

KAJIAN AKUMULASI TC-99M MDP PADA BONE SCAN PENDERITA KANKER PAYUDARA

Kent Juan Nataniel Yaoisokhi Zendrato

Program Studi Fisika, Fakultas Sains Teknologi dan Matematika, Matana University, Indonesia

e-mail: kent.zendrato@student.matanauniversity.ac.id

Abstrak

Deteksi dini metastasis tulang pada pasien kanker payudara sangat penting untuk menentukan arah pengobatan lanjutan. Bone scan dengan radiofarmaka Technetium-99m Methylene Diphosphonate (Tc^{99m} MDP) merupakan metode yang umum digunakan dalam kedokteran nuklir untuk mengidentifikasi lesi tulang. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji secara literatur akumulasi dosis dan persentase uptake radiofarmaka Tc^{99m} MDP pada lesi tulang pasien kanker payudara. Metode yang digunakan adalah studi literatur terhadap tiga jurnal ilmiah yang memuat data kuantitatif uptake Tc^{99m} MDP di berbagai lokasi tulang, yaitu tulang belakang, sternum, panggul, dan lutut. Hasil kajian menunjukkan bahwa uptake tertinggi terjadi di tulang belakang, khususnya bagian thorakal, disebabkan oleh tingginya kandungan sumsum tulang merah aktif. Perbedaan hasil antara jurnal dipengaruhi oleh variasi dosis injeksi, waktu pemeriksaan, teknik analisis, serta luas dan lokasi pengamatan.

Kata kunci: Kanker Payudara, Radiofarmaka Tc^{99m} - MDP, Uptake Lesi

LITERATURE STUDY ON DOSE ACCUMULATION OF TC99M-MDP RADIOPHARMACEUTICAL ON BONE SCAN EXAMINATION OF BREAST CANCER PATIENTS

Early detection of bone metastases in breast cancer patients is very important to determine the direction of further treatment. Bone scan with Technetium-99m Methylene Diphosphonate (Tc^{99m} MDP) radiopharmaceutical is a commonly used method in nuclear medicine to identify bone lesions. This study aims to review the dose accumulation and uptake percentage of Tc^{99m} MDP radiopharmaceutical in bone lesions of breast cancer patients. The method used was a literature study of three scientific journals containing quantitative data on the uptake of Tc^{99m} MDP in various bone locations, namely the spine, sternum, pelvis and knee. The results showed that the highest uptake occurred in the spine, especially the thoracic part, due to the high content of active red bone marrow. Differences in results between journals were influenced by variations in injection dose, examination time, analysis technique, as well as the extent and location of observation.

Keywords: Breast Cancer, Radiopharmaceutical Tc^{99m} - MDP, Lesion Uptake

PENDAHULUAN

Berdasarkan data terakhir pada tahun 2020, jumlah penderita kanker di Indonesia mencapai 396.914 jiwa. Kanker payudara menempati posisi pertama jumlah kanker terbanyak dengan total penderita sebanyak 68.858 jiwa atau 16,6% dari total penderita kanker di Indonesia [1]. Kanker adalah sebuah penyakit yang disebabkan oleh adanya penumbuhan sel-sel yang dapat menyebar ke anggota tubuh lainnya untuk menyerang atau

merusak organ disekitarnya. Tahap akhir dari penyakit kanker adalah metastasis yang dapat menyebabkan kematian [2]. Metastasis merupakan kemampuan sel untuk melepaskan diri dari tumor primer, memasuki sirkulasi darah, dan membentuk tumor sekunder di jaringan yang jauh [3].

Tulang merupakan organ yang sering menjadi tempat metastasis sel kanker [4]. Banyaknya reseptor faktor pertumbuhan yang diproduksi dalam jaringan tulang menjadikan tulang sebagai salah satu target utama

terjadinya metastasis [5]. Metastasis pada tulang paling sering ditemukan pada pasien kanker payudara atau prostat [6]. Metode yang digunakan untuk mendeteksi metastasis tulang adalah pemeriksaan bone scan dengan menggunakan radiofarmaka [7]. Radiofarmaka adalah sebuah senyawa kimia yang mengandung radionuklida yang berfungsi untuk melakukan terapi, diagnostik, ataupun penelitian dalam ilmu kedokteran nuklir. Radiofarmaka banyak digunakan dalam terapi, diagnostik maupun penelitian dalam kedokteran nuklir [8].

Technetium-99 (^{99m}Tc) dengan senyawa *methylene diphosphonate* (MDP) merupakan salah satu radiofarmaka yang digunakan dalam pemeriksaan *bone scan* [9]. Ketika radiofarmaka ^{99m}Tc - MDP disuntikkan ke dalam pembuluh darah vena, maka radiofarmaka ini akan mengalir menuju jantung, kemudian akan dipompa ke seluruh tubuh. Setengah dari dosis ^{99m}Tc - MDP akan bertahan di dalam tulang dan sisanya akan diekskresikan keluar tubuh melalui urin. Pemanfaatan ^{99m}Tc pada sidik tulang dikarenakan radionuklida tersebut memiliki waktu paruh yang pendek dan memancarkan sinar gamma dengan energi yang rendah [10]. Selain itu, pengikatan ^{99m}Tc dengan *methylene diphosphonate* dilakukan karena senyawa tersebut dapat terakumulasi di tulang berdasarkan ikatan antara gugus fosfonat dengan ion kalsium yang terdapat pada kristal hidroksiapatit. Kelompok phosphate dari permukaan matrik tulang bereaksi dengan kelompok PO_3H_2 dari MDP yang terikat dengan Teknesium [11].

Persentase uptake merupakan jumlah radiofarmaka yang berhasil ditangkap oleh organ yang menjadi target, sedangkan lesi merupakan jaringan, organ, atau daerah yang abnormal [9]. Jadi dapat disimpulkan bahwa persentase uptake lesi adalah jumlah radiofarmaka yang berhasil ditangkap oleh jaringan, organ atau daerah yang abnormal tersebut. Persentase uptake lesi dapat diketahui apabila penyerapan radiofarmaka tersebut lebih besar dari jaringan, organ atau daerah yang normal. Nilai dari persentase uptake lesi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan [12]:

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

dimana,

A : Aktivitas pada lesi (mCi)

A_0 : Aktivitas awal (mCi)

Meskipun teknologi ini telah digunakan secara luas, informasi kuantitatif mengenai akumulasi dosis radiofarmaka ^{99m}Tc MDP pada lesi tulang pasien kanker payudara masih belum banyak dikaji secara sistematis. Sebagian besar studi hanya berfokus pada distribusi visual atau interpretasi kualitatif citra bone scan. Padahal, informasi tentang besarnya uptake atau akumulasi dosis pada lesi sangat penting untuk menentukan tingkat keaktifan metastasis serta untuk perencanaan dosis terapi lanjutan yang lebih tepat.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji secara literatur akumulasi dosis radiofarmaka ^{99m}Tc MDP pada lesi tulang pasien kanker payudara berdasarkan studi-studi terdahulu, guna memberikan gambaran kuantitatif yang lebih jelas terhadap pola uptake pada berbagai lokasi tulang.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode studi literatur, diawali dengan mencari tiga jurnal yang membahas tentang akumulasi dosis radiofarmaka ^{99m}Tc - MDP pada pemeriksaan bone scan untuk pasien kanker payudara. Ada beberapa kriteria yang harus dipenuhi dalam mencari jurnal ini baik secara inklusi maupun eksklusi. Kriteria inklusi dari jurnal ini adalah jurnal membahas tentang penggunaan ^{99m}Tc MDP dan pemeriksaan *bone scan*, memuat data kuantitatif berupa akumulasi aktivitas dan persentase uptake lesi, serta penelitian dilakukan pada pasien kanker payudara.

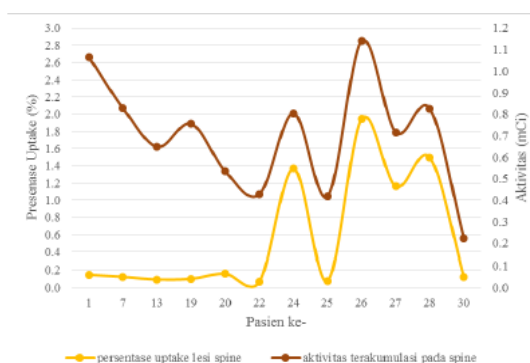
Jurnal pertama yang digunakan berjudul “Penentuan Akumulasi Radiofarmaka ^{99m}Tc Mdp Pada Spine Dan Sternum Saat Pemeriksaan Bone Scan Pasien Kanker Payudara”, jurnal kedua berjudul “Analisis Radiofarmaka ^{99m}Tc MDP Pada Daerah Tulang Belakang Pasien Kanker Payudara”, dan jurnal terakhir berjudul “Analisis Radiofarmaka ^{99m}Tc MDP pada Pasien Kanker Payudara di Daerah Tulang Lutut dan Panggul”. Ketiga jurnal tersebut diidentifikasi variabel penelitian yang akan menjadi perbandingan. Variabel yang digunakan sebagai pembanding adalah persentase uptake lesi. Setelah mendapatkan

perbandingan dari ketiga jurnal, dilakukan analisis terhadap metode dan hasil penelitian. Hasil pemeriksaan akan digunakan untuk mendapatkan kesimpulan dari masing-masing ketiga jurnal.

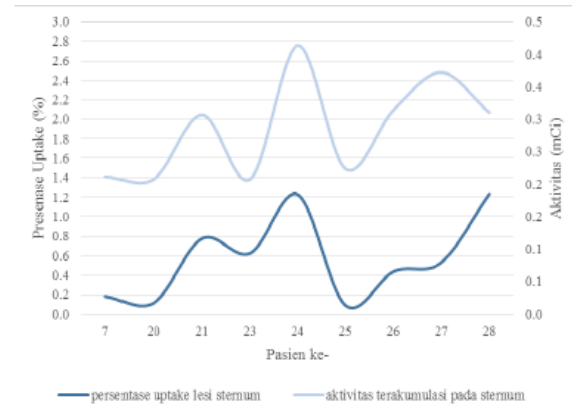
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan Akumulasi Radiofarmaka Tc^{99m} MDP Pada Spine Dan Sternum Saat Pemeriksaan Bone Scan Pasien Kanker Payudara [7]

Pada jurnal ini, penelitian ini dilakukan pada 30 pasien penderita kanker payudara dengan menyuntikkan radiofarmaka Tc^{99m} - MDP dengan dosis sekitar 12 - 15 mCi dengan rentang waktu pemeriksaan *bone scan* yang akan dilakukan selama 3,5 - 4 jam setelah penyuntikan. Distribusi radiofarmaka Tc^{99m} - MDP diperoleh dengan melihat hasil ROI, lalu membandingkan aktivitas awal injeksi dengan aktivitas yang terserap ke dalam lesi.



Gambar 1. Persentase Uptake Lesi pada Spine [7]



Gambar 2. Persentase Uptake Lesi pada Sternum [7]

Berdasarkan data grafik, terdapat akumulasi aktivitas radionuklida Tc^{99m} - MDP pada tulang spine dalam rentang antara 0,224 hingga 1,142 mCi, sementara persentase uptake lesi pada tulang spine berada dalam rentang yang sama. Secara serupa, akumulasi aktivitas radionuklida Tc^{99m} - MDP pada tulang sternum berkisar antara 0,188 hingga 0,428 mCi, dengan persentase uptake lesi pada sternum juga berada dalam rentang tersebut, yaitu antara 0,208 hingga 0,414 mCi. Dari data yang diberikan juga dapat disimpulkan bahwa dari total 30 pasien, 5 diantaranya menunjukkan adanya lesi pada tulang spine, 2 pasien memiliki lesi pada tulang sternum, dan 7 pasien menunjukkan adanya lesi pada kedua tulang tersebut.

Analisis Radiofarmaka Tc^{99m} MDP Pada Daerah Tulang Belakang Pasien Kanker Payudara [13]

Pada jurnal ini, penelitian ini dilakukan pada 31 pasien penderita kanker payudara dengan menyuntikkan radiofarmaka Tc^{99m} - MDP dengan rata-rata dosis $15,449 \pm 0,871$ mCi. Pemeriksaan *bone scan* dilakukan dengan rentang waktu 3 - 7 jam setelah penyuntikan.

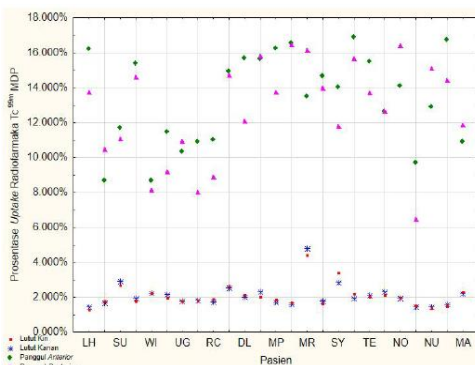
Tabel 1. Persentase Uptake Lesi pada Tulang Belakang [13]

	Cervical (%)	Thoracal (%)	Lumbal (%)	Tulang Belakang (%)
Mean	1,711	6,638	4,172	12,521
Median	1,680	6,850	4,240	12,390
SD	0,602	1,726	0,842	2,731
Kasus	31	31	31	31
Jumlah	53,040	205,780	129,320	388,140
Min	0,760	4,110	2,410	7,580
Max	3,830	12,340	5,770	20,360

Berdasarkan data di atas dapat disimpulkan bahwa persentase uptake lesi tertinggi berada pada tulang belakang dengan nilai 12,521 mCi, sedangkan yang terendah berada pada tulang *cervical* dengan nilai 1,711 mCi. Oleh sebab itu, dapat disimpulkan bahwa sel kanker akan lebih banyak bermetastasis pada tulang belakang sedangkan yang terendah berada pada tulang *cervical*.

Analisis Radiofarmaka Tc^{99m} MDP pada Pasien Kanker Payudara di Daerah Tulang Lutut dan Panggul [14]

Pada jurnal ini, penelitian dilakukan pada 13 pasien penderita kanker payudara dengan menyuntikkan radiofarmaka Tc^{99m} - MDP dengan dosis sekitar 10 - 15 mCi dengan rentang waktu pemeriksaan *bone scan* dilakukan 2 jam setelah penyuntikan.



Gambar 3. Persentase Uptake Lesi pada Lutut dan Panggul [14]

Berdasarkan informasi yang diberikan, dapat disimpulkan bahwa persentase uptake lesi yang menunjukkan kemungkinan adanya metastasis adalah sebagai berikut: untuk daerah lutut kanan sekitar ($1,887 \pm 0,531$), lutut kiri sekitar ($2,020 \pm 0,757$), panggul anterior sekitar ($11,106 \pm 2,016$), dan panggul posterior sekitar ($11,102 \pm 2,794$). Selain itu, persentase uptake lesi yang diduga memiliki kemungkinan metastasis pada daerah lutut kanan sekitar ($2,895 \pm 1,674$), lutut kiri sekitar ($2,746 \pm 1,457$), panggul anterior sekitar ($14,239 \pm 2,081$), dan panggul posterior sekitar ($15,089 \pm 2,117$).

Perbedaan hasil antara ketiga jurnal dipengaruhi oleh beberapa faktor, di antaranya dosis injeksi radiofarmaka, waktu pemeriksaan

setelah injeksi, teknik analisis data (misalnya ROI dan simulasi waktu paruh), serta lokasi pengamatan yang berbeda. Jumlah dosis radiofarmaka yang diberikan akan mempengaruhi peluruhan aktivitas radiofarmaka [15]. Jurnal pertama unggul dalam fokus lokasi yang relevan, yaitu spine dan sternum, serta penggunaan ROI untuk perhitungan uptake secara kuantitatif. Namun, jurnal ini memiliki kekurangan pada dosis injeksi yang tergolong rendah dan tidak adanya analisis faktor klinis seperti stadium metastasis atau variabel pasien lain.

Jurnal kedua memiliki kelebihan dari segi metode kuantitatif yang kuat melalui simulasi waktu paruh biologis serta segmentasi uptake berdasarkan bagian tulang belakang. Sayangnya, jurnal ini kurang mempertimbangkan variabel biologis lain seperti ekskresi atau validasi terhadap hasil klinis pasien.

Sementara itu, jurnal ketiga menunjukkan pendekatan yang komprehensif dengan menggabungkan akumulasi, biodistribusi, dan uptake dalam satu penelitian serta mempertimbangkan gangguan fisiologis seperti kandung kemih. Namun, kekurangannya terletak pada waktu pemeriksaan yang terlalu cepat (2 jam) serta ukuran sampel yang sedikit lebih kecil dibanding dua jurnal lainnya.

KESIMPULAN

Ketiga jurnal di atas memiliki variasi dosis yang berbeda, rentang waktu pemeriksaan setelah penyuntikan, hingga lokasi pengamatan. Besar dosis yang disuntikkan. Jumlah dosis yang disuntikkan dengan rentang waktu pemeriksaan setelah penyuntikan memiliki pengaruh terhadap penyebaran radiofarmaka di dalam tubuh. Uptake lesi akan semakin menurun seiring waktu dikarenakan waktu paruh radiofarmaka.

Dekatnya lokasi pengamatan dengan sumber kanker mempengaruhi tingginya uptake lesi. Selain itu perlu diketahui bahwa luasnya daerah pengamatan juga mempengaruhi besarnya uptake lesi. Berdasarkan hasil studi literatur, pada penderita kanker payudara sel kanker akan banyak bermetastasis di tulang belakang (spine). Hal ini dibuktikan dari jumlah uptake lesi yang tinggi terdapat pada tulang

belakang (spine) dengan rentang nilai 0,224 – 1,142 mCi pada dosis injeksi 2 - 5 mCi dan 12,521 mCi pada rata-rata dosis injeksi $15,449 \pm 0,871$ mCi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] TRESNASIH R, ANGGRAINI N. Faktor-Faktor Yang Berhubungan Dengan Kepatuhan Wus Melakukan Sadari Di Posyandu Wilayah Kerja Puskesmas Teluk Jambe. *J Midwifery* 2023;11:195–200. <https://doi.org/10.37676/jm.v11i2.5045>.
- [2] Rifa'i AN, Az-Zahra FK, Maharani NAA, Syamsuddin MZM, Oeiya BAA, Tresna IMGN, et al. Kanker Gaster : Literature Review. *Unram Med J* 2023;12:385–90. <https://doi.org/10.29303/jk.v12i4.4567>.
- [3] Febriani A, Furqon A. Metastasis Kanker Paru. *J Respirasi* 2020;4:94. <https://doi.org/10.20473/jr.v4-i.3.2018.94-101>.
- [4] Dewi D, Wiratnaya G, Setiawan G. Prevalensi Metastatic Bone Disease (MBD) Berdasarkan Umur, Lokasi, dan Tumor Primer di RSUP Sanglah/FK UNUD Periode 2013-2017. *J Med Udayana* 2019;8.
- [5] Effendi N. Monograf Sintesis Peptida Target Ganda sebagai Kandidat Agen Diagnosa Kanker dan Metastasis Tulang. Penerbit NEM; 2023.
- [6] Choi JY. Treatment of Bone Metastasis with Bone-Targeting Radiopharmaceuticals. *Nucl Med Mol Imaging* (2010) 2018;52:200–7. <https://doi.org/10.3390/curroncol29080411>.
- [7] Arifah DI, Setiabudi W. PENENTUAN AKUMULASI RADIOFARMAKA Tc99m MDP PADA SPINE DAN STERNUM SAAT PEMERIKSAAN BONE SCAN PASIEN KANKER PAYUDARA. *Berk Fis* 2021;24:132–8.
- [8] Suharmanto E. GAMBARAN PENGGUNAAN RADIOFARMAKA DI INSTALASI KEDOKTERAN NUKLIR RSUD ABDOEL WAHAB SJAHRANIE SAMARINDA. *Pros. Sekol. Tinggi Ilmu Kesehat. Samarinda*, 2021, p. 63–76.
- [9] Awaludin R. Radioisotop Teknesium-99m dan Kegunaannya. *Bul Al* 2011;13:61–6.
- [10] Shintawati R, Kartamihadja AHS. KUALITAS CITRA SIDIK TULANG DENGAN PEMBERIAN DOSIS RADIOFARMAKA ^{99m}Tc-MDP BERDASARKAN BERAT BADAN DI INSTALASI KEDOKTERAN NUKLIR RS HASAN SADIKIN BANDUNG. *Pros Semin Si-INTAN* 2022;2:55–62. <https://doi.org/10.53862/ssi.v2.072022.009>.
- [11] Purwati T, Setiabudi W, Fisika J. Penentuan Waktu Paro Biologi Tc 99m-MDP pada pemeriksaan Bone Scanning. *Youngster Phys J* 2016;5:261–8.
- [12] Ni'amah I, Setiabudi W, Nazir F. Penentuan persentase uptake radiofarmaka Tc 99m Sulfur Colloid pada sidik hati (Liver scan). *Youngster Phys J* 2017;6:62–9.
- [13] Tunggadewi DA, Azmi SL, Santosa B. Analisis Radiofarmaka Tc 99m MDP Pada Daerah Tulang Belakang Pasien Kanker Payudara. *J Ilm Fis FMIPA Univ Lambung Mangkurat* 2022;19:2541–1713.
- [14] Fenta I, Milvita D, Nazir F. Analisis Radiofarmaka Tc99m MDP pada Pasien Kanker Payudara di Daerah Tulang Lutut dan Panggul. *J Fis Unand* 2017;6:132–8. <https://doi.org/10.25077/jfu.6.2.132-138.2017>.
- [15] Darmawan NA, Taat Guswantoro. Analisis Sisa Radiofarmaka Teknesium-99m MDP Pada Pemeriksaan Sidik Tulang Di Instalasi Kedokteran Nuklir. *Inov Kesehat Glob* 2024;1:116–23. <https://doi.org/10.62383/ikg.v1i2.223>.