Memancarkan** energi.



STRUKTUR ATOM

Skema Transisi Elektron





STRUKTUR ATOM

- **Nuklida = Inti Atom**
 - Contoh: Hidrogen, Oksigen, Cobalt, dsb.
- **Nomor Massa (A)**
 - Menunjukkan jumlah proton + neutron
- **Nomor Atom (Z)**
 - Menunjukkan jumlah proton, dan juga jumlah elektron dalam kondisi tidak bermuatan.



A: Nomor massa = Jumlah proton + neutron

Z: Nomor atom = Jumlah proton

N : Nomor massa – Nomor atom = A - Z

PERIODIC TABLE OF ELEMENTS

Chemical Group Block

PubChem																																			
1 1.0080 H Hydrogen Nonmetal																18 4.00260 He Helium Noble Gas																			
3 7.0 Li Lithium Alkali Metal		4 9.012183 Be Beryllium Alkaline Earth Me...												5 10.81 B Boron Metalloid		6 12.011 C Carbon Nonmetal		7 14.007 N Nitrogen Nonmetal		8 15.999 O Oxygen Nonmetal		9 18.9984... F Fluorine Halogen		10 20.180 Ne Neon Noble Gas											
11 22.989... Na Sodium Alkali Metal		12 24.305 Mg Magnesium Alkaline Earth Me...												13 26.981... Al Aluminum Post-Transition M...		14 28.085 Si Silicon Metalloid		15 30.973... P Phosphorus Nonmetal		16 32.07 S Sulfur Nonmetal		17 35.45 Cl Chlorine Halogen		18 39.9 Ar Argon Noble Gas											
19 39.0983 K Potassium Alkali Metal		20 40.08 Ca Calcium Alkaline Earth Me...		21 44.95591 Sc Scandium Transition Metal		22 47.867 Ti Titanium Transition Metal		23 50.9415 V Vanadium Transition Metal		24 51.996 Cr Chromium Transition Metal		25 54.93804 Mn Manganese Transition Metal		26 55.84 Fe Iron Transition Metal		27 58.93319 Co Cobalt Transition Metal		28 58.693 Ni Nickel Transition Metal		29 63.55 Cu Copper Transition Metal		30 65.4 Zn Zinc Transition Metal		31 69.723 Ga Gallium Post-Transition M...		32 72.63 Ge Germanium Metalloid		33 74.92159 As Arsenic Metalloid		34 78.97 Se Selenium Nonmetal		35 79.90 Br Bromine Halogen		36 83.80 Kr Krypton Noble Gas	
37 85.468 Rb Rubidium Alkali Metal		38 87.62 Sr Strontium Alkaline Earth Me...		39 88.90584 Y Yttrium Transition Metal		40 91.22 Zr Zirconium Transition Metal		41 92.90637 Nb Niobium Transition Metal		42 95.95 Mo Molybdenum Transition Metal		43 96.90636 Tc Technetium Transition Metal		44 101.1 Ru Ruthenium Transition Metal		45 102.9055 Rh Rhodium Transition Metal		46 106.42 Pd Palladium Transition Metal		47 107.868 Ag Silver Transition Metal		48 112.41 Cd Cadmium Transition Metal		49 114.818 In Indium Post-Transition M...		50 118.71 Sn Tin Post-Transition M...		51 121.760 Sb Antimony Metalloid		52 127.6 Te Tellurium Metalloid		53 126.9045 I Iodine Halogen		54 131.29 Xe Xenon Noble Gas	
55 132.90... Cs Cesium Alkali Metal		56 137.33 Ba Barium Alkaline Earth Me...				72 178.49 Hf Hafnium Transition Metal		73 180.9479 Ta Tantalum Transition Metal		74 183.84 W Tungsten Transition Metal		75 186.207 Re Rhenium Transition Metal		76 190.2 Os Osmium Transition Metal		77 192.22 Ir Iridium Transition Metal		78 195.08 Pt Platinum Transition Metal		79 196.96... Au Gold Transition Metal		80 200.59 Hg Mercury Transition Metal		81 204.383 Tl Thallium Post-Transition M...		82 207 Pb Lead Post-Transition M...		83 208.98... Bi Bismuth Post-Transition M...		84 208.98... Po Polonium Metalloid		85 209.98... At Astatine Halogen		86 222.01... Rn Radon Noble Gas	
87 223.01... Fr Francium Alkali Metal		88 226.02... Ra Radium Alkaline Earth Me...				104 267.1... Rf Rutherfordium Transition Metal		105 268.1... Db Dubnium Transition Metal		106 269.1... Sg Seaborgium Transition Metal		107 270.1... Bh Bohrium Transition Metal		108 269.1... Hs Hassium Transition Metal		109 277.1... Mt Meitnerium Transition Metal		110 282.1... Ds Darmstadtium Transition Metal		111 282.1... Rg Roentgenium Transition Metal		112 286.1... Cn Copernicium Transition Metal		113 286.1... Nh Nihonium Post-Transition M...		114 290.1... Fl Flerovium Post-Transition M...		115 290.1... Mc Moscovium Post-Transition M...		116 293.2... Lv Livermorium Post-Transition M...		117 294.2... Ts Tennessine Halogen		118 295.2... Og Oganesson Noble Gas	
						57 138.9055 La Lanthanum Lanthanide		58 140.116 Ce Cerium Lanthanide		59 140.90... Pr Praseodymium Lanthanide		60 144.24 Nd Neodymium Lanthanide		61 144.91... Pm Promethium Lanthanide		62 150.4 Sm Samarium Lanthanide		63 151.964 Eu Europium Lanthanide		64 157.2 Gd Gadolinium Lanthanide		65 158.92... Tb Terbium Lanthanide		66 162.500 Dy Dysprosium Lanthanide		67 164.93... Ho Holmium Lanthanide		68 167.26 Er Erbium Lanthanide		69 168.93... Tm Thulium Lanthanide		70 173.05 Yb Ytterbium Lanthanide		71 174.9668 Lu Lutetium Lanthanide	
						89 227.02... Ac Actinium Actinide		90 232.038 Th Thorium Actinide		91 231.03... Pa Protactinium Actinide		92 238.0289 U Uranium Actinide		93 237.04... Np Neptunium Actinide		94 244.06... Pu Plutonium Actinide		95 243.06... Am Americium Actinide		96 247.07... Cm Curium Actinide		97 247.07... Bk Berkelium Actinide		98 251.07... Cf Californium Actinide		99 252.0830 Es Einsteinium Actinide		100 257.0... Fm Fermium Actinide		101 258.0... Md Mendelevium Actinide		102 259.1... No Nobelium Actinide		103 266.1... Lr Lawrencium Actinide	

STRUKTUR ATOM

Penulisan Unsur

${}^2\text{He}^4$
 He^4
 He-4

- Jenis Unsur : Helium
- Jumlah proton (Z) = 2
- Jumlah neutron (N) = 2

${}^{27}\text{Co}^{59}$

- Jenis Unsur : Cobalt
- Jumlah proton (Z) = 27
- Jumlah neutron (N) = 32

• ${}^8\text{O}^{16}$

- Proton = 8
- Neutron = $16 - 8 = 8$
- Elektron = 8

• O^-

- Proton = 8
- Neutron = $16 - 8 = 8$
- Elektron = 7

STRUKTUR ATOM

Penamaan Unsur

Isotop

- ${}_Z\text{X}^A$ atau X^A atau $\text{X}-A$
- Contoh : ${}_{27}\text{Co}^{59}$, ${}_{27}\text{Co}^{60}$
- ${}_1\text{H}^1$, ${}_1\text{H}^2$, ${}_1\text{H}^3$

Isobar

- ${}_Z\text{X}^A$ atau X^A atau $\text{X}-A$
- Contoh ${}_6\text{C}^{14}$ dan ${}_7\text{N}^{14}$

- Isotop:
 - **Nomor Atom (Z)** sama, tetapi **Nomor Massa (A)** berbeda.
- Isobar:
 - **Nomor Massa (A)** sama, tetapi **Nomor Atom (Z)** berbeda.

STRUKTUR ATOM

Penamaan Unsur

Isoton

• ${}_Z\text{X}^A$ atau X^A atau $\text{X}-A$

• Contoh : ${}_{12}\text{Mg}^{26}$, ${}_{13}\text{Al}^{27}$, ${}_{14}\text{Si}^{28}$

Isomer

• ${}_Z\text{X}^{Am}$, ${}_Z\text{X}^{A*}$

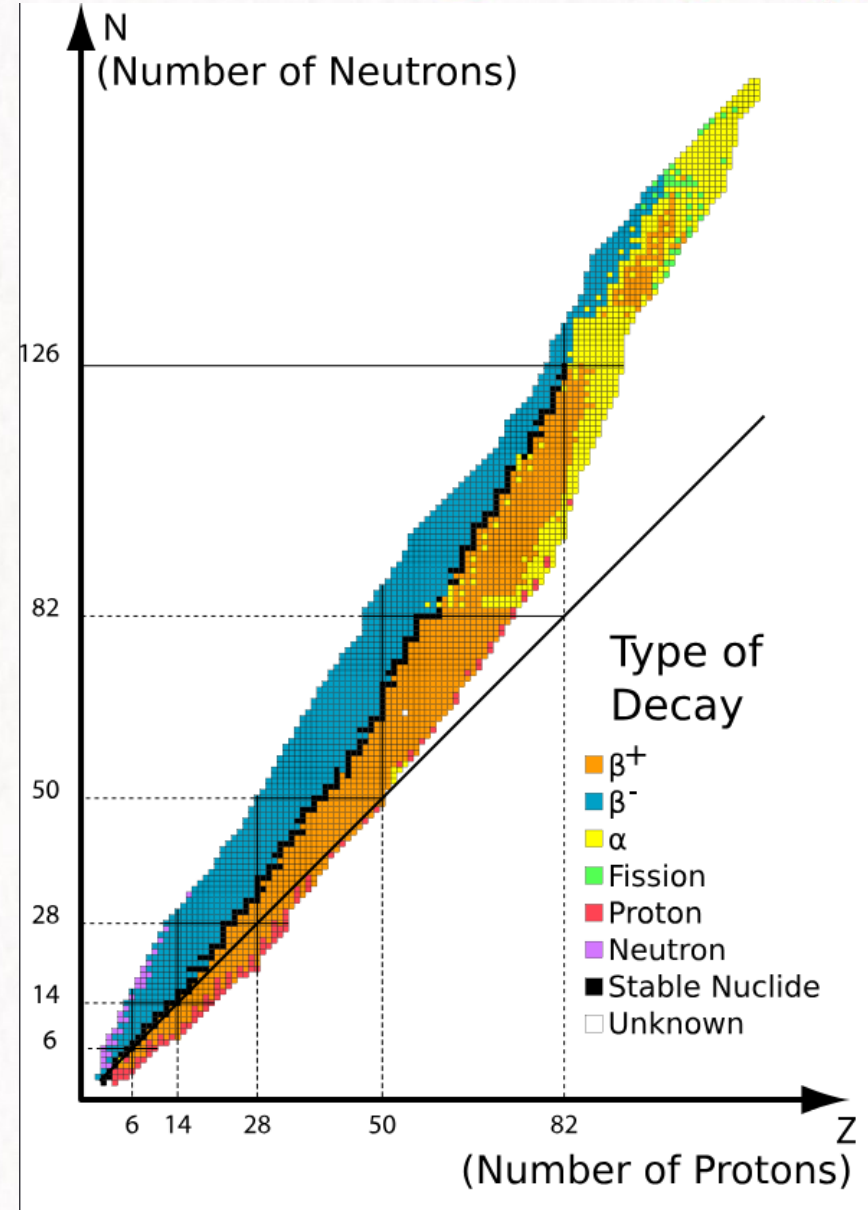
• Contoh : ${}_{28}\text{Ni}^{60}$ dan ${}_{28}\text{Ni}^{60*}$

- Isoton:
 - Jumlah Neutron sama, tetapi Nomor Atom (Z) berbeda.
- Isomer:
 - Unsur dengan A dan Z sama, tetapi tingkat energi berbeda.

STRUKTUR ATOM

Kurva Kestabilan Inti

- **Kestabilan inti atom:**
 - Ditentukan oleh komposisi jumlah proton dan jumlah neutron.
- Secara umum:
 - Inti ringan $\rightarrow N = Z$
 - Inti berat $\rightarrow N = 1\frac{1}{2} Z$







PELURUHAN RADIOAKTIF

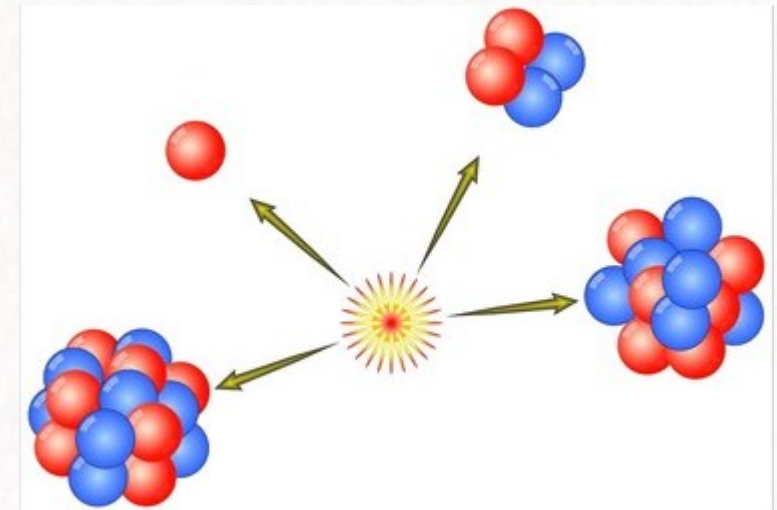
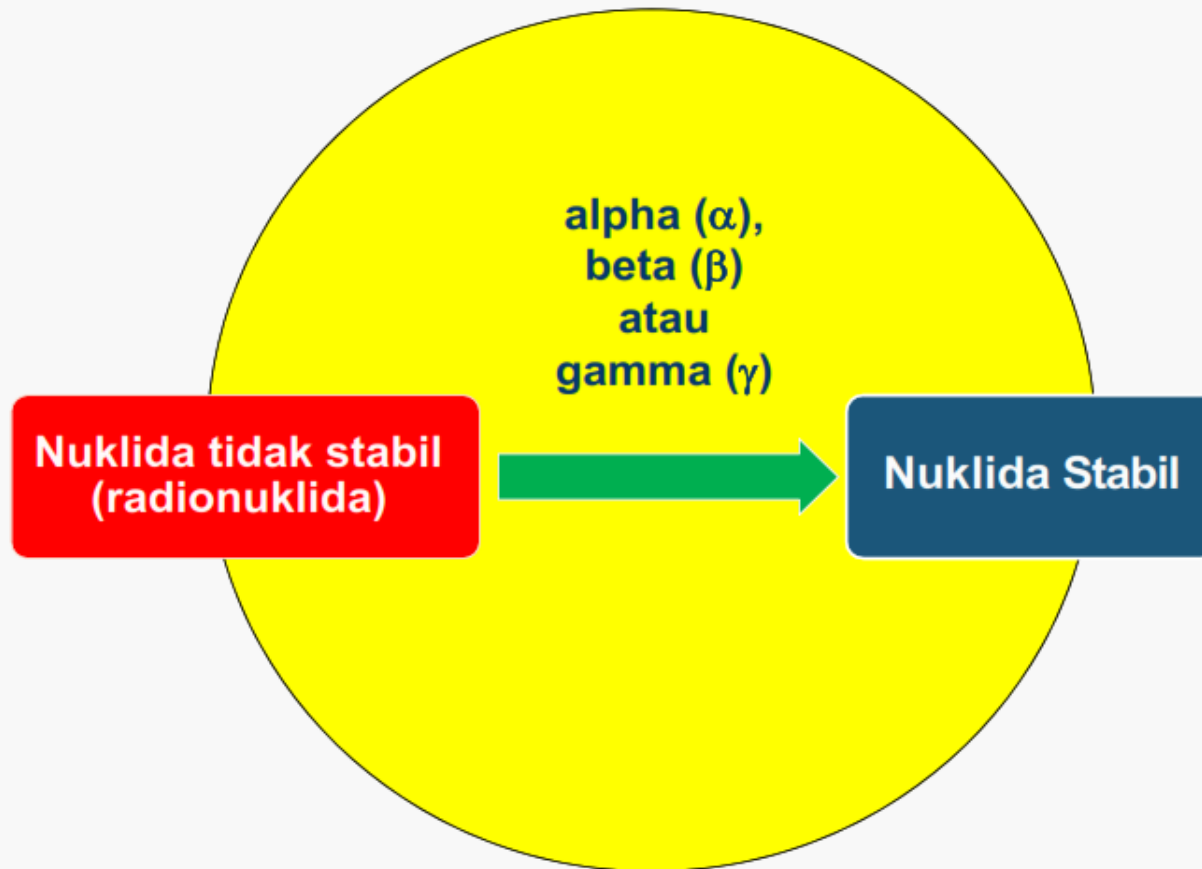
PELURUHAN RADIOAKTIF

Definisi

- **Peluruhan radioaktif**
 - Proses perubahan inti atom yang tidak stabil menjadi stabil.
- Unsur yang berperilaku tidak stabil disebut **radioisotop/radionuklida**
 - Radio → Radiasi.
 - Isotop → Inti yang nomor massanya berbeda.
 - Nuklida = Nukleus/Nuklei = Inti.

PELURUHAN RADIOAKTIF

Jenis Peluruhan

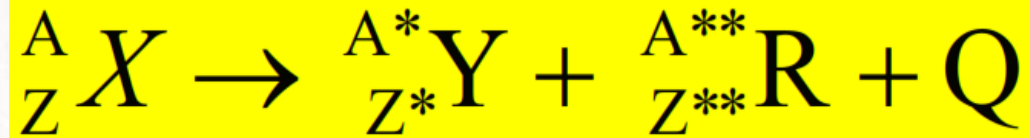


Pancaran partikel dari inti (nuklida) atom

PELURUHAN RADIOAKTIF

Radioaktivitas

- Radioaktivitas
 - Proses perubahan inti secara **spontan** untuk menghasilkan unsur baru.



Partikel	Simbol	Partikel	Simbol
Alfa	${}^4_2\text{He}$ atau ${}^4_2\alpha$	Proton	${}^1_1\text{p}$ atau ${}^1_1\text{H}$
Beta	${}^0_{-1}\text{e}$ atau ${}^0_{-1}\beta$	Deuteron	${}^2_1\text{H}$ atau ${}^2_1\text{D}$
Gamma	${}^0_0\gamma$	tritron	${}^3_1\text{H}$ atau ${}^3_1\text{T}$
Neutron	${}^1_0\text{n}$	Positron	${}^0_1\text{e}$

PELURUHAN RADIOAKTIF



BRIN
BADAN RISET
DAN INOVASI NASIONAL



NUSANTARA
BARU
INDONESIA
MAJU

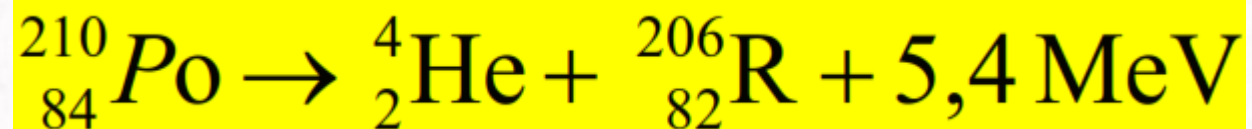
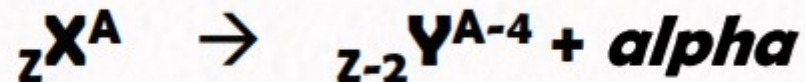


Bridging Sciences
Empowering Talents

Peluruhan Alfa (α)

- Terjadi pada unsur yang berat (nomor atom >80).
- Memancarkan partikel alfa yang identik dengan unsur Helium.
 - 2 proton dan 2 neutron.

$$\alpha \approx {}_2\text{He}^4$$



PELURUHAN RADIOAKTIF

Ciri-ciri Partikel Alfa (α)

- Terdiri dari 2 proton dan 2 neutron.
- Memiliki daya tembus/jangkauan/penetrasi yang pendek.
- Memiliki energi yang sangat besar.
- Hanya berbahaya jika masuk ke dalam tubuh.

PELURUHAN RADIOAKTIF



BRIN
BADAN RISET
DAN INOVASI NASIONAL



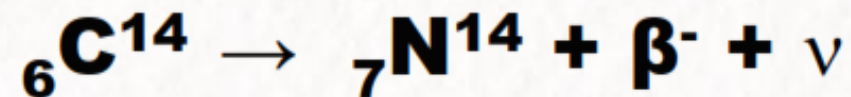
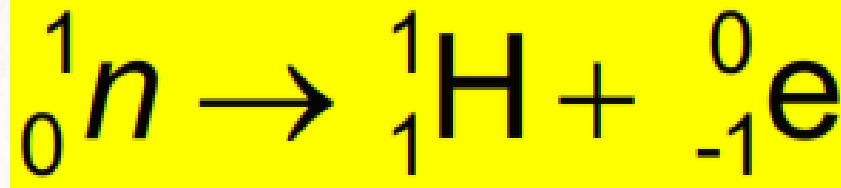
NUSANTARA
BARU
INDONESIA
MAJU



Bridging Sciences
Empowering Talents

Peluruhan Beta (β)

- Terjadi perubahan neutron menjadi proton di dalam inti atom, atau sebaliknya.
- Kejadiannya tidak terbatas pada atom dengan rentang nomor atom tertentu, tetapi umum terjadi pada isotop tidak stabil (radioaktif).



PELURUHAN RADIOAKTIF

Ciri-ciri Partikel Beta (β)

- Identik dengan elektron (bermuatan -1); atau positron (bermuatan + 1).
- Memiliki daya tembus/jangkauan/penetrasi yang lebih jauh dari partikel alfa.
- Memiliki energi yang cukup besar.
- Berbahaya di luar maupun di dalam tubuh.



BRIN
BADAN RISET
DAN INOVASI NASIONAL



NUSANTARA
BARU
INDONESIA
MAJU



Bridging Sciences
Empowering Talents

PELURUHAN RADIOAKTIF



BRIN
BADAN RISET
DAN INOVASI NASIONAL



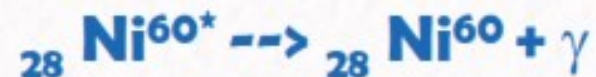
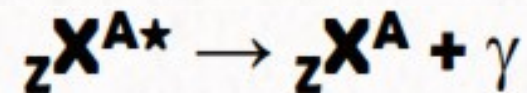
NUSANTARA
BARU
INDONESIA
MAJU



Bridging Sciences
Empowering Talents

Peluruhan Gamma (γ)

- Terjadi bila energi suatu inti atom tidak berada pada keadaan dasar (*ground state*).
- Tidak ada perubahan nomor atom maupun nomor massa
- Memancarkan gelombang elektromagnetik (foton).
- Mengikuti peluruhan alfa ataupun beta.



PELURUHAN RADIOAKTIF

Ciri-ciri Gamma (γ)

- Tidak memiliki nomor massa atau nomor atom.
- Memiliki daya tembus/jangkauan/penetrasi yang paling jauh.
- Memiliki energi yang kecil.
- Tidak bermuatan $\rightarrow$ tidak dapat dibelokkan oleh medan listrik maupun medan magnet.
- Spektrum energinya diskrit.



BRIN
BADAN RISET
DAN INOVASI NASIONAL



NUSANTARA
BARU
INDONESIA
MAJU



Bridging Sciences
Empowering Talents

PELURUHAN RADIOAKTIF

Daya Tembus Radiasi Partikel



BRIN
BADAN RISET
DAN INOVASI NASIONAL

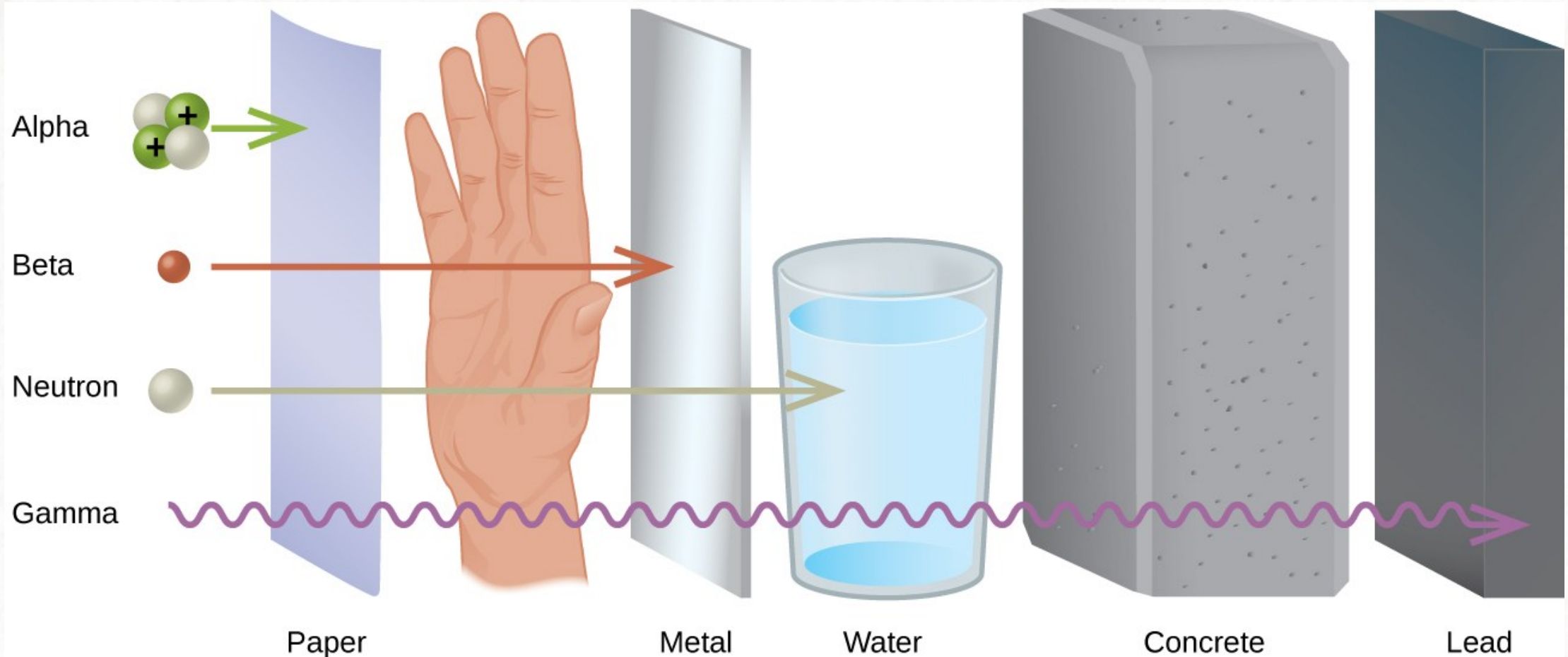


75
KABERKORPRI
KEMENTERIAN
PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN

NUSANTARA
BARU
INDONESIA
MAJU



Bridging Sciences
Empowering Talents

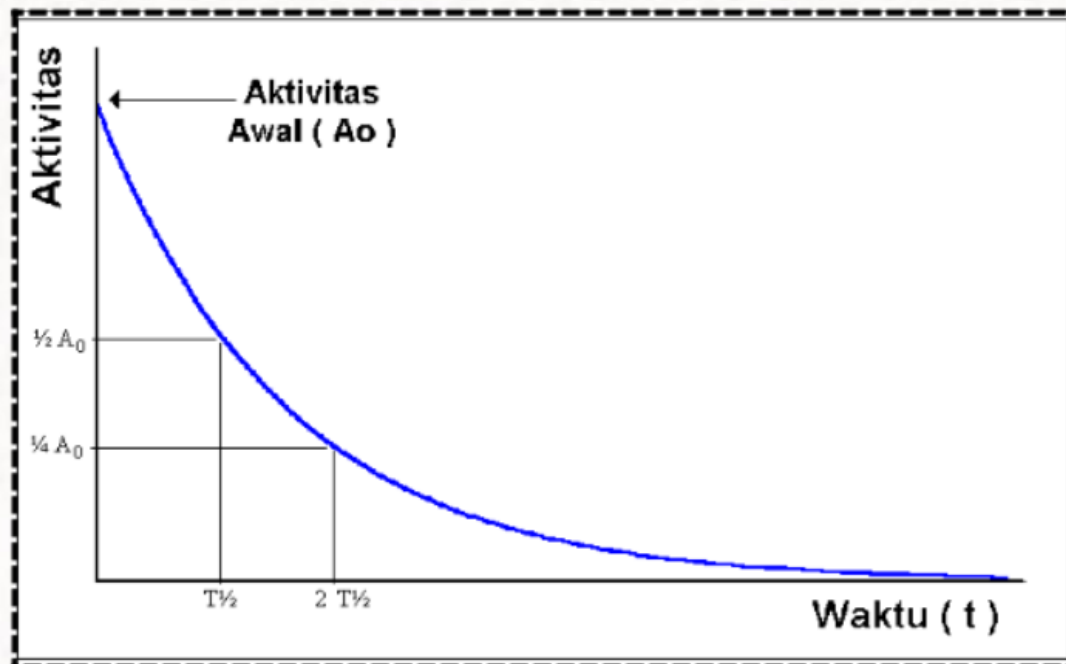




PELURUHAN RADIOAKTIF

Radioaktivitas

- Zat radioaktif memiliki **waktu paruh ($T_{1/2}$)**.
- Merupakan waktu yang dibutuhkan oleh suatu zat radioaktif untuk **berkurang** menjadi **setengah dari jumlah awalnya**.



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

PELURUHAN RADIOAKTIF

Radioaktivitas

Inti tidak stabil



Inti stabil

- **Aktivitas Radioaktif atau Radioaktivitas**
 - Merupakan jumlah **peluruhan** yang terjadi **dalam satu detik**.
- Menunjukkan perubahan jumlah radionuklida yang **tidak stabil** menjadi **stabil** per satu detik.

PELURUHAN RADIOAKTIF

Radioaktivitas



BRIN
BADAN RISET
DAN INOVASI NASIONAL

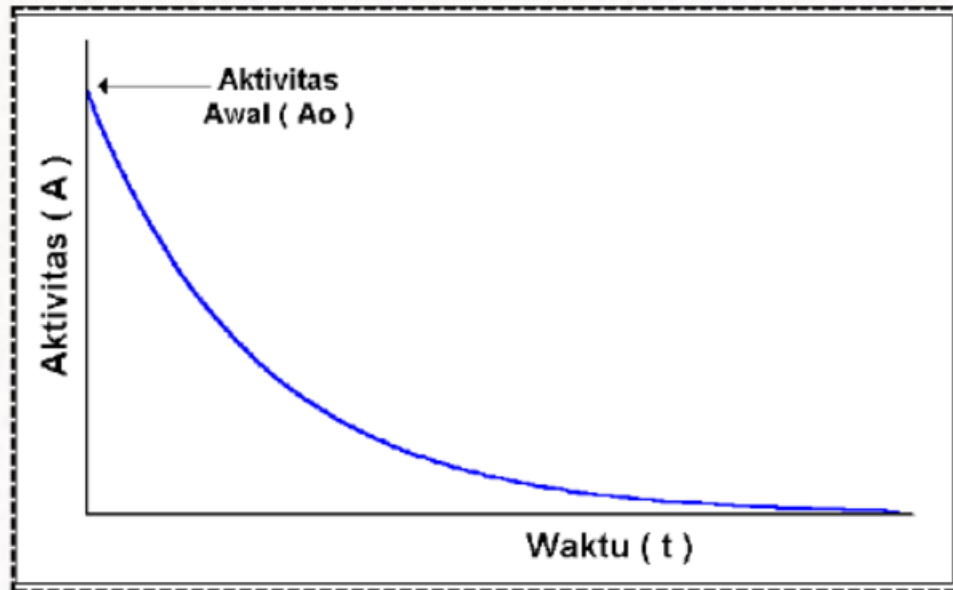


NUSANTARA
BARU
INDONESIA
MAJU



Bridging Sciences
Empowering Talents

- Aktivitas radioaktif sebagai fungsi dari waktu.



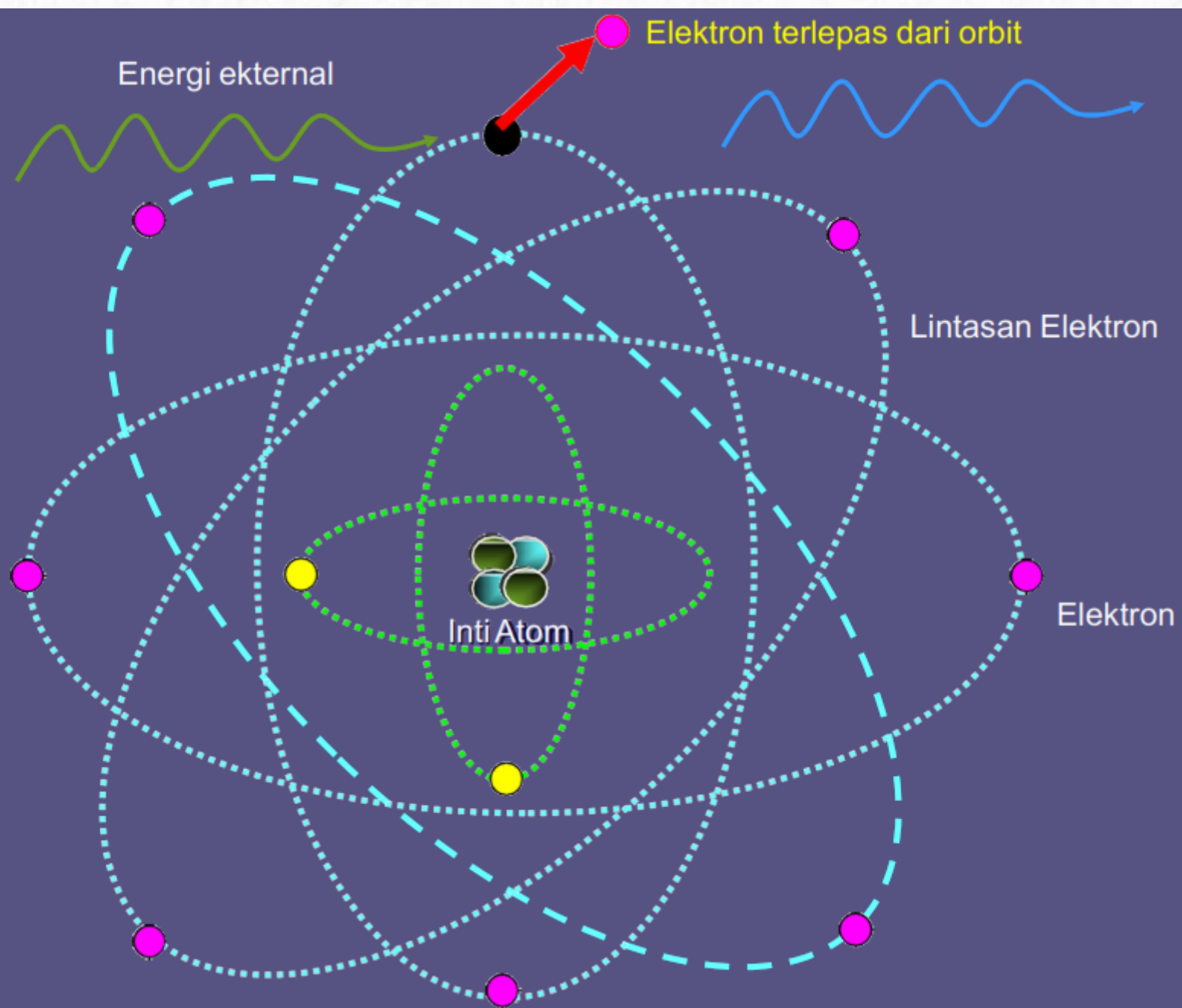
$$N_t = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

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





INTERAKSI RADIASI DENGAN MATERI

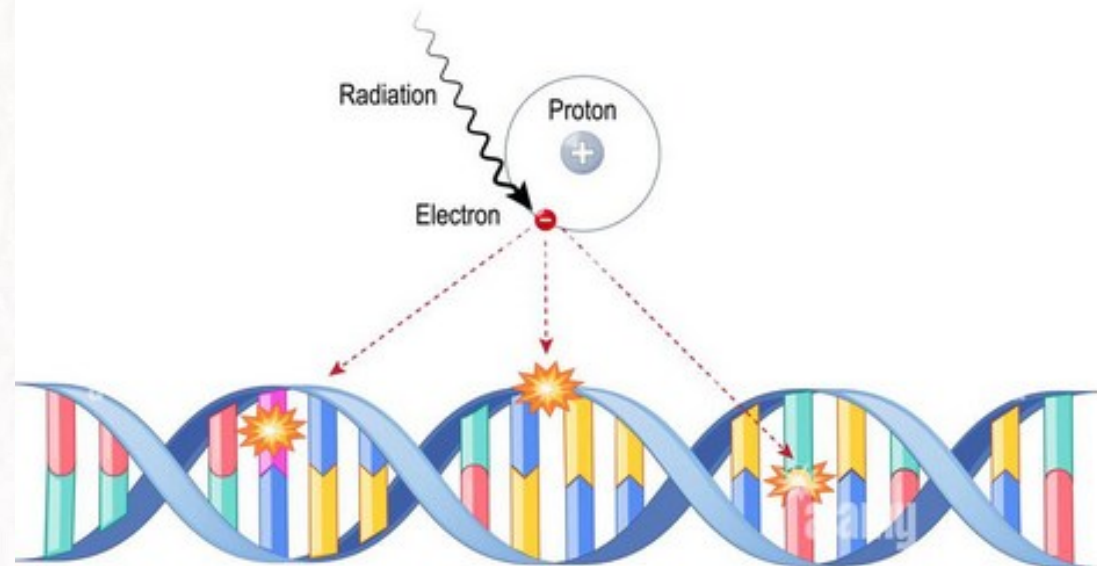


Proses Ionisasi

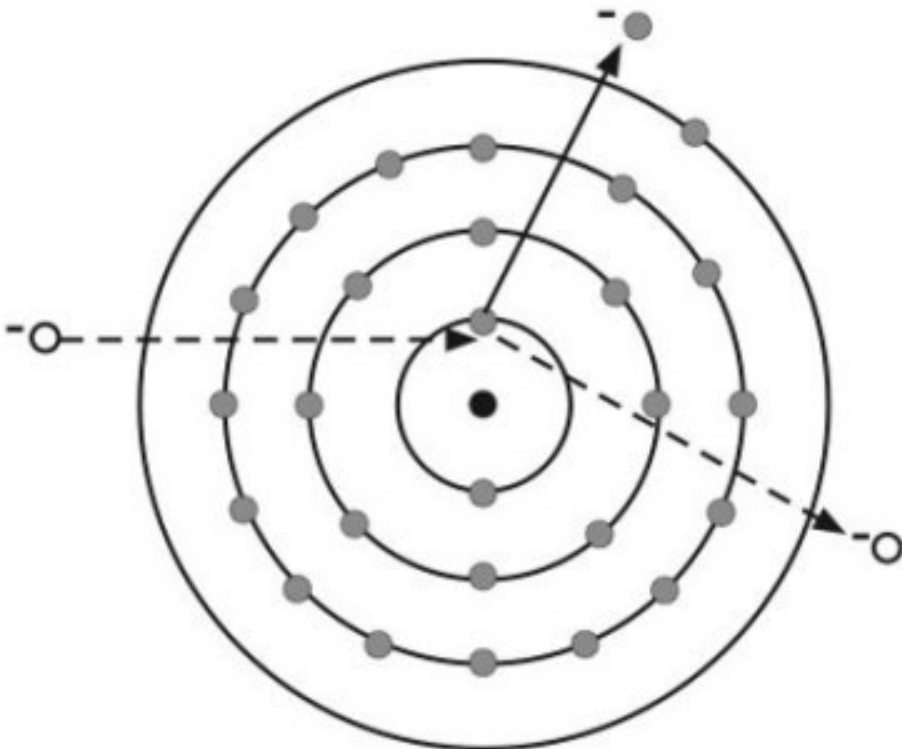
INTERAKSI RADIASI DENGAN MATERI

Proses Ionisasi

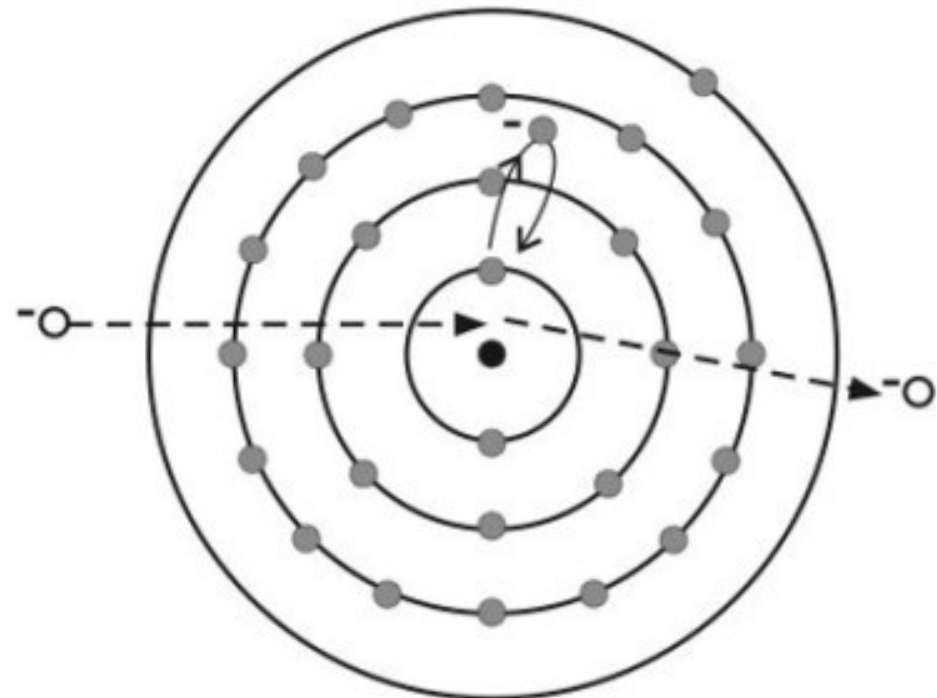
- **Terlepasnya elektron** dari orbitnya sehingga menjadi atom yang tidak netral (ion).
- Terjadi bila energi yang datang **lebih besar** dari energi ikat elektron.



Ionisation



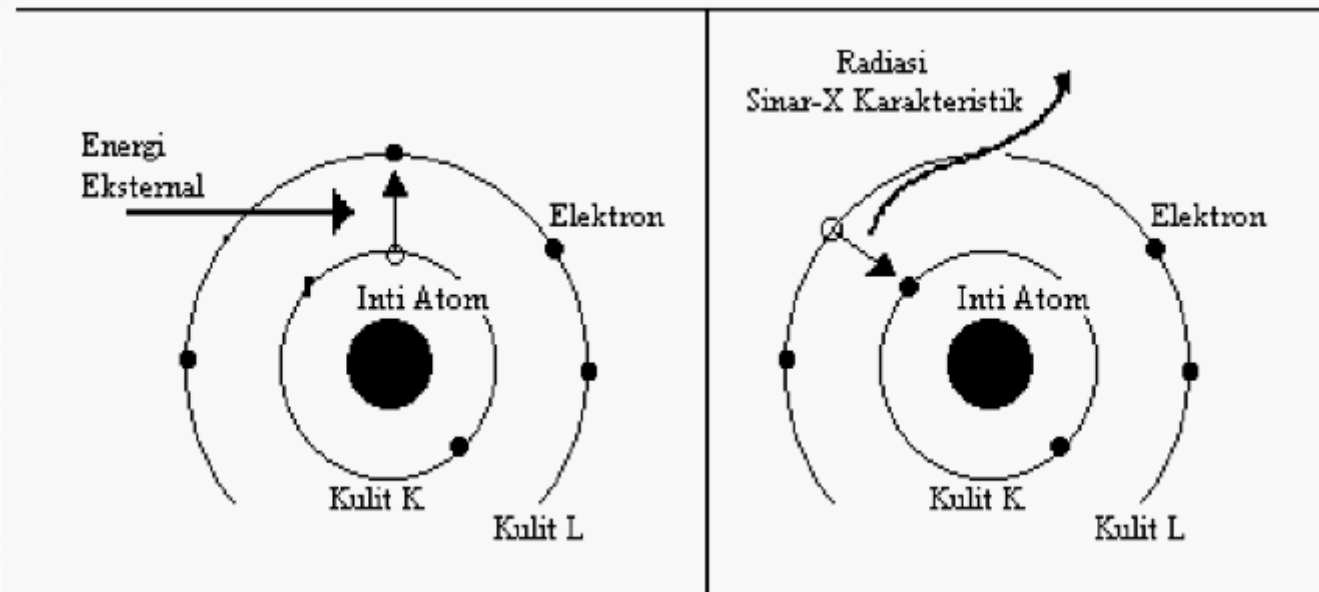
Excitation



INTERAKSI RADIASI DENGAN MATERI

Proses Eksitasi

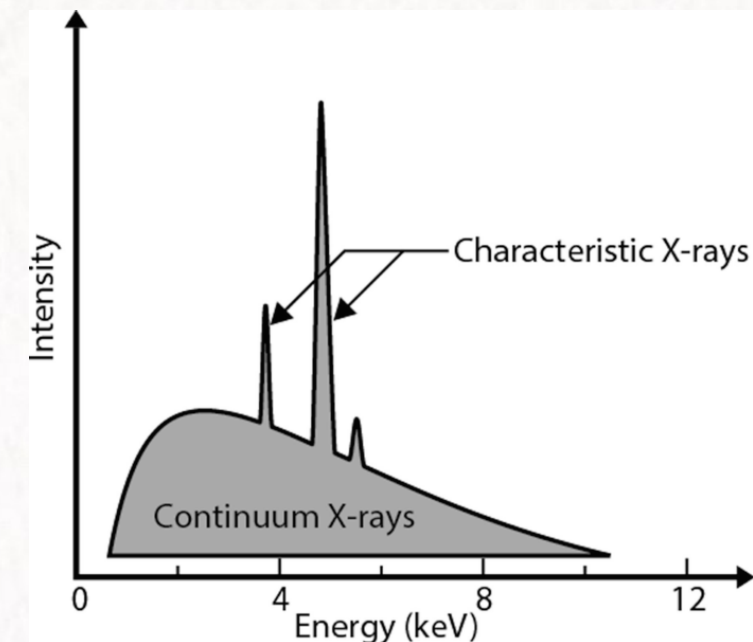
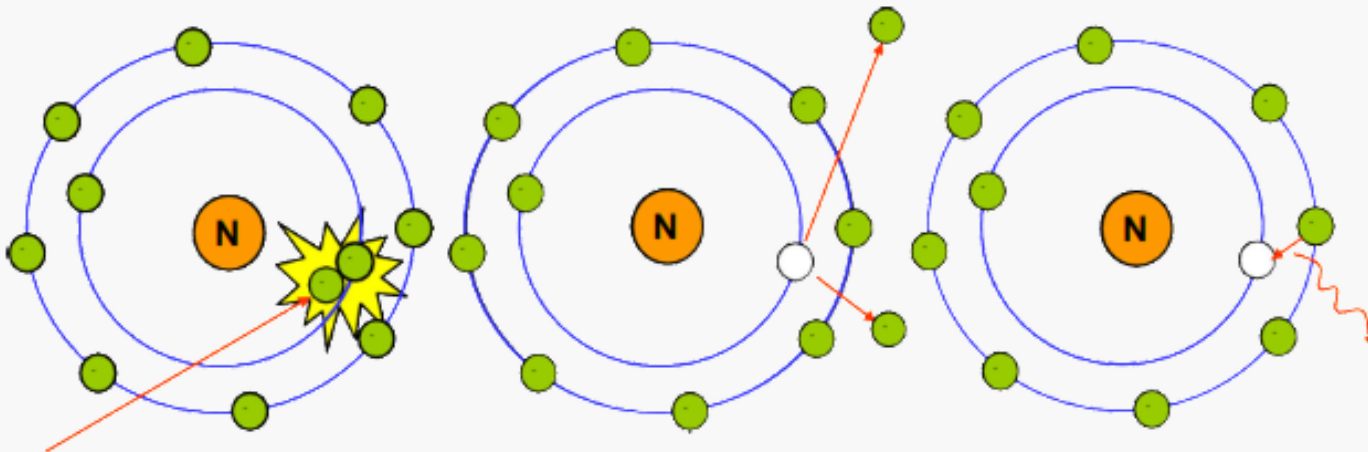
- Mirip dengan proses ionisasi, tetapi elektron tidak sampai terlepas dari atomnya, hanya berpindah ke lintasan yang lebih luar.
- Pada kondisi berikutnya, elektron akan kembali ke **posisi semula**.



INTERAKSI RADIASI DENGAN MATERI

Sinar-X Karakteristik

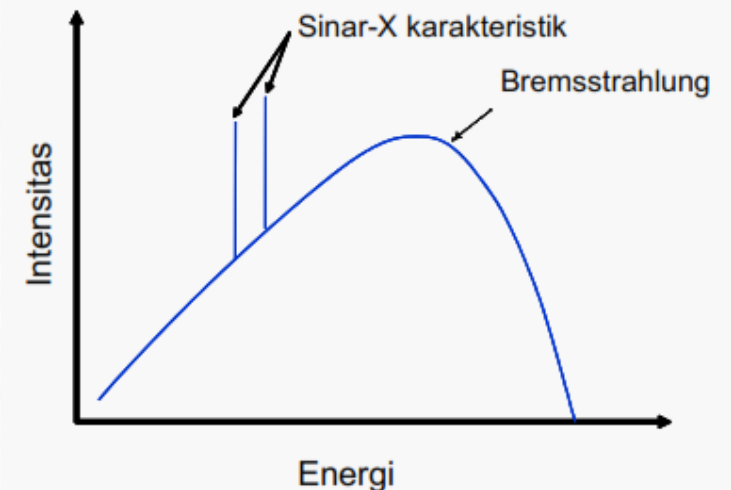
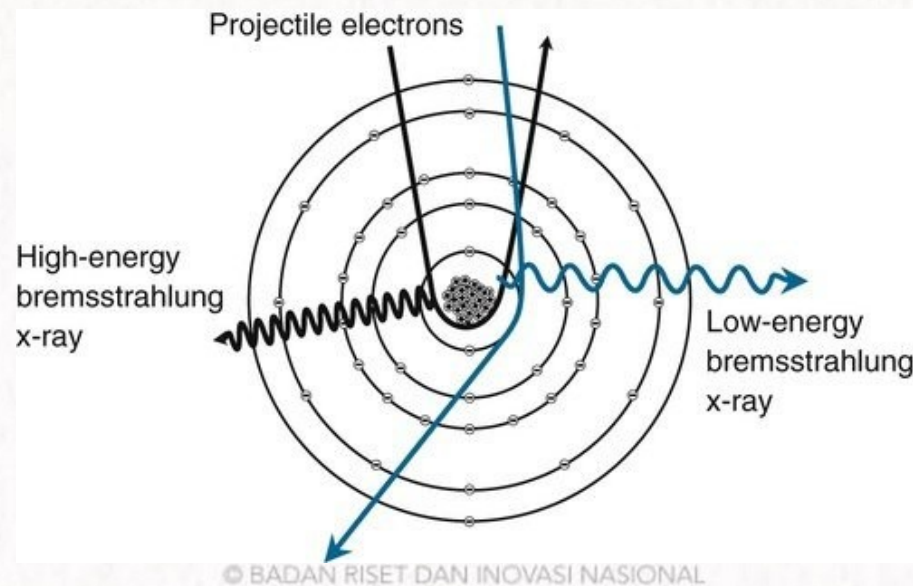
- Terjadi ketika elektron di lintasan yang lebih luar mengisi kekosongan elektron di lintasan yang lebih dalam.
- Mengeluarkan energi diskrit.
- Spektrumnya berupa garis tajam.



INTERAKSI RADIASI DENGAN MATERI

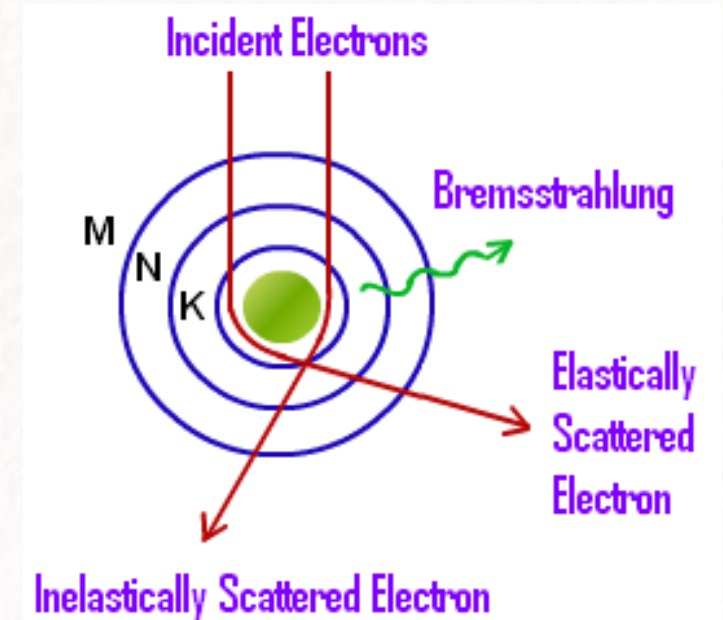
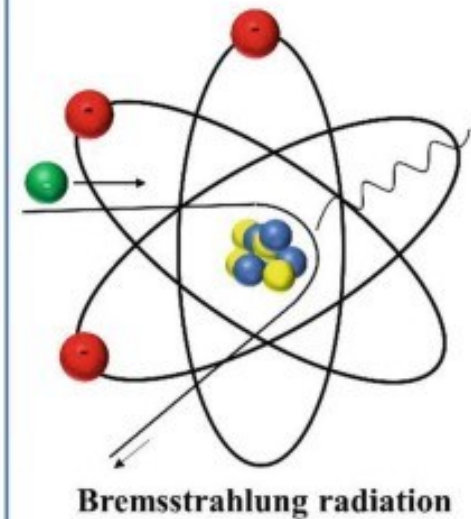
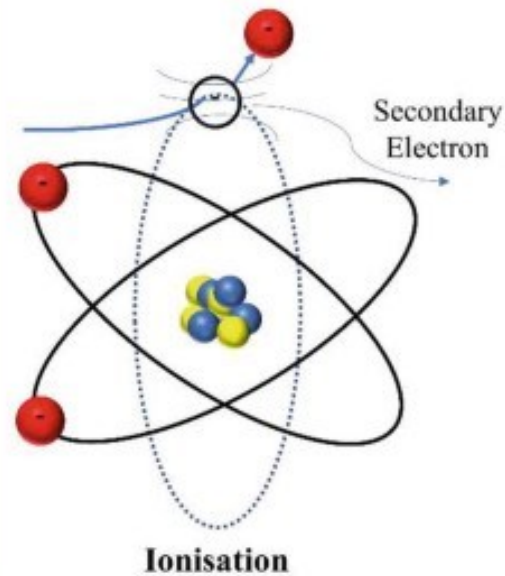
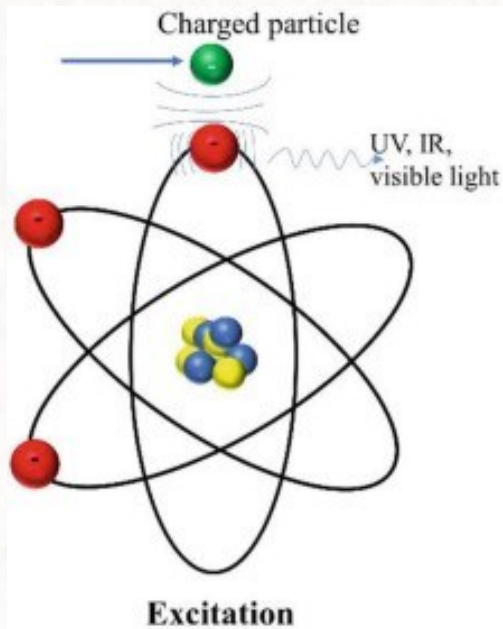
Sinar-X *Bremsstrahlung*

- *Brem* → *Brake*, pengereman; *Strahlung* → Radiasi.
- Terjadi ketika elektron berkecepatan sangat tinggi melintas di dekat inti atom target.
- Tidak melibatkan interaksi dengan elektron di lintasannya.
- Massa inti atom $\gg \gg$ massa elektron → **Terpental dan berubah arah.**



INTERAKSI RADIASI DENGAN MATERI

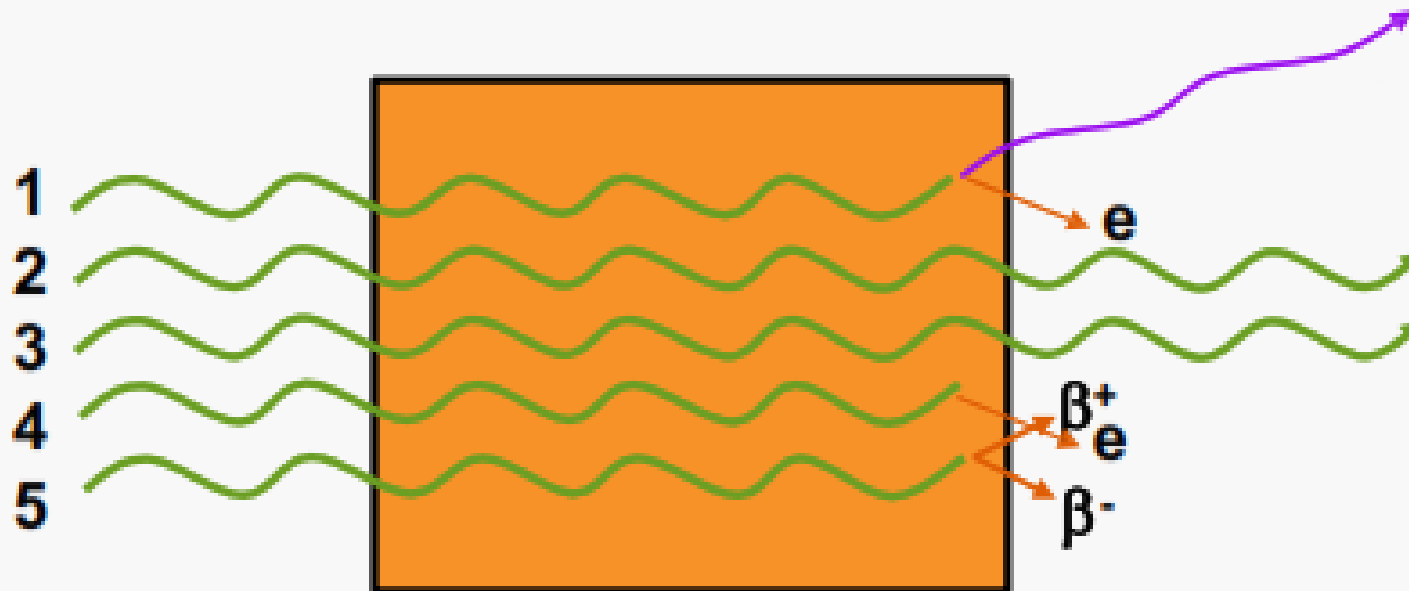
Ringkasan Perbedaan





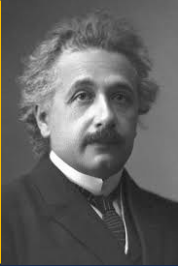
INTERAKSI RADIASI DENGAN MATERI

Interaksi Foton dengan Materi

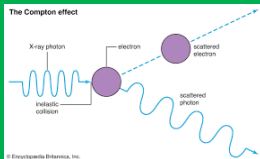


INTERAKSI RADIASI DENGAN MATERI

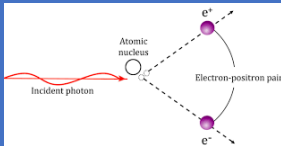
Interaksi Foton dengan Materi



EFEK FOTOLISTRIK



EFEK COMPTON

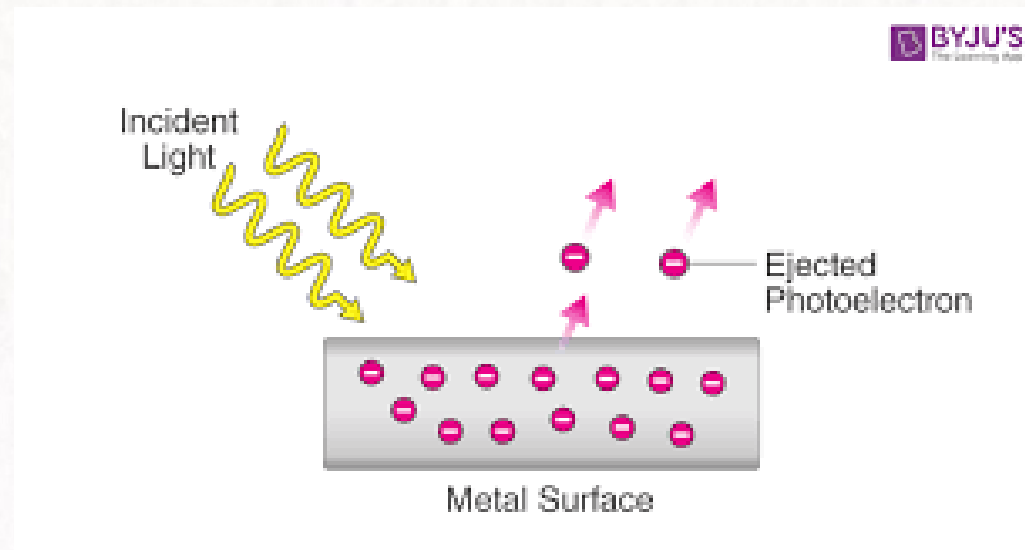


PRODUKSI PASANGAN

INTERAKSI RADIASI DENGAN MATERI

Efek Fotolistrik

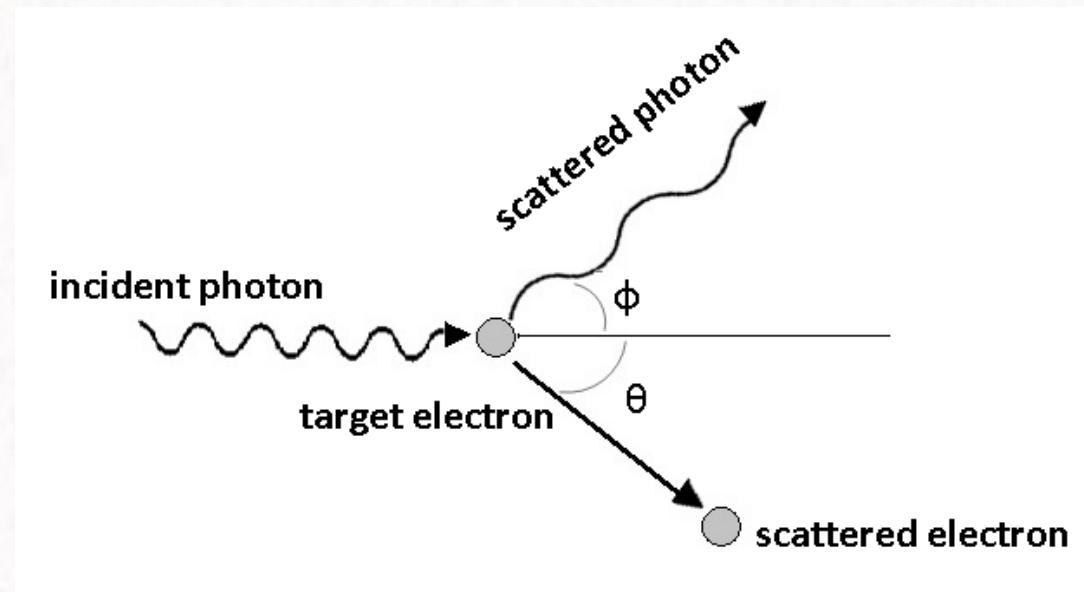
- Terjadi pada energi foton rendah (<100 keV).
- Energi foton **diserap seluruhnya** oleh elektron orbit.
- Elektron orbit **terlepas** dari atom $\rightarrow$ **fotoelektron**.
- Memiliki energi sebesar energi foton yang mengenainya.



INTERAKSI RADIASI DENGAN MATERI

Efek Compton

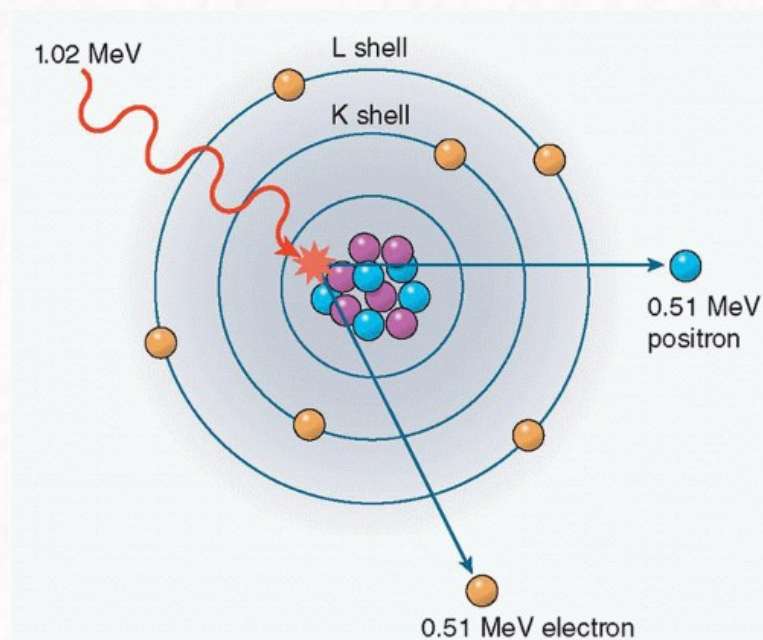
- Terjadi pada energi foton sedang ($100 \text{ keV} < E < 1 \text{ MeV}$).
- Energi foton mampu melepaskan elektron di lintasan lebih luar.
- Sebagian energinya diberikan ke elektron orbit
- Elektron terlepas dari orbit, foton dengan energi sisanya terhambur.



INTERAKSI RADIASI DENGAN MATERI

Produksi Pasangan

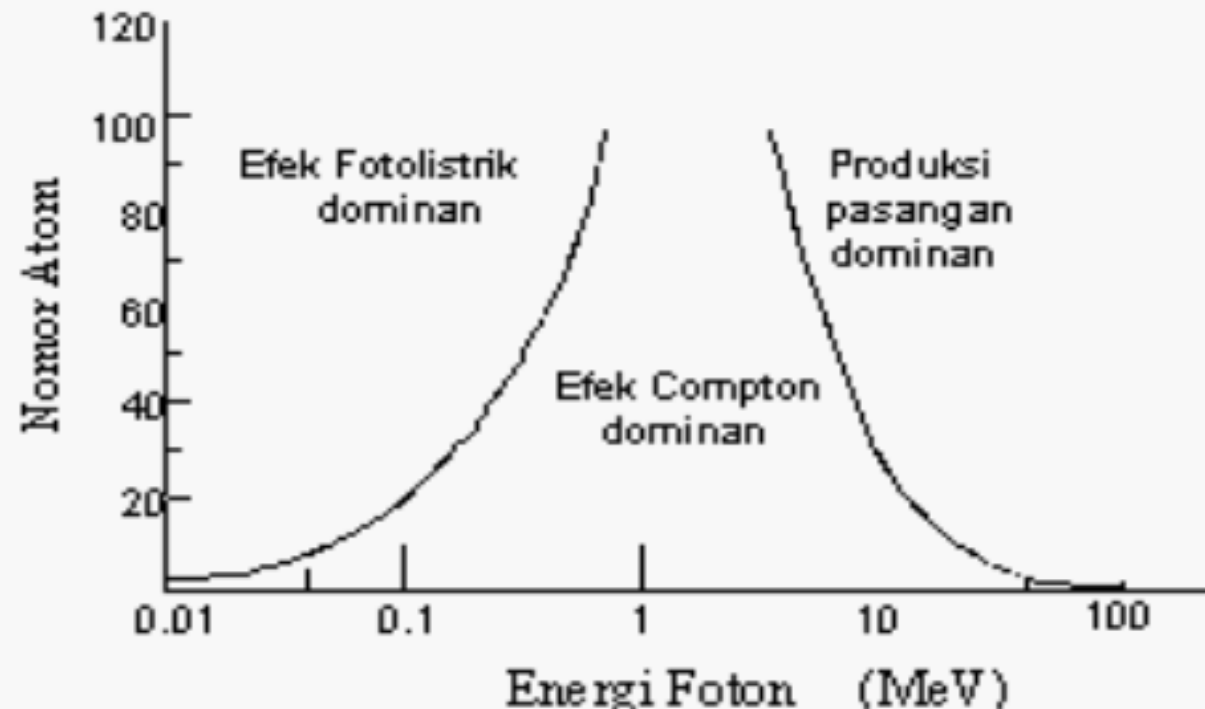
- Terjadi pada energi foton lebih besar dari 1.02 MeV.
- Foton yang tiba ke dekat inti atom akan lenyap dan berubah menjadi pasangan elektron-positron.
- Positron identik dengan elektron, tetapi bermuatan positif.



INTERAKSI RADIASI DENGAN MATERI

Faktor yang Mempengaruhi Interaksi

- Nomor atom material dan energi foton **berpengaruh** pada jenis interaksi foton dengan materi.





IV

SUMBER RADIASI

SUMBER RADIASI

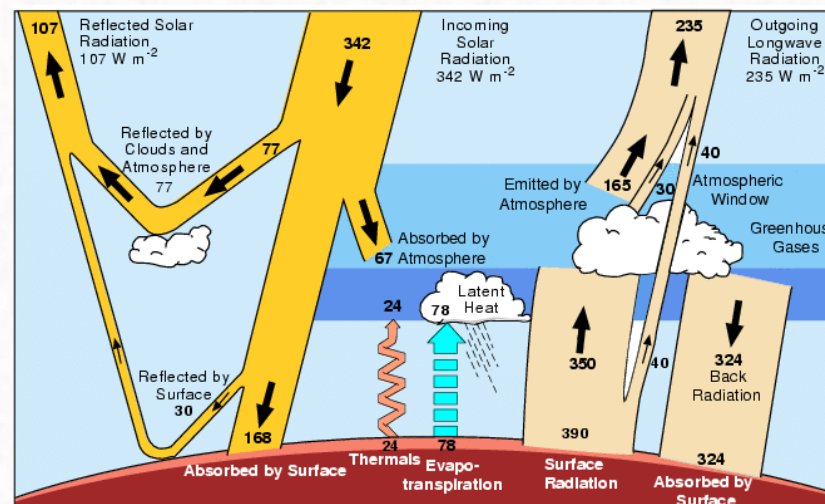
Sumber Radiasi Alam - Kosmik

- Setiap hari, Bumi **dibombardir** oleh radiasi kosmik.
- Partikel dan gelombang EM yang **berenergi tinggi** (10^{17} eV).
- Menghasilkan radionuklida **kosmogenik** (C-14, Be-7, Na-22, dan H-3).
- Bergantung pada **ketinggian**.
 - Semakin tinggi, semakin besar radiasi.
- Dipengaruhi oleh **medan magnet** Bumi.
 - Semakin dekat dengan daerah kutub, radiasi semakin kecil

SUMBER RADIASI

Sumber Radiasi Alam - Terrestrial

- Setiap hari, Bumi memancarkan radiasi dari dalam **kerak Bumi**.
- Disebut sebagai **primordial radiation** dengan waktu paro sampai dengan miliaran (10^9) tahun.
- Radiasi terbesar berasal dari **Radon** (Rn-222) dan **Thoron** (Rn-220).
- Konsentrasinya **berbeda-beda** di kerak Bumi.



SUMBER RADIASI

Sumber Radiasi Alam - Internal

- Berada di dalam tubuh manusia sejak **dilahirkan**.
- Masuk ke dalam tubuh manusia melalui makanan, minuman, pernapasan, atau luka.
- Utamanya diterima dari radionuklida **C-14, H-3, K-40**, dan Radon.
- Sumber lain (Pb-210 dan Po-210) banyak berasal dari **ikan** dan **kerang-kerangan**.
- **Buah-buahan** mengandung unsur K-40.



SUMBER RADIASI

Sumber Radiasi Buatan – Pembangkit Radiasi Pengion

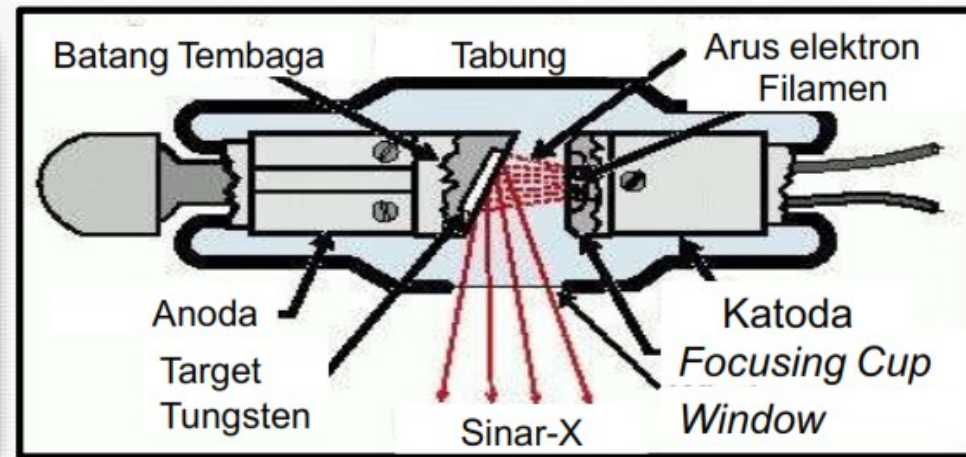
- Sistem yang digunakan untuk mempercepat partikel bermuatan.
- Dapat digunakan untuk memproduksi sumber radioaktif buatan, sinar-X energi tinggi, terapi kanker, dsb.
- Contoh:
 - *Linear Accelerator (LINAC),*
 - *Cyclotron,*
 - *Mesin Berkas Elektron (*e-beam*).*



SUMBER RADIASI

Sumber Radiasi Buatan – Pesawat Sinar-X

- Proses pembentukan sinar X:
 - Pemanasan filamen (pembangkitan elektron).
 - Pemberian tegangan tinggi (percepatan elektron).
 - Penumbukan elektron pada target (anoda).
 - Mekanisme muncul sinar-X → Sinar-X karakteristik dan *bremstrahlung*



SUMBER RADIASI

Sumber Radiasi Buatan – Zat Radioaktif



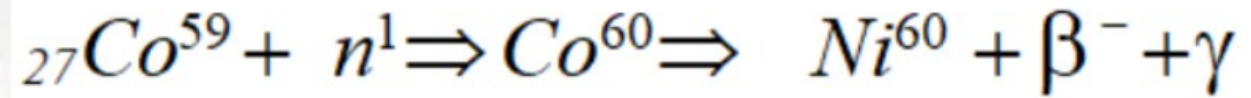
Cobalt-60



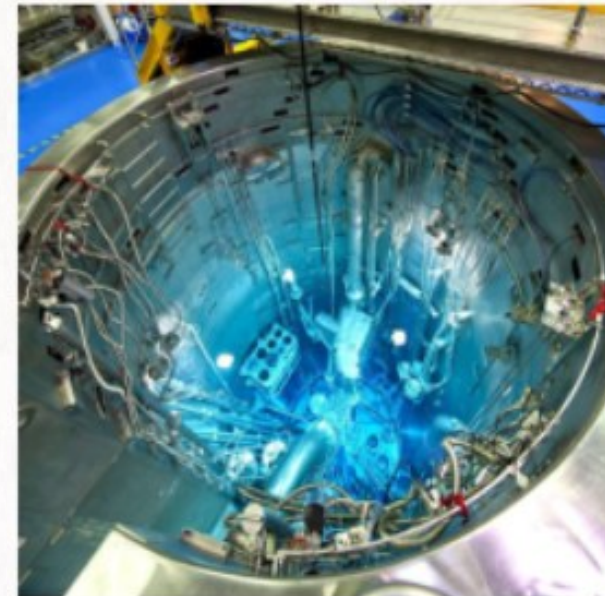
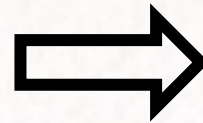
Cesium-137

SUMBER RADIASI

Sumber Radiasi Buatan – Zat Radioaktif



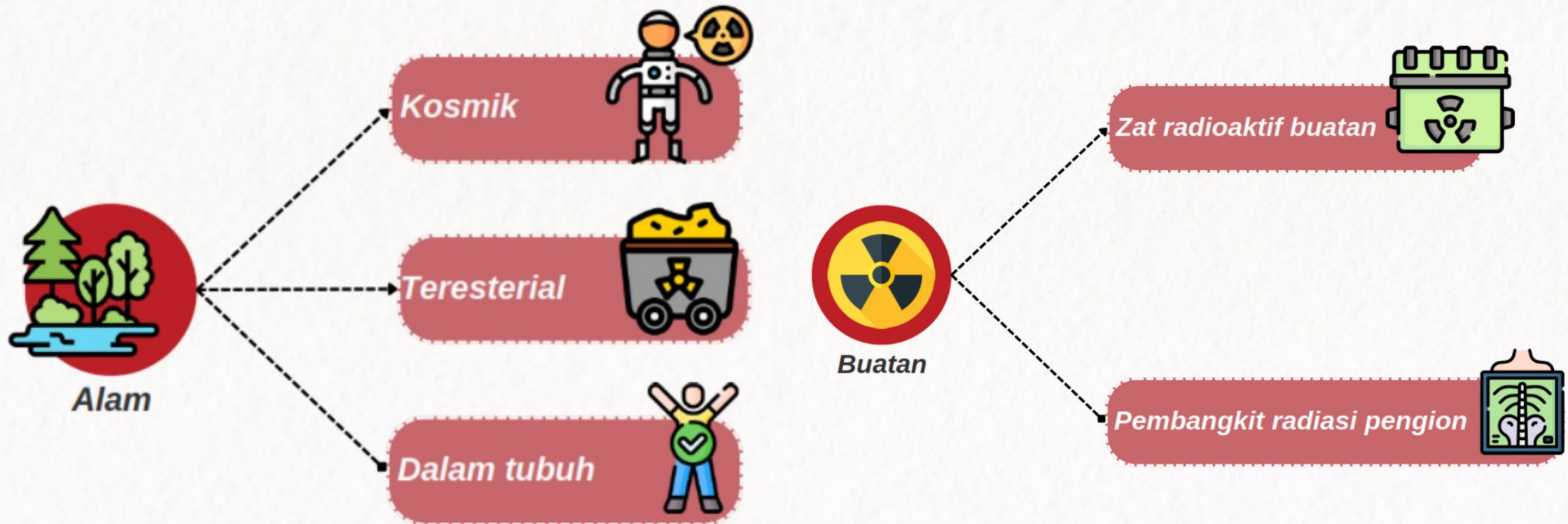
Cobalt-60



Reaktor Nuklir

SUMBER RADIASI

Ringkasan



KESIMPULAN

KESIMPULAN

- Radiasi terbagi menjadi dua jenis: **radiasi pengion** dan **non pengion**.
- Elektron, sebagai media utama radiasi pengion, dapat **bertransisi** dan memberikan **efek yang berbeda-beda**.
- Radionuklida yang **tidak stabil** akan menstabilkan dirinya sambil memancarkan radiasi dalam bentuk partikel.
- Sumber radiasi ada yang **natural**, dan dapat **dibuat**.
- Radiasi ada **di mana-mana!**



BRIN
BADAN RISET
DAN INOVASI NASIONAL



NUSANTARA
BARU
INDONESIA
MAJU



Bridging Sciences
Empowering Talents



B.J. Habibie Building
Jl. M.H. Thamrin 8, Jakarta 10340, Indonesia



www.brin.go.id



Brin Indonesia



@brin_indonesia



@brin.indonesia



Bridging Sciences
Empowering Talents

@dpk brin