

Tugas Biofisika

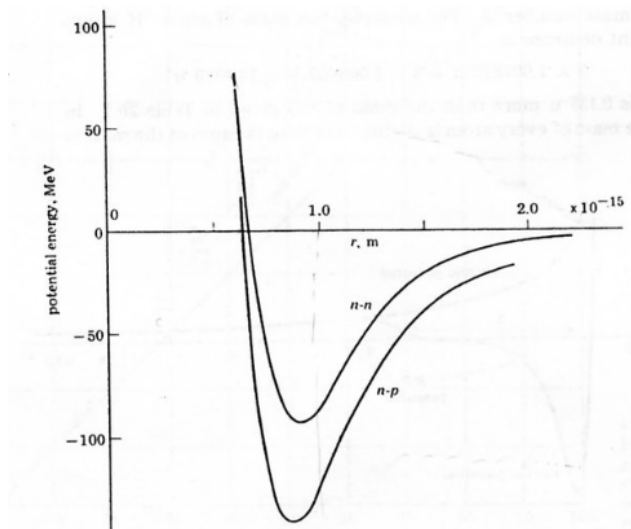
INTI

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 :

$$A = Z + N$$

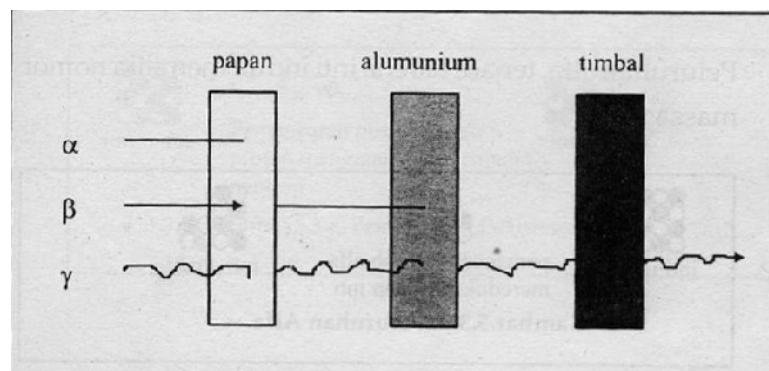
Semua inti dengan nilai Z yang sama menunjukkan simbol kimia dengan elemen yang saling berhubungan. Semua nuklir Nukleon yang terikat bersama didalam inti oleh sebuah gaya inti yang fundamental yang berbeda dengan gaya listrik maupun gaya gravitasi. Pada jarak yang sangat kecil sekali gaya inti jauh 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

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.

2.2 Waktu Paruh

Waktu paruh didefinisikan sebagai periode waktu dimana jumlah cacah inti atom induk yang bersifat radioaktif tinggal separuh dari cacah semula:

2.3 Penentuan Karbon 16

3. Fisi dan Fusi

3.1 Fisi

3.2 Fusi

4. Radiasi Nuklir

4.1 Properties

4.2 Detection

4.3 Dosimetry

5. Nuclear Medicine

nuclear medicine didefinisikan sebagai aplikasi teknik nuklir yang digunakan untuk ilmu kedokteran, banyak aplikasi meliputi penggunaan isotop radioaktif, yang dengan mudah tersedia sebagai sebuah produk dari industri tenaga nuklir.

5.1 Penelitian

Dalam penelitian isotop radioaktif digunakan sebagai *tracers* untuk memberikan nama pada atom sebuah molekul. Contoh metabolisme besi dalam

tubuh dapat dielajari menggunakan radioaktif ^{59}Fe . Sebagian besar besi dalam tubuh terdapat dalam hemoglobin dalam sel darah merah. Seekor binatang yang diberi makanan secara diet yang mengandung ^{59}Fe dan yang berikutnya radioaktivitas pada sel darah merah binatang, telah ditemukan dalam jumlah sedikit yang diserap seekor binatang tadi yang sedang berada dibawah kondisi normal.

5.2 Terapi

Dalam pengobatan penyakit, radioaktif ^{60}Co digunakan dengan segera sebagai sebuah sumber dari radiasi ionisasi. Peluruhan beta ^{60}Co ke suatu keadaan eksitasi ^{60}Ni , yang mana dengan serata merta meluruh ke keadaan dasar dari pemancaran dalam pergantian sebuah sinar gamma 1.17 MeV dan sebuah 1.33 MeV sinar gamma. Energi sinar gamma ini sangat besar dari pada semua produksi dari sinar X tapi mesin x-ray besar, jadi ^{60}Co relatif tidak mahal dan sumber yang tepat untuk penetrasi radiasi.

5.2 Diagnosis

Gambar konvensional x-ray dari badan hanya mampu membedakan organ dengan perbedaan kerapatan.

6. Pemanfaatan Efek Radiasi Dalam Bidang Biologi

Sejak ditemukannya sinar-X dan radiasi yang berasal dari radionuklida radium (Ra-228) para sarjana biologi mempelajari efek biologi kedua macam radiasi itu; terhadap organisme hidup. Tidak lama setelah itu banyak laporan dari hasil penelitian tentang pengaruh radiasi terhadap organisme, antara lain :

- a. Telah terjadi beberapa bentuk abnormal dari berbagai biji tanaman setelah diradiasi.
- b. Telah terjadi beberapa bentuk abnormal pada perkembangan telur katak dan telur burung setelah di radiasi.
- c. Telah terjadi kematian akibat radiasi (efek lethal) pada bakteri

Dibawah ini akan dikemukakan beberapa pemamfaatan efek radiasi dalam bidang biologi

6.1 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.

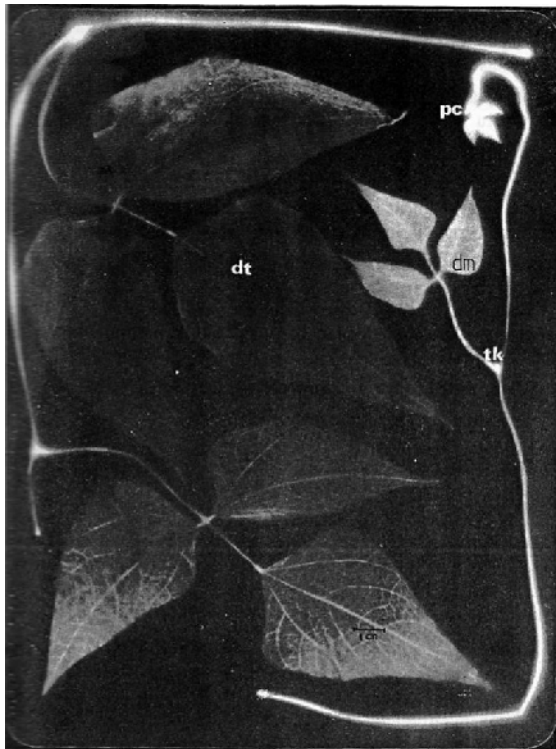
6.1.1 Radioisotop dalam proses fisiologi pada tanaman

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 prilaku 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

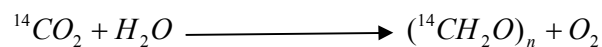
Gambar positif tanaman kacang tanah sesaat setelah kemudian setelah menyerap unsur radiofosfor P-32

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

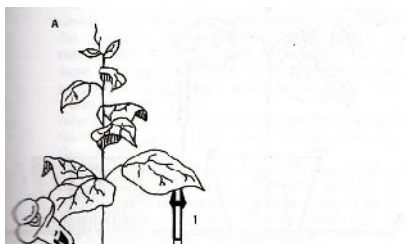
- cahaya matahari

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

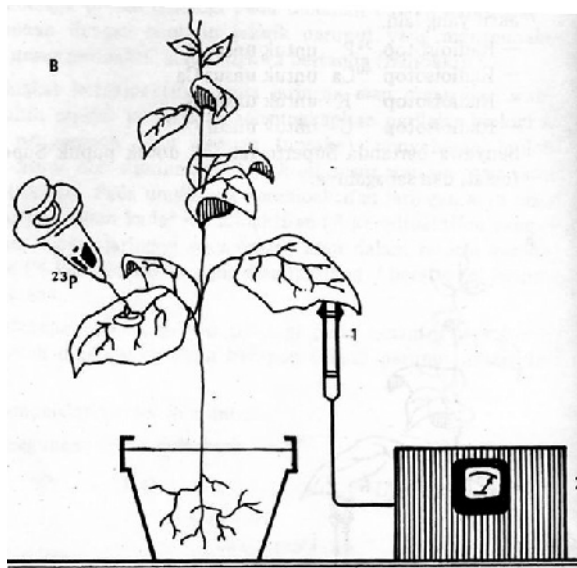
2. Mempelajari penyerapan, penyebaran biologi unsur (senyawa) tertentu pada tanaman.

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.

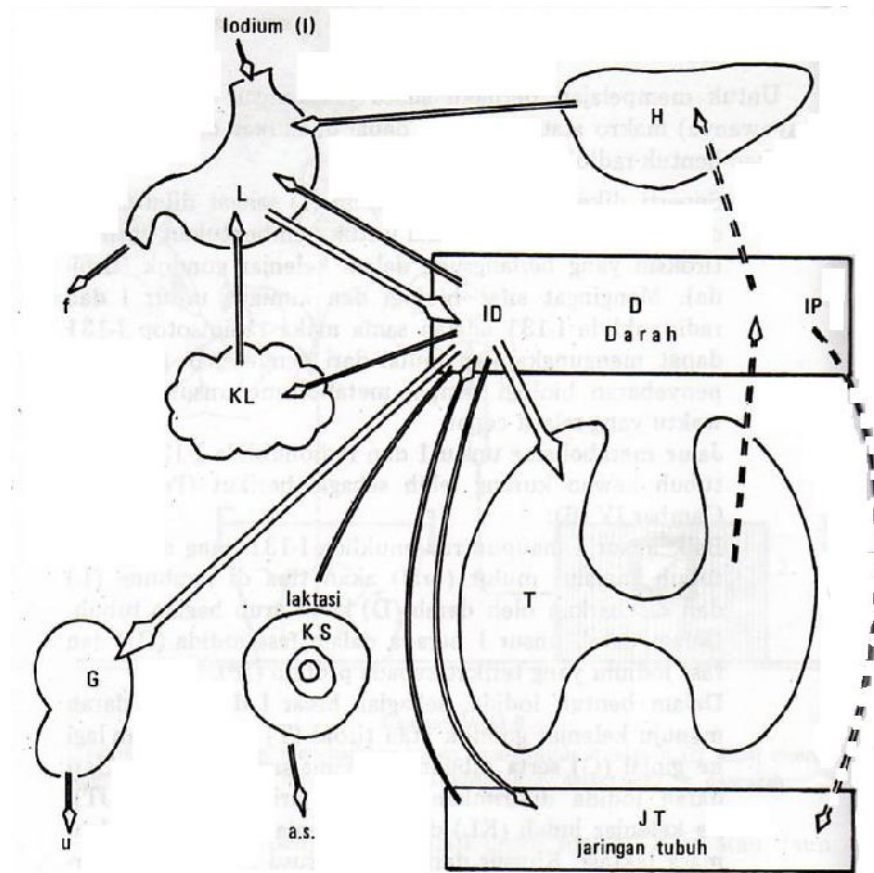
3. mempelajari penyerapan suatu unsur melalui akar atau daun dengan bantuan suatu radioisotop dapat pula diungkapkan penyerapan suatu unsur tertentu baik melalui akar maupun melalui

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

6.1.2 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.

7. 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)

7.1 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

7.2 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.

7.3 Radiasi dan Usaha setrilisasi Hama

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

8. 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 untu kep 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.

Semetara 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.

8.1 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 menyerupai unsur lain.

Contoh: Radiostronsium ^{90}Sr menyerupai Ca

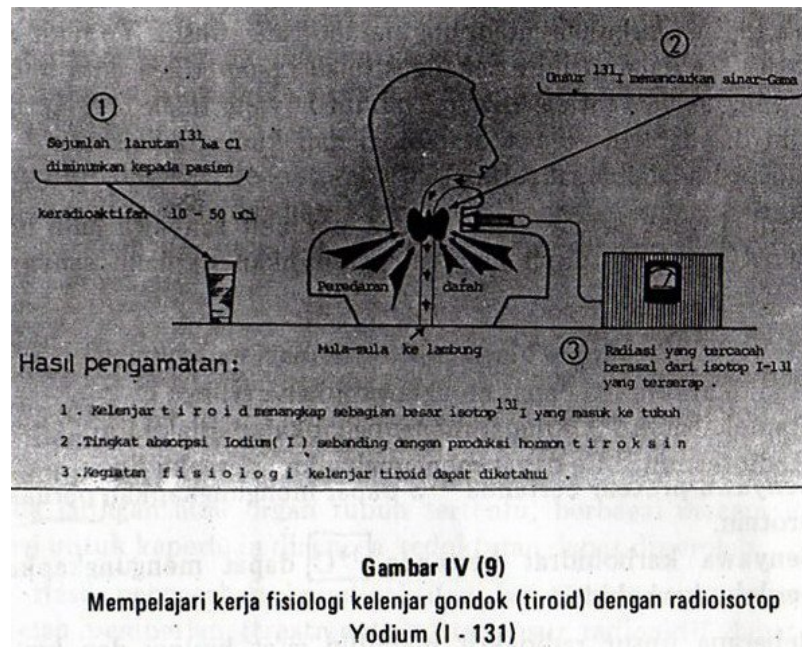
Teknium $^{99\text{m}}\text{Tc}$ menyerupai I

8.2 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.



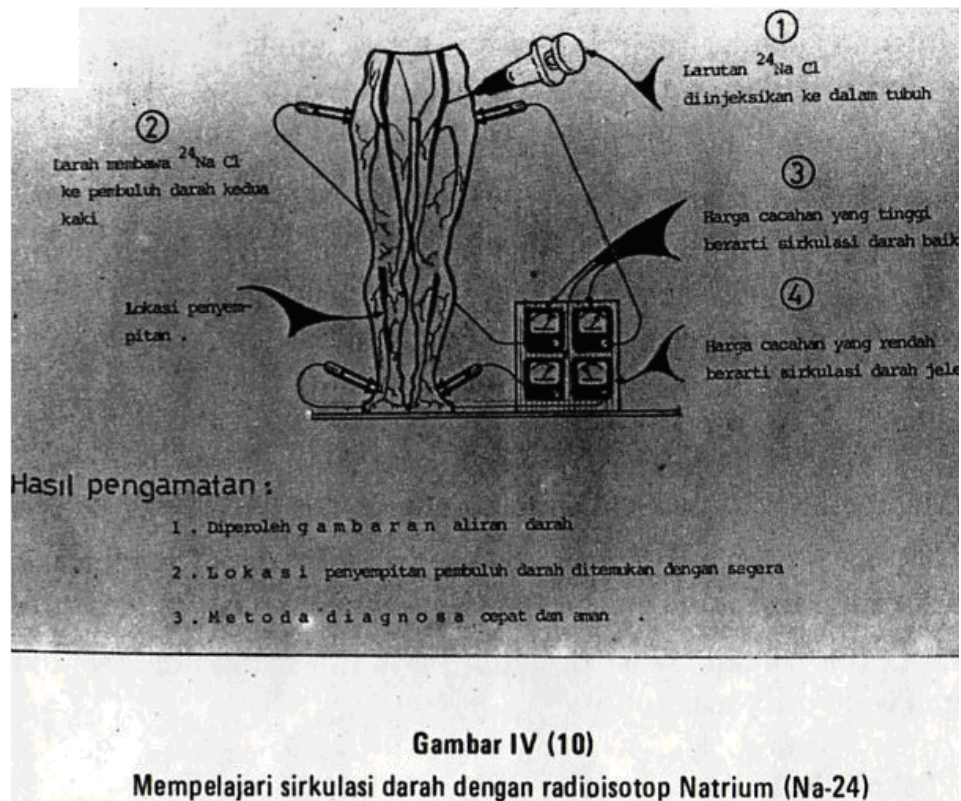
B. Fungsi Ginjal

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 tidak 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).



8.3 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 tatahan 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 tatahanya setelah pasien diinjeksi dengan zat penatah otak senyawa perteknetat $^{99\text{m}}\text{TcO}_4$.

B. Lokasi Kanker Pada Jaringan Kanker.

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

C. Lokasi Kanker Pada Jaringan Tulang

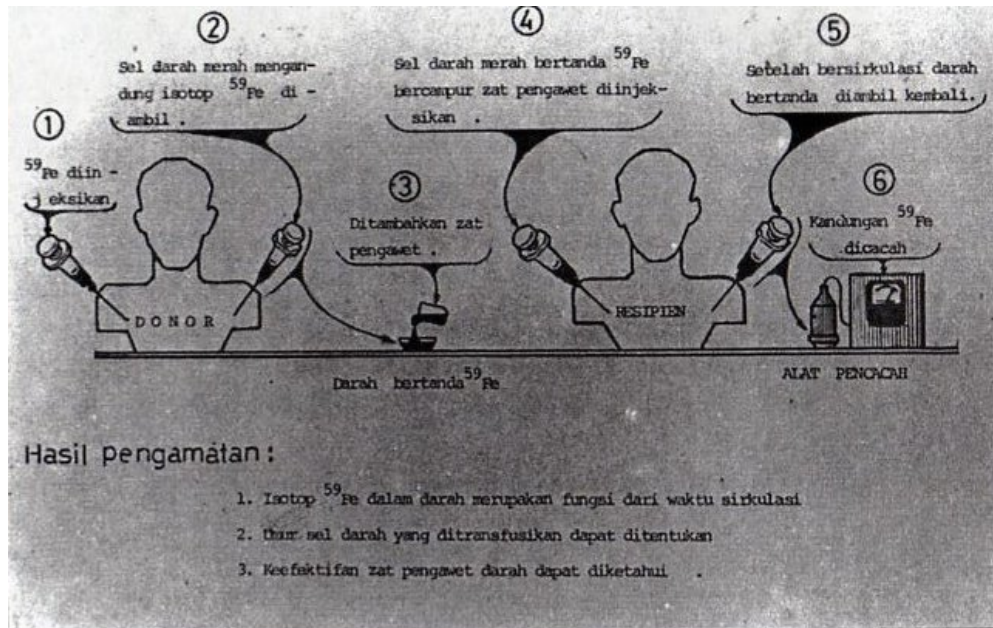
adanya kanker dan lokasinya pada jaringan tulang dapat diketahui dari hasil tatahanya setelah pasien diinjeksi dengan zat penatah tulang metildifosfonat Tc-99m (MDP-Tc 99m).

D. Lokasi Tumor Pada Ginjal.

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

8.4. 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 merah asal donor.



Gambar IV (12)

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