

RADIOFARMAKA UNTUK DETEKSI INFLAMASI DAN INFEKSI

Nurlaila Z.

Puslitbang Teknik Nuklir - BATAN

ABSTRAK

RADIOFARMAKA UNTUK DETEKSI INFLAMASI DAN INFEKSI.

Suatu penyakit atau adanya rasa sakit di dalam tubuh dapat disebabkan karena adanya reaksi inflamasi atau infeksi. Salah satu metode yang dapat dipakai untuk mendeteksi adanya reaksi ini adalah teknik nuklir menggunakan radiofarmaka sebagai radioperunut. Beberapa jenis radiofarmaka dengan mekanisme akumulasi yang spesifik untuk masing-masing radiofarmaka telah digunakan di bidang kedokteran nuklir untuk diagnosis inflamasi dan infeksi dengan hasil yang memuaskan. Radiofarmaka tersebut antara lain teknesium-99m-heksametilpropilenamin-sel darah putih (^{99m}Tc -HMPAO-SDP), indium-111-oksin-sel darah putih (^{111}In -oksin-SDP), teknesium-99m-immunoglobulin G (^{99m}Tc -IgG) dan teknesium-99m-infecton (^{99m}Tc -infecton). Dalam visualisasi menggunakan metode ini, perlu diketahui runtunan pengobatan dari pasien karena pemakaian obat tertentu dapat mempengaruhi sifat biologis radiofarmaka, yang mengakibatkan kesalahan diagnosis. Tinjauan ini membahas beberapa radiofarmaka untuk diagnosis inflamasi dan infeksi serta mekanisme akumulasinya di dalam tubuh. Selain itu, dalam tinjauan ini diuraikan juga interaksi radiofarmaka tersebut dengan beberapa obat.

Kata kunci : radiofarmaka, diagnosis, inflamasi, infeksi.

ABSTRACT

RADIOPHARMACEUTICALS FOR DETECTION OF INFLAMATION AND INFECTION.

Feeling of pain in the body could be caused by reaction of inflammation and infection as well. One of the methods could be used to detect the reaction is nuclear technique using radiopharmaceutical as radiotracer. Some radiopharmaceuticals having specific accunulation mechanism to diagnose the presence of inflammations and infections with satisfactory results. Among those radiopharmaceuticals are technetium-99m-hexamethylpropileneamine-white blood cell (^{99m}Tc -HMPAO-WBC), indium-111-oxine-white blood cell (^{111}In -oksin-WBC), technetium-99m-immunoglobuline G (^{99m}Tc -IgG) and technetium-99m-infecton (^{99m}Tc -infecton). In visualization using this method, the information of a serial previous medical treatment of the patient should be known, because certain medicament, could influence the biological characteristic of radiopharmaceuticals and hence, a missed diagnosis could be resulted. This review discusses several

radiopharmaceuticals for inflammation and infection, diagnoses their accumulation mechanism in the body. Besides, the radiopharmaceuticals interaction with several drugs are also reviewed .

Key words : radiopharmaceuticals, diagnosis, inflammation, infection.

PENDAHULUAN

Inflamasi didefinisikan sebagai reaksi mikrosirkulasi yang ditandai dengan perpindahan cairan dan sel darah putih (SDP) dari darah ke dalam jaringan ekstraselular [1]. Inflamasi dapat timbul sebagai akibat dari berbagai rangsangan yang disebabkan oleh antara lain mikroorganisme atau reaksi immunologis. Reaksi inflamasi dimulai oleh aktivasi mediator dan sistem tubuh seperti sitokin, faktor komplemen dan faktor vasoaktif di antaranya histamin dan serotonin [2], serta terjadi migrasi sel darah putih ke dalam jaringan yang mengalami inflamasi. Permeabilitas vaskular akan meningkat diikuti dengan bermigrasinya sejumlah besar protein dan partikel ke dalam daerah ekstraselular. Infeksi merupakan reaksi spesifik inflamasi yang ditandai dengan kerusakan jaringan yang disebabkan oleh mikroorganisme.

Penentuan daerah terjadinya inflamasi dan infeksi yang tepat dan cepat dapat memudahkan dalam mengatasi penyebab suatu penyakit. Beberapa teknik pencitraan (*imaging*) di antaranya *computed tomography* (CT), *magnetic resonance imaging* (MRI) dan *ultrasonography* dapat membantu dalam mendiagnosis suatu penyakit. Akan tetapi cara ini tidak spesifik, khususnya bila disebabkan oleh infeksi. Untuk mengatasi masalah ini, metode teknik nuklir menggunakan radiofarmaka merupakan metode alternatif yang dapat diterapkan, khususnya dalam bidang kedokteran nuklir.

Radiofarmaka adalah suatu senyawa yang salah satu atau lebih dari atomnya digantikan dengan atom radioaktif, dengan atau tanpa mengubah struktur molekul senyawa tersebut. Untuk tujuan diagnosis suatu penyakit atau gangguan di dalam tubuh, radiofarmaka dapat diberikan baik secara oral maupun parenteral tergantung

pada jenis radiofarmaka yang digunakan. Unsur radioaktif berfungsi sebagai perunut, radiasi yang dipancarkan oleh unsur radioaktif dalam radiofarmaka, akan ditangkap oleh detektor radiasi dan akan memberikan data bagian dalam tubuh.

Dalam tinjauan ini diuraikan beberapa radiofarmaka yang dapat digunakan untuk mendeteksi adanya inflamasi dan infeksi di dalam tubuh serta mekanisme akumulasinya. Dengan informasi dan tulisan ini, diharapkan dapat membantu para ahli medis dalam mengungkap penyebab dari suatu penyakit, khususnya akibat inflamasi dan infeksi di dalam tubuh dengan menggunakan teknik nuklir.

PEMILIHAN ZAT RADIOAKTIF

Secara umum, faktor yang harus diperhatikan dalam pemilihan zat radioaktif untuk pemakaian pada manusia adalah tidak toksik, mudah diproduksi dan murah. Di samping itu, karena tujuan penggunaan radiofarmaka ini untuk diagnosis dengan metode pencitraan, maka digunakan radioaktif yang ideal untuk maksud tersebut, yaitu radioaktif pemancar (murni dengan waktu paro yang relatif singkat serta energi yang rendah).

Radioaktif yang ideal untuk tujuan tersebut adalah teknesium-99m (^{99m}Tc , $T_{1/2} = 6,00$ jam), selain itu digunakan juga iodium-123 (^{123}I , $T_{1/2} = 13,20$ jam), indium-111 (^{111}In , $T_{1/2} = 2,81$ hari), galium-67 (^{67}Ga , $T_{1/2} = 3,26$ hari) dan kadang-kadang iodium-131 (^{131}I , $T_{1/2} = 8,02$ hari).

BEBERAPA RADIOFARMAKA YANG DIGUNAKAN

Selama kurun waktu 30 tahun, berbagai radiofarmaka telah diusulkan untuk digunakan dalam sintigrafi deteksi inflamasi dan infeksi. Sasaran utama dari beberapa radiofarmaka tertentu adalah mikroorganisme penyebab infeksi tanpa mengganggu interaksi dalam proses inflamasi. Adanya perunut radioaktif dalam radiofarmaka,

dengan teknik pencitraan menggunakan alat kamera gamma, dapat memberikan gambaran tempat terjadinya proses reaksi inflamasi dan infeksi.

Galium-67 sitrat

Radiofarmaka pertama yang diperkenalkan sebagai sediaan untuk diagnosis inflamasi dengan metode pencitraan adalah galium-67-sitrat (^{67}Ga -sitrat) [3, 4]. Senyawa ini merupakan radiofarmaka pilihan dalam diagnosis inflamasi pulmonal, muskuloskeletal dan inflamasi yang kronis. Di dalam tubuh senyawa ini akan terikat pada transferin. Selain itu, terjadi transkelasi pada laktoferin yang terdapat dalam SDP serta terikat pada bacterial siderophores. Dalam penggunaan radiofarmaka ^{67}Ga -sitrat, pencitraan menggunakan kamera gamma baru dapat dilakukan 24 jam setelah penyuntikan.

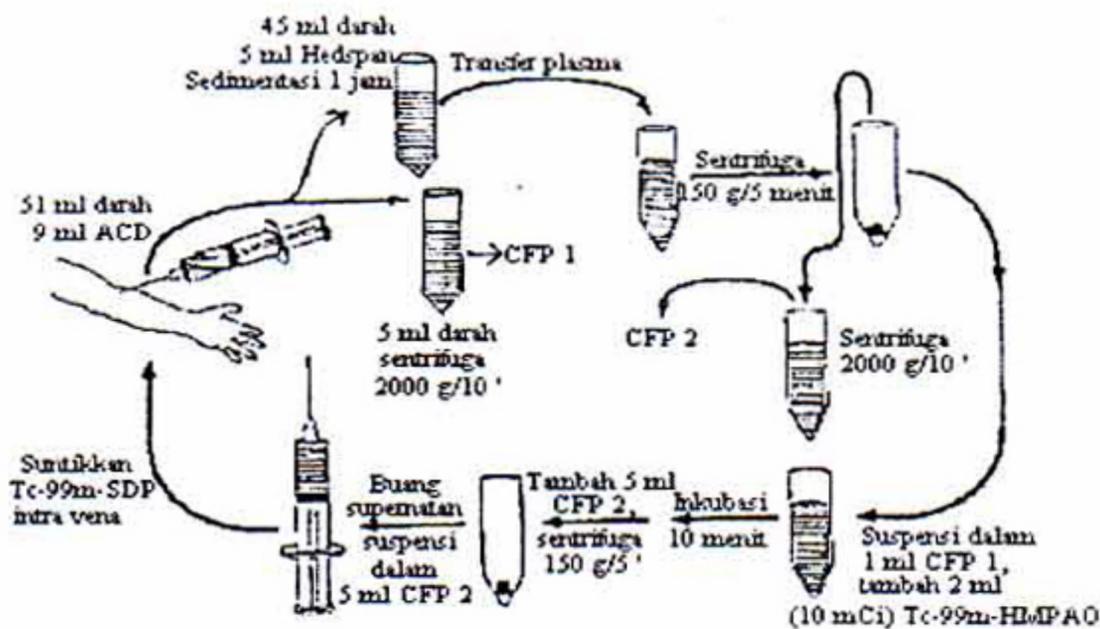
Sel darah putih (SDP) bertanda radioaktif

Penggunaan SDP bertanda radioaktif ^{111}In untuk deteksi inflamasi diperkenalkan oleh Mc Affe pada tahun 1976 [5]. Mahalnya harga serta sulitnya memperoleh ^{111}In mendorong para peneliti untuk menggunakan $^{99\text{m}}\text{Tc}$, yang merupakan zat radioaktif ideal untuk tujuan diagnosis. Selain itu, harganya relatif murah dan mudah diperoleh yaitu melalui generator ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ yang tersedia di pasaran. Penandaan SDP dilakukan secara in vitro, kemudian disuntikkan kembali kepada pasien secara intra vena. Di dalam tubuh, sediaan tersebut akan masuk ke dalam sirkulasi yang secara aktif akan bermigrasi ke ruang ekstrasvaskular di daerah inflamasi. Migrasi ini dipengaruhi oleh adhesi molekul, pro-inflammatory cytokines dan faktor kemotaktik.

Dalam penggunaan senyawa ini, teknik penandaan dan stabilitas sediaan merupakan faktor yang menentukan dalam keberhasilan diagnosis. Bila sel darah putih banyak yang rusak maka senyawa tersebut tidak dapat mencapai sasaran daerah inflamasi sehingga memberikan hasil pencitraan yang tidak memuaskan.

Pembuatan SDP bertanda radioaktif dapat dilakukan dengan menggunakan radiofarmaka perantara di antaranya ^{111}In -oksin dan $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -heksametilpropilenamin ($^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMPAO). Radiofarmaka perantara $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMPAO tersedia dalam bentuk kit kering HMPAO, yaitu sediaan radiofarmaka yang dikemas secara terpisah dengan radionuklidanya, dan baru ditambahkan pada saat akan digunakan. Kit kering tersebut, di pasaran dikenal dengan nama dagang *Ceretec*[®], produksi Amersham. Dalam pembuatan SDP menggunakan perantara ^{111}In -oksin, senyawa kompleks ^{111}In -oksin yang ditambahkan pada SDP akan berpenetrasi ke dalam membran neutrofil, kemudian ^{111}In akan terlepas dari oksin dan terikat pada transferin dari protein sitoplasmik yang terdapat pada intraselular. Dalam aplikasi klinis menggunakan ^{111}In -SDP, pencitraan baru dapat dilakukan pada 24 jam setelah penyuntikan. Penggunaan $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMPAO dalam penandaan SDP didasarkan pada karakteristik senyawa ini yang bersifat lipofil sehingga menyebabkan senyawa tersebut dapat terikat pada SDP, yang diduga melalui penggabungan pada membran plasma. Dalam pemakaian senyawa ini, pencitraan dapat dilakukan pada 30 menit sampai 4 jam setelah penyuntikan.

Pada Gambar 1 ditampilkan cara pembuatan $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -SDP menggunakan radiofarmaka perantara $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMPAO. Dalam metode ini tidak dilakukan isolasi SDP tetapi yang digunakan adalah darah total yang diambil dari pasien yang akan diperiksa, kemudian disuntikkan kembali setelah mengalami proses penandaan dengan zat radioaktif secara *in vitro*.



Gambar 1. Pembuatan ^{99m}Tc -SDP menggunakan radiofarmaka perantara ^{99m}Tc -HMPAO (ACD : acid citrate dextrose, CFP : cell-free plasma) [6].

Partikel bertanda radioaktif

1. Koloid albumin serum manusia

Albumin serum manusia (*human serum albumin*, HSA) dalam bentuk koloid dikenal juga dengan nama *nanocolloid* karena ukurannya yang kecil yaitu kurang dari 100 nm. Zat radioaktif yang sering digunakan untuk menandai partikel ini adalah ^{99m}Tc . Radiofarmaka ^{99m}Tc -*nanocolloid*, setelah disuntikkan secara *intra vena*, dengan segera akan meninggalkan peredaran darah dan masuk ke dalam kelompok sel fagosit yang aktif di antaranya monosit dan makrofag pada hati, limpa dan sumsum tulang belakang. Karena senyawa ini tidak spesifik untuk inflamasi serta tingginya permeabilitas vaskular, maka akumulasi pada daerah inflamasi sangat rendah.

Produk jenis koloid yang sering digunakan untuk diagnosis inflamasi tersedia dalam bentuk kit kering dengan nama dagang *Microlite[®]*, yang dalam pemakaiannya ditandai dengan ^{99m}Tc .

2. Liposom

Liposom merupakan gelembung lipid yang terdiri dari satu atau lebih lapisan fosfolipid dengan lapisan air berada di antaranya. Dalam pengadaan radiofarmaka liposom, senyawa ini dapat ditandai baik dengan ^{99m}Tc maupun ^{111}In . Secara biologis liposom mempunyai sifat yang sama dengan koloid, di mana terjadi akumulasi pada kelompok sel fagosit yang aktif di antaranya monosit dan makrofag pada hati, limpa dan sumsum tulang belakang. Modifikasi liposom menggunakan kolesterol menunjukkan adanya akumulasi pada inflamasi, akan tetapi masih disertai dengan akumulasi yang tinggi pada limpa dan hati [7]. Penggunaan liposom yang disalut dengan poli etilen glikol (PEG) memberikan hasil yang lebih baik, di mana terjadi akumulasi yang tinggi pada daerah inflamasi sedangkan pada hati dan limpa relatif rendah [8].

Protein molekul besar bertanda radioaktif

1. Immunoglobulin non spesifik

Immunoglobulin (Ig) non spesifik yang pernah digunakan untuk deteksi inflamasi adalah immunoglobulin G (IgG) bertanda ^{111}In [9]. Senyawa ini terikat pada sel-sel *inflammatory* melalui ikatan antara reseptor γ dan fragmen Fc yang terdapat pada IgG. Selain itu terjadi juga interaksi spesifik antara IgG non spesifik tersebut dengan protein A yang terdapat pada bakteri.

Produk IgG manusia komersial yang dapat digunakan untuk tujuan di atas diantaranya *Sandoglobulin* buatan Sandoz.

2. Immunoglobulin spesifik

Immunoglobulin (Ig) spesifik yang dapat digunakan berupa antibodi monoklonal (MAb) anti antigen tertentu, diantaranya antibodi anti granulosit seperti NCA-95, CD 66, MN3, lakto-N-fukopentaose (LNFP, CD15). Pada daerah inflamasi, antibodi tersebut terakumulasi melalui interaksi spesifik dengan antigennya yang

terdapat pada granulosit teraktivasi [10]. Penggunaan antibodi anti LNFP dalam bentuk IgM menunjukkan lebih dari 44 % dari dosis yang diberikan, terakumulasi pada granulosit. Dalam penelitian klinis diperoleh hasil yang baik bila visualisasi dilakukan 3 jam setelah penyuntikan.

Pemakaian MAb anti antigen granulosit yaitu MAb BW260/183 [11] memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan antibodi poliklonalnya karena ikatan yang terjadi akan lebih spesifik. Dari percobaan menggunakan ^{99m}Tc -MAb diperoleh bahwa 95 % dari radioaktivitas yang disuntikkan terakumulasi pada daerah inflamasi.

Reseptor-protein molekul kecil dan peptida bertanda radioaktif

1. Peptida kemotaktik

Salah satu senyawa peptida kemotaktik yang digunakan untuk diagnosis inflamasi dan infeksi adalah N-formil-metionil-leusil-fenilalanin (fMLF), yang dihasilkan oleh bakteri. Senyawa ini dapat ditandai dengan ^{99m}Tc dan ^{111}In , dan mempunyai karakteristik biologis dan ikatan reseptor yang sama dengan senyawa peptida biasa. Pengujian pada hewan percobaan diperoleh bahwa senyawa tersebut terikat pada SDP dan terlokalisasi pada daerah yang terinfeksi [12].

Keuntungan penggunaan senyawa ini ialah mempunyai waktu *clearance* yang cepat dalam darah sehingga pencitraan dapat segera dilakukan setelah penyuntikan, sedangkan kerugiannya adalah senyawa ini mempunyai waktu retensi yang singkat serta dapat mengakibatkan berkurangnya jumlah SDP, walaupun dosis yang digunakan relatif rendah. Untuk mengatasi masalah ini, sebaiknya senyawa bertanda peptida mempunyai aktivitas jenis yang tinggi sehingga jumlah peptida yang diberikan menjadi rendah.

Secara klinis, keistimewaan senyawa peptida kemotaktik bertanda adalah mampu menseleksi infeksi, terlihat dengan adanya akumulasi senyawa tersebut

pada daerah infeksi luka bakar dan akumulasi yang rendah terjadi pada daerah luka bakar yang steril. Walaupun demikian masih perlu dilakukan pengujian lebih lanjut untuk memastikan hal ini, karena influks granulosit teraktivasi dapat diamati juga pada berbagai proses inflamasi yang steril diantaranya inflamasi yang diinduksi oleh kompleks yang imun.

2. Interleukin

Interleukin (IL) adalah senyawa bioaktif yang memulai terjadinya respons penyebab inflamasi melalui hubungan SDP dengan sel-sel dan jaringan-jaringan lain.

Berbagai macam reseptor IL bertanda radioaktif telah diteliti untuk deteksi inflamasi dan infeksi, diantaranya IL-2 bertanda ^{123}I yang spesifik menggambarkan infiltrasi limfosit dalam pankreas, penyakit coeliac dan penyakit *Crohn's* menggunakan teknik otoradiografi, sedangkan IL-1- ^{123}I terakumulasi dalam infiltrasi granulosit pada abses yang disebabkan oleh *Staphylococcus aureus* [13]. Penggunaan senyawa ini meski dalam dosis yang sangat rendah memberikan efek samping berupa demam dan *haemodynamic*.

Seperti diketahui, ^{123}I merupakan radionuklida yang sulit diperoleh karena diproduksi melalui penyinaran dengan partikel bermuatan dalam siklotron, serta harganya mahal. Dalam perkembangan lebih lanjut digunakan $^{99\text{m}}\text{Tc}$, di antaranya $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -IL-2 untuk diagnosis *tiroiditis*, penyakit *Graves'* dan *melanoma* [14]. Berdasarkan hasil pengujian, tidak ditemukan adanya efek samping dalam penggunaan senyawa tersebut.

Senyawa bertanda antibiotik

Dalam perkembangan terakhir, diagnosis infeksi dengan metode pencitraan dilakukan dengan antibiotik bertanda radioaktif. Secara umum, antibiotik bersifat bakterisid (membunuh bakteri) dan berdasarkan sifat ini maka antibiotik bertanda

radioaktif dapat terakumulasi pada daerah infeksi yang disebabkan oleh bakteri. Mekanisme akumulasi belum diketahui dengan jelas, diduga terikat pada DNA dari bakteri.

Salah satu radiofarmaka antibiotik yang digunakan untuk maksud tersebut adalah siprofloksasin bertanda ^{99m}Tc . Radiofarmaka ini tersedia dalam bentuk kit dengan nama *infecton* [15], sehingga dikenal juga radiofarmaka $^{99m}\text{Tc-infecton}$ yang dikembangkan oleh rumah sakit Saint Bartholomew's, London, Inggris.

Dari uraian di atas, mekanisme akumulasi radiofarmaka yang digunakan untuk deteksi inflamasi dan infeksi dapat dirangkum seperti yang ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Mekanisme akumulasi radiofarmaka untuk deteksi inflamasi dan infeksi [10, 16].

Radiofarmaka	Influks SDP	Terikat pada SDP teraktivasi	Meningkatkan permeabilitas vaskular	Terikat pada protein	Terikat pada bakteri
Ga-67-sitrat	-	+	-	+	+
SDP*	+	-	-	-	-
Nanokoloid*	-	-	+	-	-
Liposom*	-	-	+	-	-
IgG nonspesifik*	-	-	+	-	+
Antibodi antigranulosit*	-	+	+	-	-
Peptida kemotaktik*	-	+	-	-	-
Interleukin [▼]	-	+	-	-	-
Siprofloksasin [♦]	-	-	-	+	+

Keterangan :

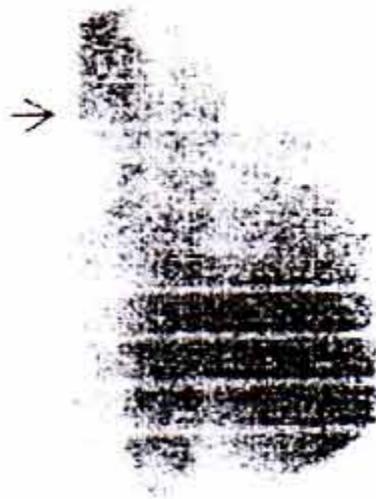
*) ^{99m}Tc , ^{111}In ♦) ^{99m}Tc
 †) ^{111}In ♥) ^{99m}Tc , ^{123}I

APLIKASI KLINIS

Penggunaan radiofarmaka untuk tujuan diagnosis inflamasi dan infeksi di dalam tubuh dilakukan dengan metode pencitraan. Radiofarmaka disuntikkan secara intra vena kepada pasien, kemudian selang waktu tertentu dilakukan pencitraan dengan alat kamera gamma. Radiasi yang dipancarkan oleh radiofarmaka ditangkap oleh detektor radiasi yang akan memberikan gambaran di mana terjadi akumulasi radioaktivitas.

Dalam aplikasi klinis di bidang kedokteran nuklir, radiofarmaka untuk deteksi inflamasi dan infeksi yang sering digunakan di antaranya ^{99m}Tc -HMPAO-SDP, ^{111}In -oksin-SDP dan ^{99m}Tc -infecton. Sebagai ilustrasi, ditampilkan beberapa contoh pemakaian klinis radiofarmaka deteksi inflamasi dan infeksi tersebut.

Pada Gambar 2 ditampilkan hasil pencitraan radiofarmaka ^{111}In -oksin-SDP pada penderita *abses* paru-paru. Pencitraan dilakukan 6 jam setelah penyuntikan, dengan posisi *posterior* pada bagian dada. Intensitas radioaktivitas yang tinggi terjadi pada paru-paru bagian kiri atas yang menunjukkan di mana terjadinya *abses* [17].



Gambar 2. Hasil pencitraan radiofarmaka ^{111}In -oksin-SDP pada penderita abses paru-paru, dengan waktu 6 jam setelah penyuntikan [17].

Pemakaian ^{99m}Tc -HMPAO-SDP pada pasien yang menderita inflamasi di daerah *abdomen* ditampilkan pada Gambar 3. Hasil pencitraan yang dilakukan 3 jam

setelah penyuntikan menunjukkan terjadinya akumulasi radioaktivitas yang tinggi pada bagian bawah *abdomen* khususnya pada usus dan *pelvis* di mana reaksi inflamasi terjadi [15].



Gambar 3. Hasil pencitraan radiofarmaka ^{99m}Tc -HMPAO-SDP pada penderita inflamasi di daerah *abdomen*. dengan waktu 3 jam setelah penyuntikan [15].

Gambar 4 menunjukkan hasil pencitraan radiofarmaka ^{99m}Tc -*infecton* pada pasien yang menderita *osteomyelitis* di bagian tangan [15]. Pencitraan dilakukan 10 menit setelah penyuntikan. Dari hasil tersebut terlihat adanya akumulasi radioaktivitas yang tinggi pada daerah di mana terjadi inflamasi, yang di dalam gambar ditunjukkan sebagai bagian yang berwarna putih (tanda panah).



Gambar 4. Hasil pencitraan radiofarmaka ^{99m}Tc -*infecton* pada pasien yang menderita *osteomyelitis* di bagian tangan [15].

INTERAKSI OBAT

Suatu radiofarmaka didesain sedemikian rupa sehingga memberikan pola biodistribusi dan eliminasi yang spesifik bila diberikan pada subyek yang normal. Bila terjadi perubahan biokimia dan patofisiologis di dalam tubuh maka pola biodistribusi dan eliminasi tersebut dapat berubah. Perubahan sifat biologis ini dapat diakibatkan karena adanya interaksi dengan efek suatu obat [18].

Dalam deteksi inflamasi dan infeksi menggunakan radiofarmaka, keberhasilan diagnosis sangat dipengaruhi oleh interaksi dengan obat yang dikonsumsi oleh pasien. Oleh karena itu, sebelum deteksi dilakukan, perlu diketahui data pengobatan yang sedang atau pernah diterima oleh pasien tersebut. Beberapa obat yang dapat menyebabkan kegagalan diagnosis atau kesalahan dalam menginterpretasikan data yang diperoleh dalam mendeteksi inflamasi dan infeksi dengan menggunakan radiofarmaka ditampilkan pada Tabel 2. Secara umum, penggunaan obat tersebut dapat mengakibatkan rendahnya akumulasi radioaktivitas pada daerah di mana terjadinya inflamasi atau abses [18]. Selain itu, pengobatan dengan amoksisilin, ampisilin, penisilin dan epineprin dapat mengakibatkan terjadinya akumulasi radioaktivitas pada bagian usus bila diagnosis dilakukan dengan menggunakan radiofarmaka SDP [11].

Tabel 2. Beberapa obat yang memberikan interaksi dengan radiofarmaka untuk deteksi inflamasi dan infeksi [18]

Radiofarmaka	Jenis obat
^{67}Ga -sitrat	Obat anti kanker, adriamisin, bleomisin, siklofosfamid, nitrosourea, klorokuin, estrogen.
$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -koloid	Metotreksat, 6-merkaptopurin, aluminium hidroksida.
$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMPAO-SDP atau ^{111}In -oksin-SDP	Gammaglobulin, alkohol, lidokain, metilprednisolon, prokainamid, kolhisin, kortosteroid, tetrasiklin.

KESIMPULAN

Banyak jenis radiofarmaka yang dapat digunakan untuk diagnosis adanya inflamasi dan infeksi di dalam tubuh sebagai penyebab dari suatu penyakit. Mekanisme akumulasi di dalam tubuh bervariasi tergantung dari jenis radiofarmaka yang digunakan.

Visualisasi proses reaksi inflamasi spesifik baik melalui migrasi SDP maupun pencitraan non spesifik sebagai akibat dari inflamasi sering dilakukan dengan menggunakan ^{99m}Tc -HMPAO-SDP, ^{111}In -oksin-SDP, IgG poliklonal bertanda radioaktif dan ^{99m}Tc -*infecton*.

Senyawa bertanda peptida kemotaktik dapat digunakan untuk diagnosis infeksi yang spesifik. Walaupun demikian perlu dilakukan studi klinis lebih lanjut untuk memastikan keunggulan dan kerugian dalam penggunaan senyawa tersebut.

Selain itu, masih perlu dikembangkan teknik pembuatan yang mudah dan praktis sehingga memudahkan para ahli medis dalam aplikasinya.

Beberapa obat-obatan yang pernah atau sedang dikonsumsi oleh pasien dapat menyebabkan perubahan sifat biologis radiofarmaka untuk deteksi inflamasi dan infeksi.

DAFTAR PUSTAKA

1. FANTONE, J.C., WARD, P.A., In : RUBIN, E., FARBER, J.L., Eds., "Pathology", Philadelphia, Lippincott, 1994 : 33 - 66.
2. HOGG, N., BERLIN, C., Structure and function of adhesion receptors in leucocyte trafficking. *Immunol. Today*, 16 (1995) 327.
3. LAVENDER, J.P., LOWE, J., BAKER, J.R., BURN, J.I., CHAUDRI, M.A., Gallium-67-citrate scanning in neoplastic and inflammatory lesions. *Br.J.Radiol.*, 44 (1971) 361.