

*Original paper*

## **PENENTUAN AKUMULASI RADIOFARMAKA $Tc^{99m}$ MDP PADA SPINE DAN STERNUM SAAT PEMERIKSAAN BONE SCAN PASIEN KANKER PAYUDARA**

**Dwi Intan Arifah dan Wahyu Setiabudi**

<sup>1)</sup>*Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang*

<sup>2)</sup>*RSPAD Gatot Soebroto, Jakarta Pusat*

E-mail: [dwiintan@st.fisika.undip.ac.id](mailto:dwiintan@st.fisika.undip.ac.id)

*Received: 27 Maret 2021; revised: 14 Mei 2021; accepted: 31 Juni 2021*

### **ABSTRACT**

*Based on data from Indonesian Health Ministry, breast cancer is the type of cancer with the highest prevalence in Indonesia amounted to 0.5% in 2013. This study aims to determine the accumulation of activity  $Tc^{99m}$  Methylene Diphosponate (MDP) on the bone around the breast, spine and sternum. This study was conducted on 30 patients undergoing the bone scan using in vivo nuclear medicine technique. The study was conducted using  $Tc^{99m}$  obtained from elution of  $Mo^{99}$  generator and mixed with MDP. Bone scan was performed by injecting  $Tc^{99m}$  MDP intravenously into the patients arm as much 15.84 – 21.95 mCi. Furthermore, the anterior posterior planar imaging in whole of body at 4 hours after injection of the patient by using a gamma camera. Then, using region of interest (ROI), the accumulative of activity on bone can be measured. A range of values based on the activity of bone metastasis can be seen from the percentage uptake of lesions found on the spine and sternum. Based on the existence of lesions, there were 12 patients had lesions in the spine only, 9 patients had lesions in the sternum only, 7 patients had lesions on both of them and there are 16 patients who have not lesions in both.*

**Keywords:**  *$Tc^{99m}$  Methylene Diphosponate, bone scan, breast cancer*

### **ABSTRAK**

*Berdasarkan data dari Kemenkes RI, pada tahun 2013, penyakit kanker payudara merupakan penyakit kanker dengan prevalensi tertinggi di Indonesia, yaitu sebesar 0,5%. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan akumulasi aktivitas  $Tc^{99m}$  Methylene Diphosponate (MDP) pada tulang di sekitar payudara, yaitu spine dan sternum. Penelitian dilakukan pada 30 pasien yang menjalani pemeriksaan bone scan menggunakan kedokteran nuklir teknik in vivo. Penelitian dilakukan menggunakan  $Tc^{99m}$  yang merupakan hasil dari elusi generator  $Mo^{99}$  dan dicampurkan dengan farmaka MDP. Pemeriksaan bone scan dilakukan dengan cara menginjeksi  $Tc^{99m}$  MDP secara intravena ke lengan pasien sebanyak 15,84 – 21,95 mCi. Selanjutnya dilakukan pencitraan*

planar anterior dan posterior pada seluruh tubuh pada 4 jam setelah penyuntikan dengan menggunakan kamera gamma. Kemudian, dengan menggunakan region of interest (ROI), aktivitas akumulatif pada tulang dapat diukur. Penentuan rentang nilai aktivitas tulang berdasarkan ada tidaknya metastasis pada tulang dapat dilihat dari persentase uptake lesi yang terdapat pada spine maupun sternum. Berdasarkan keberadaan lesi, terdapat 12 pasien memiliki lesi pada spine saja, 9 pasien memiliki lesi pada sternum saja dan terdapat 7 pasien yang memiliki lesi pada keduanya serta terdapat 16 pasien yang tidak memiliki lesi di keduanya.

**Kata kunci:**  $Tc^{99m}$  Methylene Diphosponate, bone scan, kanker payudara

## PENDAHULUAN

Penyakit kanker payudara merupakan penyakit kanker dengan prevalensi tertinggi di Indonesia pada tahun 2013. Kanker yang diketahui sejak dini memiliki kemungkinan untuk mendapatkan penanganan lebih baik [1]. Metastasis suatu kanker adalah penyebaran sel-sel kanker keluar dari tempat asalnya (*primary site*) ke bagian tubuh yang lain. Tulang adalah salah satu organ target yang paling sering menjadi tempat metastasis. Persentase distribusi metastasis kanker pada tulang paling tinggi berada pada *spine* (60%), diikuti oleh tulang iga (52%) dan *femur* (30%) [2]. Pemeriksaan *bone scan* sangat sensitif dalam mendeteksi penyebaran kanker (metastasis) ke tulang, tetapi tidak spesifik. Pemeriksaan *bone scan* merupakan pemeriksaan rutin yang dilakukan pada pasien yang telah didiagnosis terkena kanker dan mengalami kelainan pada tulang. Pemeriksaan ini menggunakan sumber radiasi terbuka  $Tc^{99m}$  dengan senyawa kimia pembawa adalah *methylene diphosponate* (MDP). MDP akan membawa  $Tc^{99m}$  mengikuti metabolisme tubuh menuju tulang. Aktivitas  $Tc^{99m}$  yang disuntikkan ke pasien pada pemeriksaan *bone scan* adalah 10-20 mCi atau sekitar 320-740 MBq [3].

Penyuntikan radiofarmaka  $Tc^{99m}$  MDP memberikan manfaat yang besar untuk mengevaluasi fungsi tulang dalam tubuh, sehingga dapat ditentukan ada tidaknya metastasis pada tulang. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan ditentukan nilai aktivitas radiofarmaka yang diterima pasien untuk menentukan hubungan antara metastasis kanker ke tulang dengan rentang nilai aktivitas radiofarmaka yang diperoleh. Tulang yang akan ditentukan aktivitas radiofarmaka yang terakumulasi adalah tulang dada (*sternum*) dan tulang belakang (*spine*) dengan pertimbangan persentase tertinggi distribusi metastasis dan letak tulang yang dekat dengan payudara. Penentuan akumulasi radiofarmaka pada berbagai organ dapat menggunakan *region of interest* (ROI) yang terdapat di sistem akuisisi data pada komputer kamera gamma [4]. Selanjutnya, dibuat rentang nilai aktivitas tulang berdasarkan ada tidaknya metastasis pada tulang.

## LANDASAN TEORI

### Metastasis Kanker Payudara

Kanker payudara adalah penyakit yang bersifat ganas akibat tumbuhnya sel kanker yang berasal dari sel-sel normal di payudara. Kanker payudara dapat berasal dari kelenjar susu, saluran susu, atau jaringan penunjang seperti lemak dan saraf.

Penyebab kanker payudara bersifat multifaktorial, yaitu banyak faktor yang saling terkait satu dengan yang lain. Beberapa faktor yang diperkirakan mempunyai pengaruh besar

dalam terjadinya kanker payudara adalah riwayat keluarga, hormonal, dan faktor lain yang bersifat eksogen.

Metastasis tulang terdiri dari lesi osteolitik dan osteoblastik. Pada penderita kanker, dapat ditemukan beberapa lesi metastatik tulang osteolitik dan osteoblastik atau lesi tulang berupa campuran osteolitik dan osteoblastik. Sebagian besar penderita kanker payudara mempunyai lesi tulang dominan berupa osteolitik. Meskipun demikian kira-kira 15-20% penderita mempunyai lesi tulang dominan osteoblastik. Dapat juga terjadi pembentukan tulang sekunder sebagai

respon kerusakan tulang. Proses reaktif ini memungkinkan terdeteksinya lesi osteolitik dengan pemeriksaan sidik tulang untuk mendeteksi adanya lesi dengan aktivitas pembentukan tulang [2]. Beberapa faktor berperan dalam terjadinya metastasis kanker ke tulang yaitu:

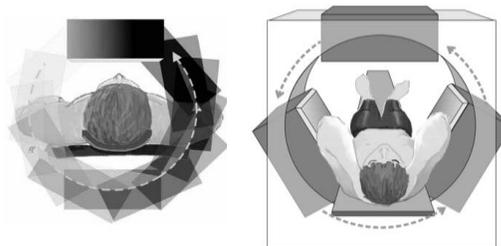
1. Aliran darah yang banyak pada sumsum tulang.
2. Sel kanker menghasilkan molekul adesi yang menyebabkan menempelnya sel kanker pada sel stroma sumsum tulang dan matriks tulang. Adanya proses adesi ini menyebabkan meningkatnya produksi faktor-faktor angiogenik dan faktor-faktor resorpsi tulang yang akan meningkatkan pertumbuhan kanker di tulang.
3. Tulang merupakan sumber dihasilkannya faktor-faktor pertumbuhan (*transforming growth factor  $\beta$* , *insulin-like growth factors I dan II*, *fibroblast growth factors*, *platelet-derived growth factors*, *bone morphogenic protein* dan kalsium). Faktor-faktor ini dihasilkan dan teraktivasi pada proses resorpsi tulang

oleh osteoklas dan akan menghasilkan faktor-faktor pertumbuhan dari matriks tulang yang akan merangsang pertumbuhan sel tumor dan kerusakan tulang.

### **Kamera Gamma**

Kamera gamma merupakan peralatan untuk mencitrakan distribusi radionuklida secara statik atau dinamik pada pemeriksaan *in vivo* kedokteran nuklir. Komponen yang terdapat pada instrumen kamera gamma diantaranya meja *scanning*, *camera head* (terdiri dari kolimator, kristal sintilasi, *photomultiplier tubes* (PMT), dan *positioning circuit* serta *persistence scope*), *gantry* dan sistem komputer [5].

*Single photon emission computed tomography* (SPECT) mengakuisisi beberapa tampilan planar radioaktivitas dalam organ. Data kemudian diolah secara matematis untuk membuat tampilan *cross sectional* organ. SPECT memanfaatkan foton tunggal yang dipancarkan oleh radionuklida yang mengemisikan sinar gamma, seperti  $Tc^{99m}$ ,  $Ga^{67}$ ,  $In^{111}$  dan  $I^{123}$ . Desain kamera gamma sederhana untuk pencitraan SPECT mirip dengan kamera planar tetapi dengan dua fitur tambahan. Pertama, kepala kamera SPECT dapat berputar secara bertahap atau terus menerus pada pasien untuk memperoleh beberapa data. Kedua, dilengkapi dengan komputer yang mengintegrasikan beberapa data untuk menghasilkan tampilan *cross sectional* organ. Ilustrasi kepala SPECT ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Ilustrasi kepala kamera SPECT

**Region of Interest**

Dengan *region of interest* (ROI) memungkinkan pengguna untuk mengakses bagian tertentu dari sebuah citra digital untuk diolah secara berbeda. Fitur ini menjadi sangat penting, apabila terdapat bagian atau area tertentu dari citra digital yang dianggap lebih penting dari area yang lainnya. Dengan menggunakan ROI ini, area khusus tersebut akan nampak mempunyai kualitas citra lebih baik daripada area sekitarnya (*background*) pada citra digital tersebut.

**Radiofarmaka Tc<sup>99m</sup> MDP**

Radiofarmaka yang digunakan dalam pemeriksaan *bone scan* adalah radionuklida Tc<sup>99m</sup> dengan senyawa kimia pembawa *methylenediphosponate* (MDP).

Tc<sup>99m</sup> MDP cepat hilang dari dalam darah dan selanjutnya sebagian besar terakumulasi di dalam sistem rangka. Mekanisme *uptake* adalah pertukaran ion dan *chemisorptios* (serapan kimia) dalam matrik *inorganic* tulang, dalam *ionic hydroxyapatite* (Ca<sub>10</sub> (PO<sub>4</sub>)<sub>6</sub> (OH)<sub>2</sub>). Kelompok *phosphate* dari permukaan matrik tulang bereaksi dengan kelompok PO<sub>3</sub>H<sub>2</sub> dari MDP yang terikat dengan Technitium. Kemudian hasil reaksi pertukaran ion ini terlihat dari aktivitas Tc<sup>99m</sup> di dalam matrik tulang [6]. Tc<sup>99m</sup> akan terbentuk di dalam generator sebagai akibat peluruhan Mo<sup>99</sup> sebagai radionuklida induk dengan memancarkan sinar beta, sedang Tc<sup>99m</sup> akan meluruh menjadi Tc<sup>99</sup> dengan memancarkan sinar gamma dengan waktu paruh Tc<sup>99m</sup> adalah 6 jam. Tc<sup>99</sup> merupakan radioisotop yang memiliki waktu paruh sangat panjang (2,13 x 10<sup>5</sup> tahun) akan meluruh dengan memancarkan sinar beta menjadi Ru<sup>99</sup> yang stabil [7].

Dalam model biokinetik Tc<sup>99m</sup> MDP yang disuntikkan melalui *vena* kemudian mengikuti metabolisme tubuh, masuk ke dalam jantung, selanjutnya dipompakan dari jantung ke seluruh tubuh, akan ditahan di dalam tulang rangka sebanyak 50% dan kemudian diekskresikan 50 % ke dalam kandung kemih melalui sistem ginjal [8, 9].

**Persentase Uptake Lesi**

Persentase *uptake* pada kedokteran nuklir merupakan jumlah radiofarmaka yang dapat ditangkap oleh organ target [10]. Berdasarkan persentase *uptake* tersebut, lesi pada tulang dapat diklasifikasikan atas lesi dan non lesi. Lesi merupakan tanda adanya kelainan pada tulang yang ditunjukkan dengan nilai penyerapan radiofarmaka yang lebih besar dibandingkan dengan tulang normal. Untuk mendapatkan distribusi *uptake*, perlu membandingkan antara aktivitas yang diperoleh dari hasil pembuatan ROI dengan aktivitas awal yang diberikan, dalam hal ini yaitu dosis injeksi. Nilai yang didapat berupa persentase, yang dihitung dengan persamaan (1).

$$\% \text{ uptake} = \left( \frac{A}{A_0} \right) \times 100\% \quad (1)$$

**Keterangan**

A : aktivitas pada lesi (mCi)  
A<sub>0</sub> : aktivitas awal yang diberikan (mCi)

**METODE PENELITIAN**

Penelitian ini dilaksanakan selama tiga bulan di Instalasi Kedokteran Nuklir Rumah Sakit Pusat Angkatan Darat Gatot Soebroto, Jakarta, dimulai pada bulan Mei sampai Agustus 2016. Pemilihan subjek sampel penelitian dilakukan kepada pasien-pasien yang melakukan sidik tulang dengan menggunakan radiofarmaka Tc<sup>99m</sup> MDP.

Terdapat beberapa tahapan dalam pelaksanaan penelitian, yaitu sebagai berikut:

a. Persiapan

Persiapan radioisotop  $Tc^{99m}$  dari generator  $Mo^{99}$  dengan cara menusukkan vial pada jarum generator, kemudian vial yang telah berisi radioaktif  $Tc^{99m}$  ditempatkan dalam kontainer Pb. Aktivitas  $Tc^{99m}$  diketahui dengan pengukuran sumber menggunakan *dose calibrator*.

b. Pemeriksaan

Pasien yang akan dilakukan pemeriksaan sebagai subjek sampel adalah pasien yang terdiagnosa kanker payudara oleh dokter pengirim.  $Tc^{99m}$  MDP disuntikkan pada pembuluh darah intravena di bagian lengan pasien dengan aktivitas dosis sekitar 2-5 mCi. Aktivitas radiofarmaka diamati dan direkam menggunakan detektor kamera gamma. *Bone scan* dilakukan 3,5-4 jam setelah penyuntikan. Setelah proses ini selesai, diperoleh hasil pencitraan kemudian dilakukan pembuatan ROI di *spine* dan *sternum*.

c. Pengolahan dan analisis data

Teknik penelitian yang digunakan yaitu pengambilan data secara langsung pada 30 pasien di Instalasi Kedokteran Nuklir. Terdapat beberapa tahapan dalam pengambilan data, yaitu:

1. Akumulasi aktivitas radiofarmaka

Akumulasi aktivitas radiofarmaka pada *spine* dan *sternum* diperoleh dari hasil pembuatan luasan ROI berupa nilai cacahan pada masing-masing bagian disertai nilai standar deviasinya. Data-data yang diperoleh dari ROI dimasukkan ke persamaan (2) untuk mendapatkan nilai aktivitas.

$$A = Count \times F_{koreksi} \quad (2)$$

Keterangan

A : aktivitas (mCi)

Count : cacah organ (cps)

$F_{koreksi}$  : faktor koreksi (cacah 1 mCi pada jarak 7-10 cm dari muka detektor)

Untuk mendapatkan nilai aktivitas kumulatif ( $A_{total}$ ) menggunakan persamaan (3)

$$A_{total} = A_{organ} - A_{background} \quad (3)$$

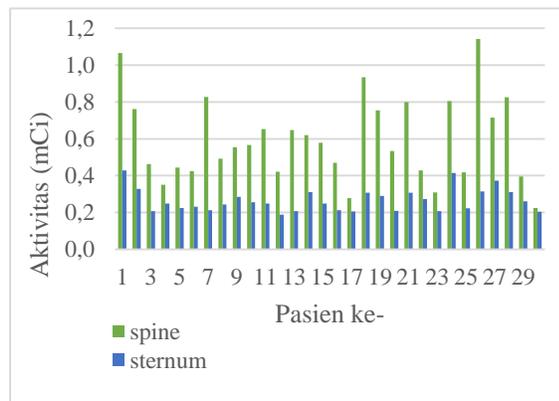
2. Persentase *uptake* lesi

Lesi merupakan tanda adanya kelainan pada tulang yang ditunjukkan dengan nilai penyerapan radiofarmaka yang lebih besar dibandingkan dengan tulang normal. Untuk mendapatkan distribusi *uptake*, perlu membandingkan antara aktivitas yang diperoleh dari hasil pembuatan ROI dengan aktivitas awal yang diberikan, dalam hal ini yaitu dosis injeksi. Nilai yang didapat berupa persentase, yang dihitung dengan persamaan (1).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Akumulasi Aktivitas Radiofarmaka $Tc^{99m}$ MDP pada Tulang

Nilai radiofarmaka yang terakumulasi pada *spine* dan *sternum* ditunjukkan pada Gambar 2. Dari 30 pasien, diketahui terdapat 7 pasien yang terindikasi memiliki lesi pada *spine* dan *sternum*, 5 pasien memiliki lesi pada *spine* saja, dan 2 pasien memiliki lesi pada *sternum* saja. Lesi adalah jaringan yang fungsinya terganggu karena cedera atau penyakit.



**Gambar 2.** Akumulasi Aktivitas Tc<sup>99m</sup> MDP pada *Spine* dan *Sternum*

Sesuai dengan distribusi radiofarmaka Tc<sup>99m</sup> MDP ke seluruh tulang, nilai aktivitas ini menunjukkan keberadaan radiofarmaka yang terakumulasi pada *spine* dan *sternum*. Rentang nilai aktivitas pada *spine* lebih besar dibandingkan pada *sternum*. Hal ini disebabkan karena area ROI yang dibuat pada *spine* lebih luas dibandingkan dengan area ROI yang dibuat pada *sternum*. Tiap pasien juga memiliki kemampuan yang berbeda dalam menyerap radiofarmaka. Hal ini dapat terlihat dari parameter persentase dosis yang terserap. Semakin banyak radiofarmaka yang diserap, nilai akumulasi pada tulang tersebut akan semakin tinggi. Selain itu, ketebalan kristal pada detektor mampu meningkatkan sensitivitas kamera gamma dalam menangkap pancaran sinar gamma yang masuk. Spesifikasi SPECT yang digunakan pada penelitian ini memiliki nilai sensitivitas yang cukup tinggi dilihat dari ketebalan kristal yaitu 9,5 mm atau 19,1 mm. Faktor lainnya yang mempengaruhi nilai akumulasi aktivitas adalah citra gamma pada pembuatan ROI. Tulang rangka di sekitar objek ikut dihitung cacahannya dalam ROI *spine* maupun *sternum*. *Spine* juga diduga

sebagai salah satu tulang yang berpotensi tinggi mengalami peningkatan aktivitas sel muda (sel *blast*) pada sumsum tulang [4], sehingga lebih banyak menyerap dan menahan zat radiofarmaka.

### Persentase *Uptake* Radiofarmaka Tc<sup>99m</sup> MDP Terakumulasi pada *Spine* dan *Sternum*

Dari 30 pasien, diketahui terdapat 7 pasien yang terindikasi memiliki lesi pada *spine* dan *sternum*, 5 pasien memiliki lesi pada *spine* saja dan 2 pasien memiliki lesi pada *sternum* saja. Maka berdasarkan keberadaan lesi, persentase pasien kanker payudara yang belum mengalami metastasis kanker ke *spine* (tulang masih dalam batas normal) sebanyak 60% dan 40% pasien lainnya memiliki kanker yang sudah bermetastasis ke *spine*, sedangkan persentase pasien kanker payudara yang belum mengalami metastasis kanker ke *sternum* (tulang masih dalam batas normal) sebanyak 70% dan 30% pasien lainnya memiliki kanker yang sudah bermetastasis ke *sternum*.

Selisih nilai antara *uptake* lesi dengan non lesi yang cukup jauh menunjukkan kepastian peningkatan lesi pada tulang tersebut, sehingga dapat dipastikan bahwa *spot* tersebut adalah benar-benar lesi. Rentang nilai aktivitas yang terakumulasi pada *spine* untuk *uptake* lesi *spine* adalah 0,224 – 1,142 mCi, sedangkan rentang nilai aktivitas yang terakumulasi pada *sternum* untuk *uptake* lesi *sternum* adalah 0,208 – 0,414 mCi.

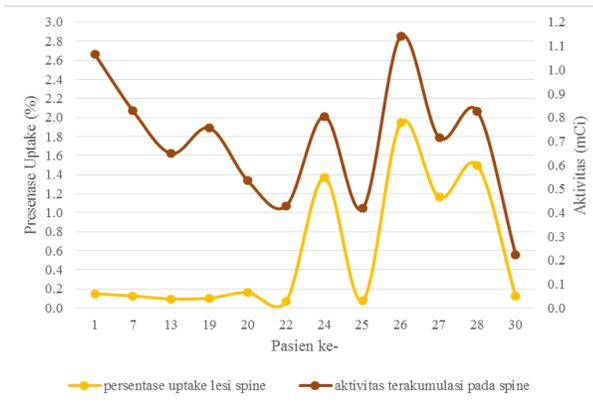
Hubungan antara aktivitas terakumulasi dengan peningkatan *uptake* pada lesi *spine* dan *sternum* disajikan Gambar 3 dan 4.

Pada penelitian ini, rentang nilai aktivitas untuk pasien yang terdapat titik lesi yang terakumulasi pada *spine* berkisar antara 0,224-1,142 mCi, sedangkan pada *sternum* berkisar antara 0,208-0,414 mCi. Meskipun begitu, rentang nilai aktivitas tersebut tidak selalu menunjukkan adanya dugaan metastasis kanker,

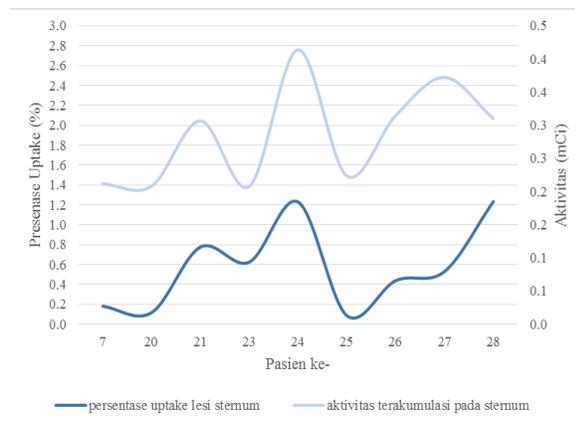
karena terdapat beberapa pasien yang memiliki nilai aktivitas akumulasi yang tinggi tidak diikuti dengan pertambahan nilai *uptake*, juga pasien dengan tulang normal memiliki nilai aktivitas akumulasi pada *spine* maupun *sternum* yang hampir sama dengan pasien dengan tulang metastasis.

memiliki nilai aktivitas kumulatif yang hampir sama dengan pasien yang terdapat lesi disebabkan oleh ukuran ROI yang lebih luas sehingga menyebabkan tingginya nilai aktivitas kumulatif. Kedua, pasien dengan keadaan tulang normal dan memiliki nilai aktivitas kumulatif lebih besar daripada pasien yang terdapat lesi disebabkan oleh dosis injeksi yang lebih besar sehingga menyebabkan tingginya nilai aktivitas kumulatif. Ketiga, pasien yang terdapat lesi memiliki nilai aktivitas kumulatif lebih besar karena banyaknya *spot* lesi. Perbandingan citra *spine* berdasarkan jumlah lesi ditunjukkan oleh Gambar 5, dan citra *sternum* berdasarkan jumlah lesi ditunjukkan oleh Gambar 6.

Metastasis suatu kanker dapat dilihat dari penyebaran sel-sel kanker keluar dari *primary site* ke bagian tubuh yang lain. Selain peningkatan akumulasi radioaktivitas dan peningkatan *uptake* pada lesi, analisis metastasis berdasarkan banyaknya lesi pada tulang lainnya juga dapat mendukung penentuan metastasis pada pasien. Berdasarkan citra, terdapat beberapa pasien yang menunjukkan citra tulang abnormal. Apabila terdapat kelainan dengan banyaknya lesi yang menyebar pada tulang lainnya, maka dapat dipastikan pasien tersebut mengalami metastasis tulang akibat dari kanker.

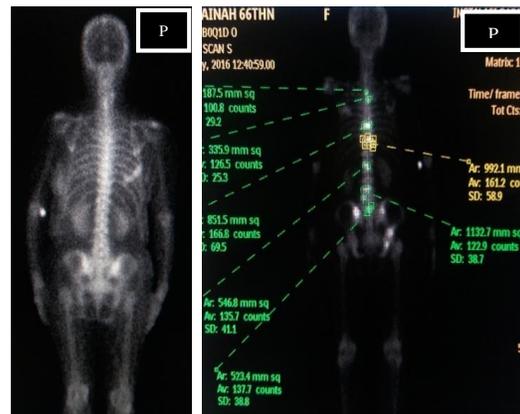


**Gambar 3.** Hubungan antara aktivitas terakumulasi dengan peningkatan persentase *uptake* lesi pada *spine*

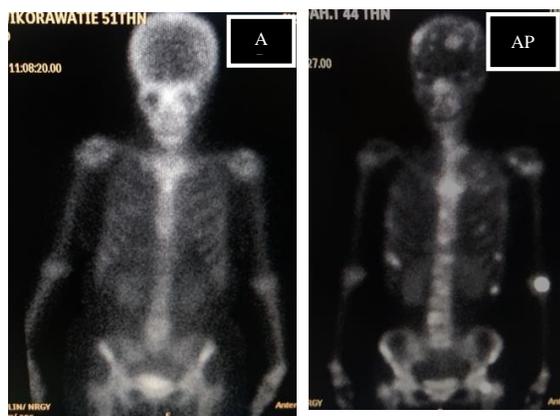


**Gambar 4.** Hubungan antara aktivitas terakumulasi dengan peningkatan persentase *uptake* lesi pada *sternum*

Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu sebagai berikut: Pertama, pasien dengan keadaan tulang normal dan



**Gambar 5.** Perbandingan citra *spine* (PA) berdasarkan jumlah lesi. (a) pasien dengan 1 lesi, dan (b) pasien dengan 7 lesi.



(a) (b)

**Gambar 6.** Perbandingan citra *sternum* (AP) berdasarkan jumlah lesi. (a) pasien dengan 1 lesi, dan (b) pasien dengan 3 lesi.

### KESIMPULAN

1. Rentang nilai aktivitas  $Tc^{99m}$  MDP yang terakumulasi pada tulang *spine* adalah 0,224 – 1,142 mCi dan pada *sternum* adalah 0,188 – 0,428 mCi. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya luas area ROI *spine* lebih besar dan kemampuan tiap pasien dalam menyerap radiofarmaka di dalam tubuh.
2. Rentang nilai aktivitas kumulatif yang terdapat lesi pada *spine* adalah 0,224 – 1,142 mCi. Sedangkan pada *sternum* adalah 0,208 - 0.414 mCi. Dari 30 pasien dengan diagnosis kanker payudara, terdapat 12 pasien dengan lesi pada *spine*, 9 pasien dengan lesi pada *sternum* dan 7 pasien yang memiliki lesi di *spine* maupun *sternum*. Berdasarkan keberadaan lesi, persentase pasien kanker payudara yang belum mengalami metastasis kanker ke *spine* sebanyak 60% dan 40% pasien lainnya memiliki kanker yang sudah bermetastasis ke *spine*, sedangkan persentase pasien kanker payudara yang belum mengalami metastasis kanker ke *sternum* sebanyak

70% dan 30% pasien lainnya memiliki kanker yang sudah bermetastasis ke *sternum*.

3. Nilai aktivitas kumulatif yang tinggi tidak selalu menunjukkan adanya dugaan metastasis kanker. Adanya faktor lain, yaitu banyaknya jumlah lesi baik pada *spine* maupun *sternum*, persentase dosis serap dan area penggambaran ROI dapat mempengaruhi nilai aktivitas kumulatif.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Kemenkes RI. *Pusat Data dan Informasi Stop Kanker*, Jakarta: Kementerian Kesehatan RI; 2015.
- [2]. Roodman GD. *Mechanism of bone metastasiss*. N Engl J Med 2004; 350:1655-1664.
- [3]. Suryanti, R. Penentuan Dosis Internal Berbagai Organ Pada Pemeriksaan Bone Scan  $^{99}Tc^m$ -MDP Dengan Metode MIRD. *Tesis Program Magister Fisika Kekhususan Fisika Medis*. Depok: Universitas Indonesia; 2011.
- [4]. Amaylia, O. *Penatalaksanaan Metastasis Tulang Pada Kanker Payudara: Peranan Biophosponate*. Bandung: Jurusan Kedokteran UNPAD; 2008.
- [5]. Powsner R A. *Essential Nuclear Medicine Physics Second Edition*, Massachusetts: Blackwell Publishing; 2006.
- [6]. Izotop. *Summary of Product Characteristic*. Hungarian National Institute of Pharmacy on 17.12; 2009.
- [7]. Dendy P P, Heaton B. *Physics For Diagnostic Radiology*, 2<sup>nd</sup> Edition. Bristol and Philadelphia: Institute of Physics Publishing. 1999.

- [8]. BATAN. *Pedoman Keselamatan dan Proteksi Radiasi Kawasan Nuklir Serpong*. Serpong: Badan Tenaga Nuklir Nasional. 2009.
- [9]. ICRP Publication No. 53. *Radiation dose to Patients from Radiopharmaceuticals*, UK: Oxford, Pergamon Press; 1988.
- [10]. Bahirah A M, Milvita D, Nazir F. Analisis *Uptake* Tiroid menggunakan Teknik ROI (*Region of Interest*) pada Pasien Nodul Tiroid. *Jurnal Fisika Unand*. 2014; 3(2): 59-64.