

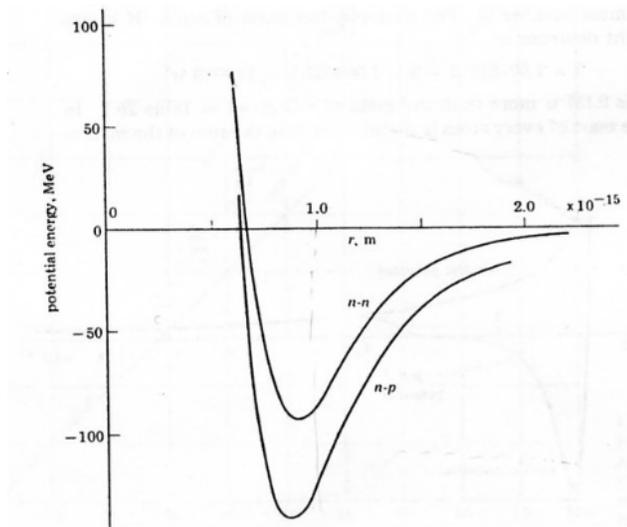
FISIKA INTI DI BIDANG KEDOKTERAN, KESEHATAN, DAN BIOLOGI

1. Struktur Inti

Sebuah inti disusun oleh dua macam partikel yaitu proton dan neutron. Terikat bersama oleh sebuah gaya inti. Proton adalah sebuah partikel elementer dengan muatan $+e$, nomor atom Z sama dengan nomor proton dalam inti. Neutron adalah sebuah partikel elementer yang tidak mempunyai muatan dan massa sedikit lebih besar dari pada sebuah proton. Nomor massa A pada sebuah nukleus adalah penjumlahan nomor proton Z dan nomor neutron N :

$$A = Z + N$$

Semua inti dengan nilai Z yang sama menunjukkan simbol kimia dengan elemen yang saling berhubungan. Semua nuklir Nukleon yang terikat bersama didalam inti oleh sebuah gaya inti yang fundamental yang berbeda dengan gaya listrik maupun gaya gravitasi. Pada jarak yang sangat kecil sekali gaya inti jauh lebih besar dibanding gaya listrik, tapi mengecil dengan cepat ketika jarak antara kedua nukleon bertambah. Gaya inti diilustrasikan dengan baik oleh pemplotan energi potensial nuklir U_n diantara dua nukleon berlawanan dengan jarak r diantara mereka. Gambar 1.1 potensial proton-neutron, neutron-neutron. Gaya inti dua proton sama dengan gaya dua buah neutron tapi dalam penjumlahan di situ terdapat tolakan listrik diantara proton.



gambar 1.1

energi potensial antara dua buah neutron (n-n) dan diantara sebuah neutron dan sebuah proton (n-p) terhadap jarak (r) antara mereka

2. Radioaktivitas

Atom terdiri atas inti atom dan elektron-elektron yang beredar mengitarinya. Reaksi kimia biasa (seperti reaksi pembakaran dan penggaraman), hanya menyangkut perubahan pada kulit atom, terutama elektron pada kulit terluar, sedangkan inti atom tidak berubah. Reaksi yang menyangkut perubahan pada inti disebut reaksi inti atau reaksi nuklir (nukleus=inti).

Reaksi nuklir ada yang terjadi secara spontan ataupun buatan. Reaksi nuklir spontan terjadi pada inti-inti atom yang tidak stabil. Zat yang mengandung inti tidak stabil ini disebut zat radioaktif. Adapun reaksi nuklir tidak spontan dapat terjadi pada inti yang stabil maupun, inti yang tidak stabil. Reaksi nuklir disertai perubahan energi berupa radiasi dan kalor. Berbagai jenis reaksi nuklir disertai pembebasan kalor yang sangat dasyat, lebih besar dan reaksi kimia biasa.

Pada tahun 1895, W.C. Rontgen menemukan bahwa tabung sinar katode menghasilkan suatu radiasi berdaya tembus tinggi yang dapat menghitamkan film potret, walaupun film tersebut terbungkus kertas hitam. Karena belum mengenal hakekatnya, sinar ini dinamai sinar X. Ternyata sinar X adalah suatu radiasi elektromagnetik yang timbul karena benturan berkecepatan tinggi (yaitu sinar katode dengan suatu materi (anode)). Sekarang sinar X disebut juga sinar rontgen dan digunakan untuk rontgen yaitu untuk mengetahui keadaan organ tubuh bagian dalam.

Penemuan sinar X membuat *Henry Becquerel* tertarik untuk meneliti zat yang bersifat fluoresensi, yaitu zat yang dapat bercahaya setelah terlebih dahulu

mendapat radiasi (disinari), Becquerel menduga bahwa sinar yang dipancarkan oleh zat seperti itu seperti sinar X. Secara kebetulan, Becquerel meneliti batuan uranium. Ternyata dugaan itu benar bahwa sinar yang dipancarkan uranium dapat menghitamkan film potret yang masih terbungkus kertas hitam. Akan tetapi, Becquerel menemukan bahwa batuan uranium memancarkan sinar berdaya tembus tinggi dengan sendirinya tanpa harus disinari terlebih dahulu. Penemuan ini terjadi pada awal bulan Maret 1896. Gejala semacam itu, yaitu pemancaran radiasi secara spontan, disebut keradioaktifan, dan zat yang bersifat radioaktif disebut zat radioaktif.

Zat radioaktif yang pertama ditemukan adalah uranium. Pada tahun 1898, Marie Curie bersama-sama dengan suaminya Pierre Curie menemukan dua unsur lain dari batuan uranium yang jauh lebih aktif dari uranium. Kedua unsur itu mereka namakan masing-masing polonium (berdasarkan nama Polonia, negara asal dari Marie Curie), dan radium (berasal dari kata Latin radiare yang berarti bersinar).

Ternyata, banyak unsur yang secara alami bersifat radioaktif. Semua isotop yang bernomor atom di atas 83 bersifat radioaktif. Unsur yang bernomor atom 83 atau kurang mempunyai isotop yang stabil kecuali teknesium dan promesium. Isotop yang bersifat radioaktif disebut isotop radioaktif atau radioisotop, sedangkan isotop yang tidak radioaktif disebut isotop stabil. Dewasa ini, radioisotop dapat juga dibuat dari isotop stabil. Jadi disamping radioisotop alami juga ada radioisotop buatan.

Pada tahun 1903, Ernest Rutherford mengemukakan bahwa radiasi yang dipancarkan zat radioaktif dapat dibedakan atas dua jenis berdasarkan muatannya. Radiasi yang bermuatan positif dinamai sinar alfa, dan yang bermuatan negatif diberi nama sinar beta. Selanjutnya Paul U. Villard menemukan jenis sinar yang ketiga yang tidak bermuatan dan diberi nama sinar gamma.

a. Sinar alfa (α)

Sinar alfa merupakan radiasi partikel yang bermuatan positif. Partikel sinar alfa sama dengan inti helium ^4_2He , bermuatan $+2e$ dan bermassa 4 sma. Partikel alfa adalah partikel terberat yang dihasilkan oleh zat radioaktif. Sinar alfa dipancarkan dari inti dengan kecepatan sekitar $1/10$ kecepatan cahaya. Karena memiliki massa yang besar, daya tembus sinar alfa paling lemah diantara diantara sinar-sinar radioaktif. Udara hanya dapat menembus beberapa cm saja dan tidak dapat menembus kulit. Sinar alfa dapat dihentikan oleh selembar kertas biasa. Sinar alfa segera kehilangan energinya ketika bertabrakan dengan molekul media yang dilaluinya. Tabrakan itu mengakibatkan media yang dilaluinya mengalami ionisasi. Akhirnya partikel alfa akan menangkap 2 elektron dan berubah menjadi atom helium

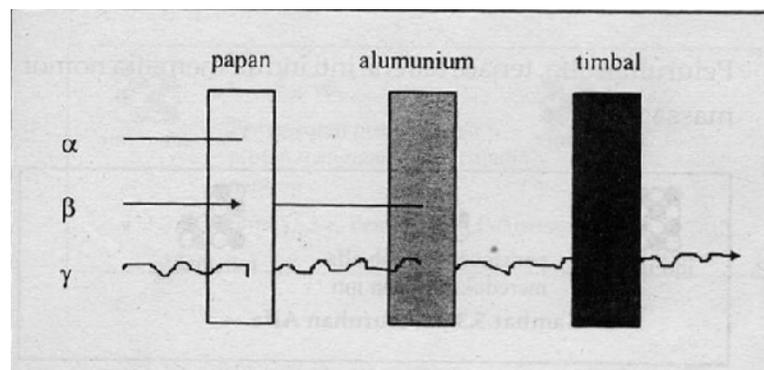
b. Sinar beta (β)

Sinar beta merupakan radiasi partikel bermuatan negatif. Sinar beta merupakan berkas elektron yang berasal dari inti atom. Partikel beta yang bermuatan-1 e dan bermassa 1/836 sma. Karena sangat kecil, partikel beta dianggap tidak bermassa sehingga dinyatakan dengan notasi ${}_{-1}^0e$. Energi sinar beta sangat bervariasi, mempunyai daya tembus lebih besar dari sinar alfa tetapi daya pengionnya lebih lemah. Sinar beta paling energetik dapat menempuh sampai 300 cm dalam udara kering dan dapat menembus kulit.

c. Sinar gamma (γ)

Sinar gamma adalah radiasi elektromagnetik berenergi tinggi, tidak bermuatan dan tidak bermassa. Sinar gamma dinyatakan dengan notasi ${}^0_0\gamma$. Sinar gamma mempunyai daya tembus. Selain sinar alfa, beta, gamma, zat radioaktif buatan juga ada yang memancarkan sinar X dan sinar Positron. Sinar X adalah radiasi sinar elektromagnetik.

Radioaktivitas merupakan Salah satu gejala yang sangat penting dari inti atom. Meskipun nuklida-nuklida diikat oleh gaya inti yang cukup kuat, banyak nuklida yang tidak mantap secara spontan meluruh menjadi nuklida lain melalui pemancaran partikel alpha, beta dan gamma. Energi gamma lebih besar dibandingkan dengan energi beta dan alfa. Sedangkan radiasi yang energinya terkecil adalah partikel alfa.



Gambar 2.1. Ilustrasi daya tembus partikel alfa, beta, gamma.

4.1 Satuan Radiasi

Berbagai satuan digunakan untuk menyatakan intensitas atau jumlah radiasi bergantung pada jenis yang diukur.

1. Curie(Ci) dan Becquerrel (Bq)

Curie dan Becquerrel adalah satuan yang dinyatakan untuk menyatakan keaktifan yakni jumlah disintegrasi (peluruhan) dalam satuan waktu. Dalam

sistem satuan SI, keaktifan dinyatakan dalam Bq. Satu Bq sama dengan satu disintegrasi per sekon.

$$1\text{Bq} = 1\text{ dps}$$

dps = disintegrasi per sekon

Satuan lain yang juga biasa digunakan ialah Curie. Satu Ci ialah keaktifan yang setara dari 1 gram garam radium, yaitu $3,7 \cdot 10^{10}$ dps.

$$1\text{Ci} = 3,7 \cdot 10^{10}\text{ dps} = 3,7 \cdot 10^{10}\text{ Bq}$$

2. Gray (gy) dan Rad (Rd)

Gray dan Rad adalah satuan yang digunakan untuk menyatakan keaktifan yakni jumlah (dosis) radiasi yang diserap oleh suatu materi. Rad adalah singkatan dari 11 radiation absorbed dose. Dalam sistem satuan SI, dosis dinyatakan dengan Gray (Gy). Satu Gray adalah absorpsi 1 joule per kilogram materi.

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

Satu rad adalah absorpsi 10^{-3} joule energi/gram jaringan.

$$1\text{ Rd} = 10^{-3}\text{ J/g}$$

Hubungan grey dengan rad

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

3. Rem

Daya perusak dari sinar-sinar radioaktif tidak saja bergantung pada dosis tetapi juga pada jenis radiasi itu sendiri. Neutron, sebagai contoh, lebih berbahaya daripada sinar beta dengan dosis dan intensitas yang sama. Rem adalah satuan dosis setelah memperhitungkan pengaruh radiasi pada mahluk hidup (rem adalah singkatan dari radiation equivalent for man)

4.2. Pengaruh Radiasi pada Materi

Radiasi menyebabkan penumpukan energi pada materi yang dilalui. Dampak yang ditimbulkan radiasi dapat berupa ionisasi, eksitasi, atau pemutusan ikatan kimia. Ionisasi: dalam hal ini partikel radiasi menabrak elektron orbital dari atom atau molekul zat yang dilalui sehingga terbentuk ion positif dan elektron terion.

Eksitasi: dalam hal ini radiasi tidak menyebabkan elektron terlepas dari atom atau molekul zat tetapi hanya berpindah ke tingkat energi yang lebih tinggi.

Pemutusan Ikatan Kimia: radiasi yang dihasilkan oleh zat radioaktif mempunyai energi yang dapat memutuskan ikatan-ikatan kimia.

4.3. Pengaruh Radiasi pada mahluk hidup

Walaupun energi yang ditumpuk sinar radioaktif pada mahluk hidup relatif kecil tetapi dapat menimbulkan pengaruh yang serius. Hal ini karena sinar radioaktif dapat mengakibatkan ionisasi, pemutusan ikatan kimia penting atau membentuk radikal bebas yang reaktif. Ikatan kimia penting misalnya ikatan pada struktur DNA dalam kromosom. Perubahan yang terjadi pada struktur DNA akan diteruskan pada sel berikutnya yang dapat mengakibatkan kelainan genetik, kanker dll.

Pengaruh radiasi pada manusia atau mahluk hidup juga bergantung pada waktu paparan. Suatu dosis yang diterima pada sekali paparan akan lebih berbahaya daripada bila dosis yang sama diterima pada waktu yang lebih lama.

Secara alami kita mendapat radiasi dari lingkungan, misalnya radiasi sinar kosmis atau radiasi dari radioaktif alam. Disamping itu, dari berbagai kegiatan seperti diagnosa atau terapi dengan sinar X atau radioisotop. Orang yang tinggal disekitar instalasi nuklir juga mendapat radiasi lebih banyak, tetapi masih dalam batas aman.

3. PENGGUNAAN RADIOISOTOP

Radioisotop digunakan sebagai perunut dan sumber radiasi

Pada bagian ini kita akan membahas dua penggunaan radioisotop, yaitu sebagai perunut (tracer) dan sumber radiasi. Penggunaan radioisotop sebagai perunut didasarkan pada ikataan bahwa isotop radioaktif mempunyai sifat kimia yang sama dengan isotop stabil. Jadi suatu isotop radioaktif melangsungkan reaksi kimia, yang sama seperti isotop stabilnya. Sedangkan penggunaan radioisotop sebagai sumber radiasi didasarkan pada kenyataan bahwa radiasi yang dihasilkan zat radioaktif dapat mempengaruhi materi maupun mahluk. Radiasi dapat digunakan untuk memberi efek fisis: efek kimia, maupun efek biologi.

3.1 Pemanfaatan radioisotop sebagai perunut dalam sistem biologi.

Berkat radiasi yang dipancarkan maka setiap unsur radioisotop yang memasuki tubuh hewan, manusia ataupun tanaman dapat diikuti jejak dan prilakunya. Keberadaan suatu unsur dalam tubuh hewan, manusia ataupun tanaman dinyatakan oleh kandungan radioaktifnya pada jaringan atau organ baik kuantitatif maupun kualitatif.

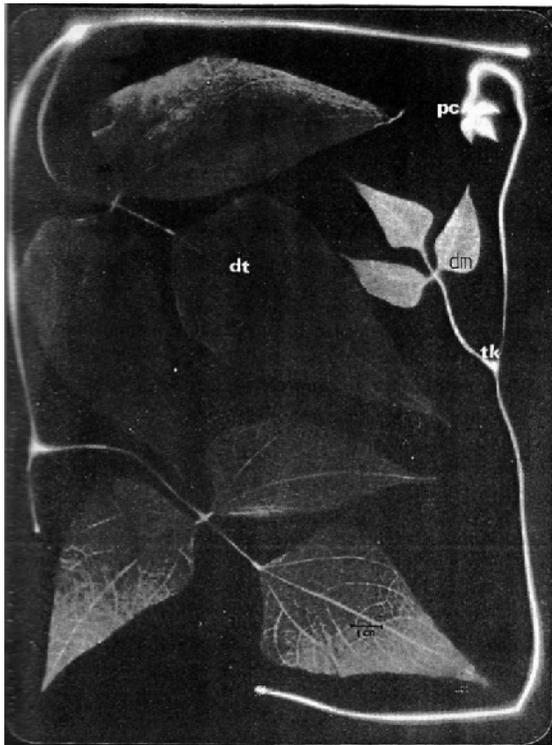
3.1.a Radioisotop dalam proses fisiologi pada tanaman

Tingkat keradioaktifan pada bagian-bagian tanaman selain ditentukan dengan jalan mencacah dapat juga dilakukan dengan teknik autoradiografi dengan bantuan film x-ray.

Contoh :

1. Unsur fosfor radioaktif ^{32}P yang berikan kedalam media kultir air tanaman tertentu dapat dilacak dengan diamati perilaku kimia dan biologinya dengan bantuan alat pencacah.
2. Penentuan radioaktif pada tanaman dengan teknik autoradiografi dapat mencakup beberapa tahap pengerjaan yaitu :
 - a. Potong dan pisahkan bagian atas tanaman (tampa akar) yang telah menyerap unsur ^{32}P untuk beberapa saat

- b. Kemudian bagian tanaman itu dipres pada karton lalu dikeringkan sampai tak mengandung unsur air.
- c. Sampel tanaman tersebut kemudian ditutup dengan sehelai film x-ray dan biarkan untuk beberapa saat dalam kamar gelap.
- d. Setelah film x-ray dicuci, akan terlihat gambar proyeksi tanaman pada film. Semakin hitam warna bagian tanaman pada film, semakin besar tingkat kandungan unsur radioaktif di situ. Pada gambar positif film x-ray positif tampak keadaan sebaliknya, semakin putih warna bagian tanaman semakin besar akumulasi unsur radioaktif disitu. (gambar 6.1)



Gambar 6.1

Gambar positif tanaman kacang tanah sesaat setelah kemudian setelah menyerap unsur radiofosfor P-32

Pada umumnya keradioaktifan jaringan atau unsur dinyatakan oleh kadar keradioaktifan (% keradioaktifan yang diberikan/gram jaringan atau organ) atau

dalam retensi keradioaktifan (% keradioaktifan yang diaplikasikan / berat total jaringan atau organ).

Beberapa macam proses fisiologi pada tanaman dan hewan yang dipelajari dengan bantuan teknik radiasi antara lain ialah:

1. Mempelajari proses fotositesa

penggunaan unsur radiokarbon ^{14}C .



- klorofil

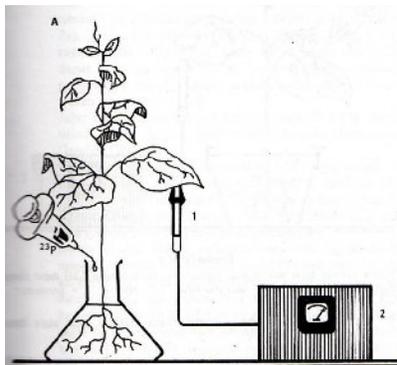
- cahaya matahari

Reaksi kimia diatas telah mengungkapkan unsur pada ikatan senyawa karbohidrat hasil fotosintesa, ternyata berasal dari CO_2 yang diserap dari atmosfer.

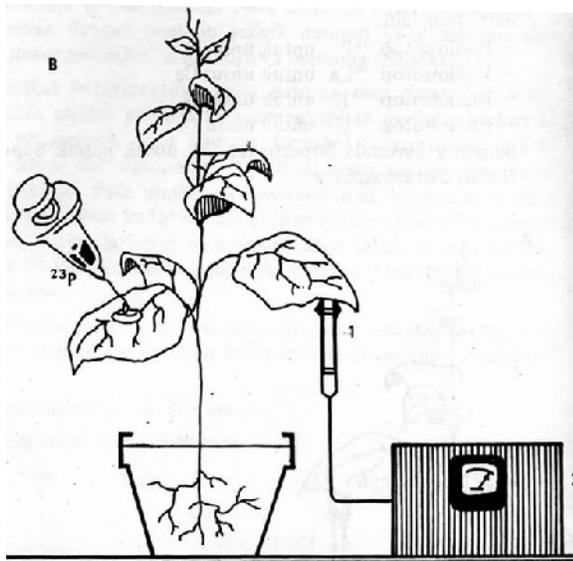
2. Mempelajari penyerapan, penyebaran biologi unsur (senyawa) tertentu pada tanaman.

Penyerapan atau jerapan penyebaran ataupun metabolisme suatu unsur atau senyawa tertentu pada tanaman dapat dipelajari dengan batuan bentuk unsur radioaktif.

Contoh: dengan melacak unsur fosfor radioaktif ^{32}P pada tanaman, maka perilaku biologi dan kimiawi baik ^{32}P maupun fospor P yang non radioaktif dapat diungkapkan, hal yang sama terjadi pada unsur (senyawa) radiaktif yang lain



Gambar 6.2 teknik perunut dapat menunjukkan unsur pospor (atau ^{32}P) dapat diserap oleh tanaman melalui akar.



Gambar 6.3 teknik perunut dapat menunjukkan bahwa unsur fosfor atau (P-32) dapat diserap tanaman melalui daun.

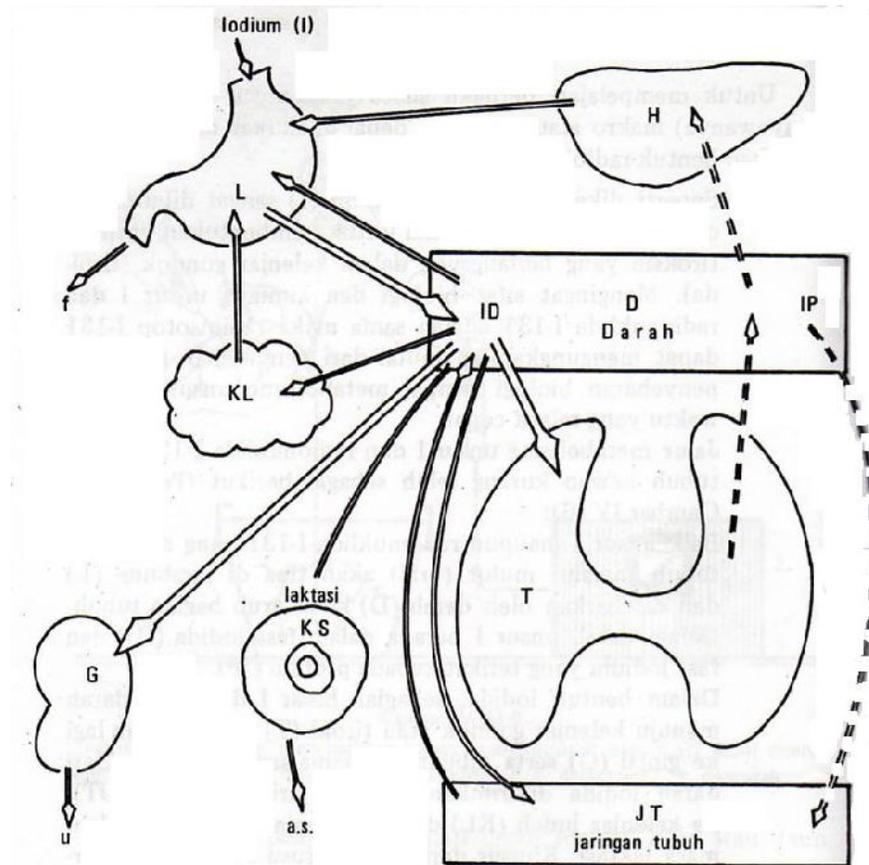
3. mempelajari penyerapan suatu unsur melalui akar atau daun dengan bantuan suatu radioisotop dapat pula diungkapkan penyerapan suatu unsur tertentu baik melaalui akar maupun melalui

daun.berdasarkan tingkat radioaktifan suatu unsur radionuklidapada tanaman yang dapat diketahui mana yang lebih efisien antara penyerapan nekaui ajar dan melalui daun.

3.1.b Radioisotop dalam proses fisiologi pada hewan

1. penyebaran biologi dan metabolisme unsur atau senyawa tertentu untuk mempelajari perilaku suatu jenis unsur makro ataupun mikro dapat dilakukan dengan menggunakan bentuk radioisotop unsur tersebut.

Contoh : unsur yodium sangat dibutuhkan oleh tubuh hewan mamalia untuk pembentukan hormon tiroksin yang berlangsung dalam kelenjar gondok . Mengingat sifat biologi dan kimiawi unsur I dan radionuklida I-131 adalah sama maka radioisotop I-131 dapat mengungkapkan melalui dari penyerapan, penyebaran biologi sampai metabolisme dalam waktu yang relatif cepat.



Gambar

Jalur metabolisme unsur Iodium (I) atau Radioiodium (I-131) dalam tubuh hewan mamalia.

L = lambung; H = hati; D = darah; KL = kelenjar ludah; T = kelenjar tiroida (gondok); G = ginjal; KS = kelenjar susu; JT = jaringan tubuh; f = tinja; u = urin; as = air susu.

===== = Fasa Iodida (ID)

----- = Fasa Iodium terikat pada protein (IP).

2. jalur metabolisme suatu unsur atau senyawa tertentu

Perilaku biologi dan kimia radionuklida ca₄₅ sejak dari makanan sampai ke sekresi air susu pada hewan telah mencerminkan dengan jelas dan pasti jalur metabolisme unsur makro kalsium

Demikian halnya dengan perilaku senyawa- senyawa penting yang lain atau vitamin dalam tubuh hewan dapat diamati dengan mudah dan

pasti dengan menggunakan senyawa-senyawa bertandannya yang radioaktif.

3. pengikatan suatu unsur tertentu pada jaringan tubuh

Dengan bantuan radio isotop P-32 maka penyebaran biologi unsur P yang berasal dari makanan sampai dan terikat di jaringan tulang tengkorak dapat dipecahkan dengan jelas,

4. pelaluan plasenta suatu unsur tertentu.

Seperti diketahui bahwa pada masa kehamilan plasenta dapat berfungsi sebagai penghalang untuk suatu unsur tertentu sehingga tidak dapat masuk ke fetus.

Maka tingkan pelaluan plasenta suatu unsur atau senyawa tertentu baik yang berguna maupun yang merugikan terhadap fetus dapat dengan jelas diketahui berkat bantuan radio isotop unsur-unsur ataupun senyawa bertanda yang dimaksudkan.

5. mempelajari perilaku ekologi serangga atau hewan kecil

tubuh serangga atau hewan kecil yang mengandung (membawa) radioisotop dengan tingkat keradioaktifan kecil, akan dapat diikuti atau dilacak perilaku dan gerak-geriknya. Informasi penting dapat membantu memecahkan aspek ekologi organisme tersebut .

dalam hal ini teknik penandaan atau tagging dapat dilakukan antara lain:

- a. secara kontak langsung, yaitu dengan mengoleskan larutan isotop yang diperlukan ke tubuh serangga atau hewan kecil itu

- b. dengan cara memberikan larutan radioisotop seperlunya ke media makanan atau minuman organisme yang dimaksudkan
- c. dengan cara memberikan larutan radioisotop seperlunya ditempat habitat dimana organisme itu hidup pada masa larva, kepompong atau imago.

Macam informasi perilaku ekologi serangga (hewa) yang dapat diperoleh secara demikian ini antara lain: jarak terbang, luas penyebaran, preferensi makanan, penentuan predator dan sebagainya.

3.2 Pemanfaatan Efek Radiasi Dalam Bidang Kedokteran

Awal mula penggunaan radiasi dibidang kedokteran sebenarnya telah berlangsung cukup lama. Pada saat itu para dokter di eropa dan amerika tertarik dengan penemuan W.C. Roentgen yang menyatakan bahwa dengan menggunakan sinar X dapat dibuat gambar film tulang atau tulang tengkorak kepala seseorang. Hal itu menjadi menarik karena keadaan tulang atau tengkorak kepala seorang pasien dapat diamati dan dipelajari dengan seksama untuk tujuan diagnosa.

Sementara itu penggunaan efek radiasi untuk tujuan penyembuhan telah diawali oleh beberapa keberhasilan seperti :

- a. Pada tahun 1897, L Freund telah berhasil menghilangkan semacam kelainan (terdapat penumbuhan bulu) pada kulit seseorang dengan cara meradiasi.
- b. pada tahun 1899, J.T steinbek dan T.A.V. Sjogrein telah berhasil menyembuhkan tumor kulit pada hidung seseorang pasien dengan cara meradiasi.

Dari sekian banyak laporan keberhasilan, ada juga laporan adanya efek samping setelah diradiasi. Diantara efek samping yang ditimbulkan adalah:

- a. telah terjadi eritema kulit (skin reyhema), yaitu semacam gejala kemerah-merahan pada kulit pasien setelah menjalani terapi dengan sinar X.
- b. telah terjadi gejala kerontokan rambut pada kepala seseorang yang telah diiradiasi seperti yang dilaporkan oleh J. Danielz (th 1896)

Radiasi dan Upaya Penyembuhan Kanker

Radiasi dapat menghambat proses pembelahan sel yang dapat menimbulkan kematian pada sel dan jaringan itu bila penghambatan berlangsung secara terus-menerus. Seperti diketahui jaringan atau sel-sel kanker memiliki daya pembelahan diri yang jauh lebih tinggi dari pada sel-sel normal dan sehat. Maka menurut hukum bergonie _tribonau, golongan sel-sel kanker ini bersifat lebih radiosensitif dari pada sel-sel normal. Jadi dengan jalan meradiasi maka penyakit kanker (tumor) pada jaringan atau organ tertentu dapat disembuhkan

Radiasi dan Pembuatan Radiovaksin

Radiasi dapat melemahkan mikroorganisme ataupun penyakit yang selanjutnya dapat digunakan untuk pembuatan vaksin dari penyakit tertentu.

Vaksin yang diperoleh secara demikian dikenal sebagai "radiovaksin" .
contoh : radiovaksin untuk penyakit tidur di afrika dan radiovaksin untuk penyakit cacic pada ternak dan lain-lain.

Radiasi dan Usaha setrilisasi Hama

Radiasi dapat digunakan untuk mensterilkan beberapa alat atau bahan keperluan dokter, karena mikroba atau bibit penyakit akan mati akibat radiasi pada dosis lethal.

Contoh: alat-alat kedokteran (pisau, gunting, jarum, pinset) atau bahan-bahan kedokteran lainnya (kapas, pembalut dan lainnya) telah berhasil disterilkan dengan radiasi.

Pemanfaatan Radioisotop Sebagai Perunut Dalam Bidang Kedokteran

Berdasarkan pada tingkat keradioaktifan suatu radioisotop ataupun senyawa kimia bertanda (radioaktif) yang dapat dideteksi pada jaringan atau organ tubuh tertentu, berbagai macam informasi untuk keperluan diagnosa kedokteran dapat diperoleh. Hasil pencacahan keradioaktifan jaringan atau organ sesaat setelah diradiasi dapat dilihat dengan baik pada skala atau angka digital pada alat pencacah.

Sementara dari sisi lain unsur atau senyawa juga dapat memberikan suatu gambaran dari jaringan atau organ yang diamati. Pada pengamatan terdapat perbedaan antara jaringan atau organ yang sehat atau tidak sehat. Hal ini disebabkan oleh perbedaan tingkat metabolisme dan akumulasi senyawa radioaktif itu oleh jaringan atau organ tersebut.

Berbagai jenis radioisotop digunakan sebagai perunut untuk mendeteksi (diagnosa) berbagai jenis penyakit: teknesium (Tc-99), talium-201 (Tl-201), iodin 131 (I-131), natrium-24 (Na-24), ksenon-133 (Xe-133) dan besi (Fe-59). Tc-99 yang disuntikkan ke dalam pembuluh darah akan diserap terutama oleh jaringan yang rusak pada organ tertentu, seperti jantung, hati dan paru-paru. Sebaliknya Tl-201 terutama akan diserap oleh jaringan yang sehat pada organ jantung. Oleh karena itu, kedua isotop itu digunakan secara bersama-sama untuk mendeteksi kerusakan jantung. I-131 akan diserap oleh kelenjar gondok, hati dan bagian-bagian tertentu dari otak. Oleh karena itu, I-131 dapat digunakan untuk mendeteksi kerusakan pada kelenjar gondok, hati dan untuk mendeteksi tumor otak. Larutan garam yang mengandung Na-24 disuntikkan ke dalam pembuluh darah untuk mendeteksi

adanya gangguan peredaran darah misalnya apakah ada penyumbatan dengan mendeteksi sinar gamma yang dipancarkan isotop Natrium tsb.

Xe-133 digunakan untuk mendeteksi penyakit paru-paru. P-32 untuk penyakit mata, tumor dan hati. Fe-59 untuk mempelajari pembentukan sel darah merah. Kadang-kadang, radioisotop yang digunakan untuk diagnosa, juga digunakan untuk terapi yaitu dengan dosis yang lebih kuat misalnya, ^{131}I juga digunakan untuk terapi kanker kelenjar tiroid.

Mempelajari Perilaku Biologi dan Kimia Suatu Unsur Dalam Tubuh

Baik perilaku biologi (penyerapan, penyebaran, penimbunan, metabolisme) maupun sifat kimia (perubahan bentuk senyawa biokimia) suatu unsur atau senyawa penting dalam tubuh dapat diungkapkan berkat teknik perunut radioaktif.

Jadi dengan mengetahui informasi tentang penyerapan, penyebaran, penimbunan, metabolisme unsur Yodium radioaktif ^{131}I dalam tubuh sekaligus telah memperoleh data informasi yang sama tentang unsur yodium yang tidak radioaktif. Hal ini disebabkan oleh sifat biologi dan kimia radioisotop ^{131}I dan unsur I yang amat serupa.

Beberapa unsur radioaktif memiliki sifat biologi dan kimia yang menyurupai unsur lain.

Contoh: Radiostronsium ^{90}Sr menyerupai Ca

Teksium $^{99\text{m}}\text{Tc}$ menyerupai I

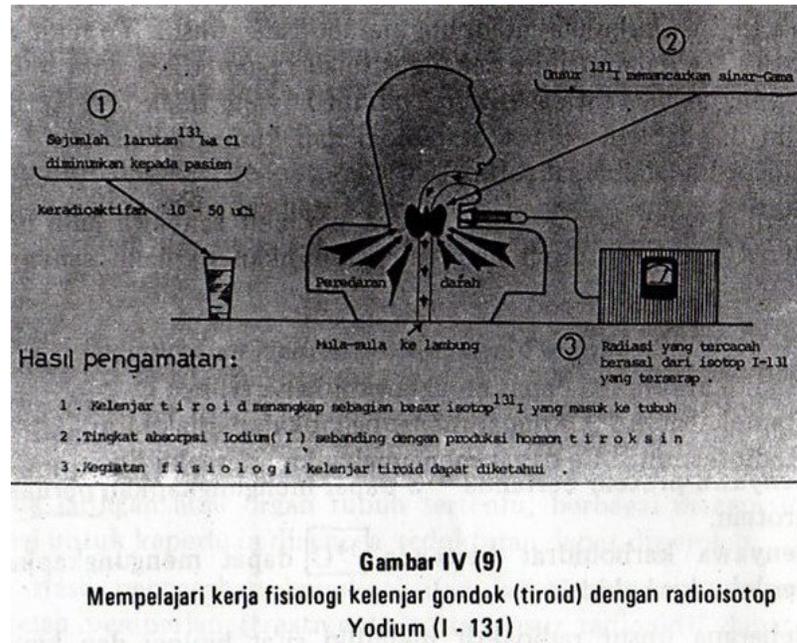
Mempelajari Fungsi Organ dan Kelenjar Tubuh

a. Fungsi Kelenjar Tiroid (Gondok)

Seperti halnya unsur Yodium I, sesaat setelah radioyodium ^{131}I memasuki tubuh secara oral akan diperoleh informasi :

1. bahwa sebagian besar ^{131}I diakumulasikan pada kelenjar tiroid

2. fungsi fisiologi kelenjar tiroid dapat diketahui dengan segera, apakah bekerja secara normal atau kurang normal.



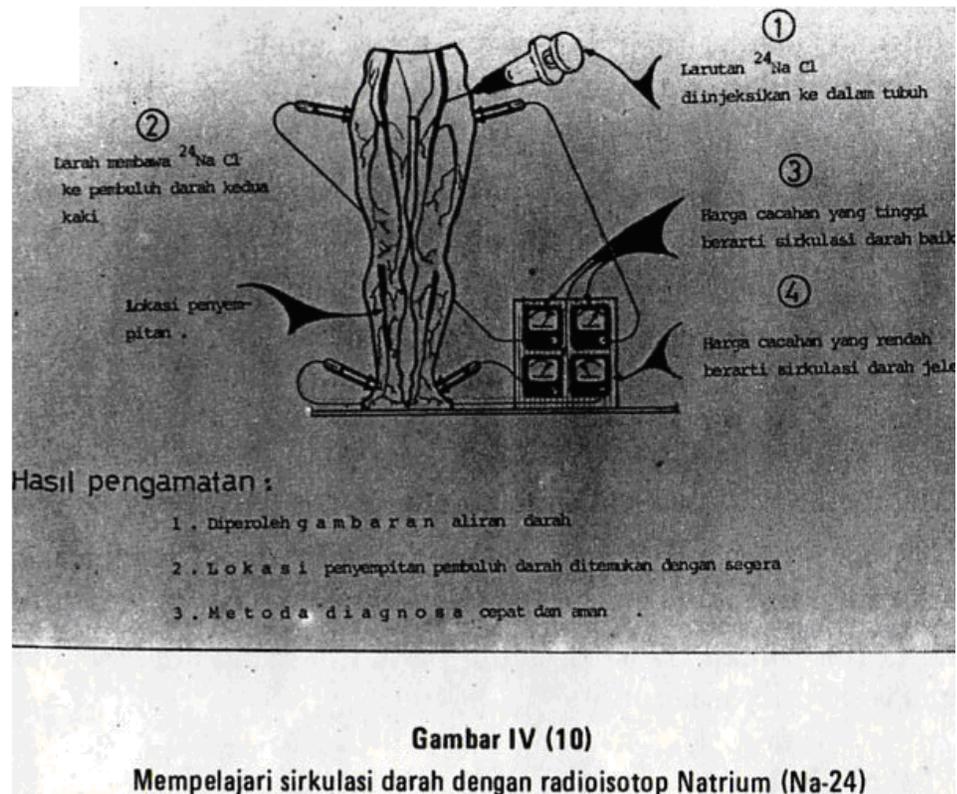
B. Fungsi Ginjal

seperti diketahui senyawa asam atilen diamin tetraasetik (AEDT, EDTA) merupakan senyawa khelat yang akan segera diekresikan keluar tubuh melalui ginjal. Sesaat senyawa AEDT bertanda ^{51}Cr memasuki tubuh seseorang akan segera diperoleh informasi apakah ginjal seseorang berfungsi normal atau tidak.

C. Mempelajari Sirkulasi Darah

dengan bantuan radioisotop ^{24}Na , sirkulasi dalam tubuh dapat diamati. Sesaat $^{24}\text{NaCl}$ diinjeksikan kedalam tubuh dapat diketahui perjalannya ke seluruh pembuluh darah. Pada daerah dimana sirkulasi darah tadi mengalami hambatan, harga cacahan disitu rata-rata cukup tinggi. Sedangkan pada

daerah dimana terdapat penyempitan pembuluh darah harga cacahan jadi relatif rendah, atau terjadi hambatan pada sirkulasi darah. Diagnosa ini sekaligus dapat menentukan lokasi penyempitan pembuluh darah (gambar).



Menentukan Lokasi Jaringan Kanker

Dengan bantuan beberapa sediaan radiofarmasi yang berperan sebagai penatah jaringan atau organ akan diperoleh data informasi tentang kondisi jaringan atau organ. Terdapat perbedaan hasil tahanan atau jaringan atau organ dan yang tidak sehat.

A. Lokasi Kanker Pada Jaringan Otak

adanya kanker dan lokasinya pada jaringan otak dapat diketahui dari hasil tatakannya setelah pasien diinjeksi dengan zat penatah otak senya perteknetat $^{99m}\text{TcO}_4$.

B. Lokasi Kanker Pada Jaringan Kanker.

Adanya kanker dan lokasinya pada organ hati dapat diketahui dari hasil tatakannya setelah pasien diinjeksi dengan zat penatah hati mikrokoloid bertanda Tc-99m (gambar)

C. Lokasi Kanker Pada Jaringan Tulang

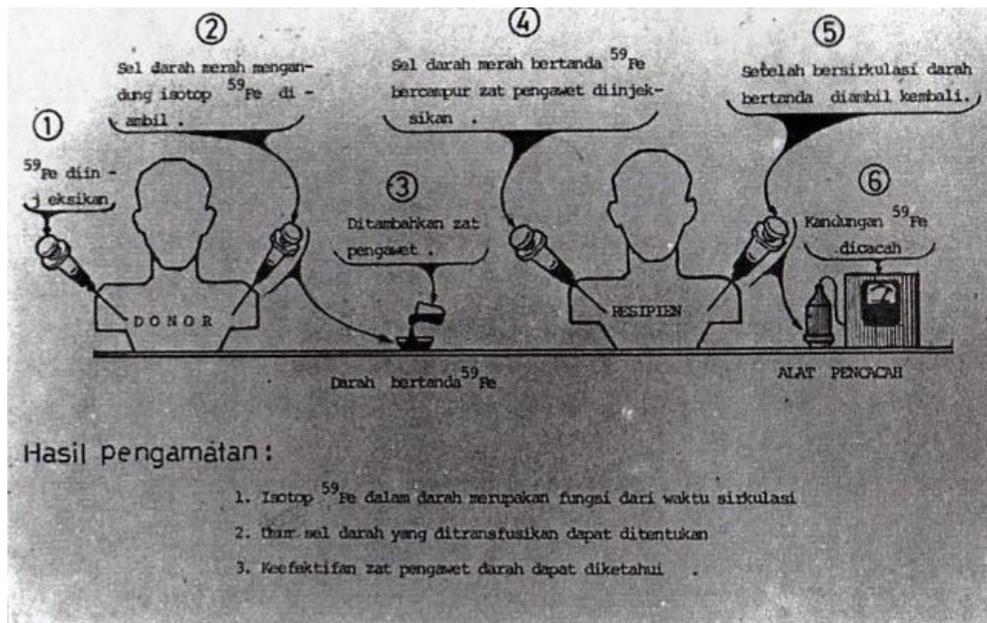
adanya kanker dan lokasinya pada jaringan tulang dapat diketahui dari hasil tatakannya setelah pasien diinjeksi dengan zat penatah tulang metildifosfonat Tc-99m (MDP-Tc 99m).

D. Lokasi Tumor Pada Ginjal.

Adanya tumor (bagian jarian yang abnormal) dan lokasinya pada ginjal dapat diketahui dari hasil tatakannya setelah pasien diinjeksi dengan zat penatah ginjal asam atilen diamintetra asetik bertanda Tyeknisium -99M atau $^{99m}\text{AEDT}$.

Mempelajari Umur Sel Darah Merah

Sel darah merah bertanda Fe-59 dapat menentukan umur sel darah seseorang (gambar). Seperti untuk tujuan tranfusi darah perlu diketahui umur sel darah merahasal donor.



Hasil pengamatan :

1. Isotop ^{59}Fe dalam darah merupakan fungsi dari waktu sirkulasi
2. Durasi sel darah yang ditransfusikan dapat ditentukan
3. Keefektifan zat pengawet darah dapat diketahui

Gambar IV (12)

Mempelajari umur sel darah merah (eritrosit) dengan radioisotop unsur besi Fe (Fe-59)