

KAJIAN SPINE PHANTOM DENGAN TEKNIK RADIOGRAFI DEXA

Susilo¹⁾, Wahyu Setia Budi²⁾, Kusminarto³⁾, Yunita Intan⁴⁾

¹⁾ FMIPA UNNES, Kampus UNNES Sekaran, Semarang, 50229

²⁾ Fisika, FMIPA, UNDIP, Jl. Prof. Sudarto, SH, Semarang.

³⁾ Fisika, FMIPA, UGM, Skip, Yogyakarta

⁴⁾ Radiologi, RS Dr Kariadi, Semarang

ABSTRAK

KAJIAN SPINE PHANTOM DENGAN TEKNIK RADIOGRAFI DEXA. Telah dilakukan pengukuran terhadap spine phantom buatan sendiri dengan bahan aluminum yang ada dipasaran untuk uji densitas areal bahan Al (areal density) dengan memanfaatkan sistem radiografi DEXA (dual energy X-ray absorptiometry) berbasis dual energi. Hasil eksperimen diperoleh data radiograf obyek spine phantom menunjukkan bahwa sistem ini cukup dioperasikan pada tegangan anode-katode 76 kV, arus filamen 1,5 mAs, waktu eksposure 1:27 msec dan dosis 42 μ G untuk menghasilkan data kuantitatif BMD. Hasil pengukuran menunjukkan hubungan antara BMD areal dan tebal step spine phantom bersifat linear dengan linearitas $Y = 0,1292X + 0,0432$ dengan $R^2 = 0,9988$, sesuai dengan spine phantom standart dengan linearitas $0,0955X + 0,4275$ dengan $R^2 = 0,9996$. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem ini diharapkan dapat dikembangkan untuk diagnose mineral tulang dengan pesawat radiografi yang lain sehingga lebih efektif dan efisien.

Kata-kata kunci: Spine Phantom, DEXA, sinar-x, BMD

ABSTRACT

STUDY SPINE PHANTOM WITH DEXA RADIOGRAPHY TECHNIQUE. It have been done by the measurement to the home made spine phantom with the aluminum substance on the market for the test density areal materials Al (areal density) by exploiting the radiography DEXA system (dual energy X-ray absorptiometry) base on dual energy. From the experiment result obtained spine phantom radiograph object data indicate that this system is operated enough at anode-katode voltage 76 kV, filament current of 1,5 mAs, exposure time 1:27 msec and dose of 42 μ G to yield the quantitative data BMD. This home made spine phantom can give enough the information concerning the ROI (region of interest) density areal obyek which measured. To each presentation, obtained by some data in the form of ROI and BMD (bone mineral density) then graph, so that obtained by the equation of graph BMD vs thick ROI which in the form of equation of linear, similar to equation of linear graph at spine phantom plane wafting DEXA. This result indicate that this system is expected can be developed for the diagnosis of bone mineral with plane of other radiography so that more efficient and effective.

Key words: Spine Phantom, DEXA, X-ray, BMD

1. PENDAHULUAN.

Prinsip radiografi relatif tidak berubah sejak tahun 1895, yaitu ketika Wilhem C. Roentgen menyadari eksistensi sinar-x. Aplikasi *filmless radiography* dapat ditempuh dengan beberapa cara. Pertama dengan teknik digitisasi film radiograf berdasar prinsip densitas optik (*optical densitometry*) hingga ke bentuk pemayaran digital menggunakan *flatbed scanner*. Kedua, dengan melakukan proses konversi citra fluoroskopi langsung dengan suatu perangkat kamera yang dihubungkan dengan suatu perangkat pendigital. Ketiga, dengan melakukan proses konversi menggunakan tabung kedap cahaya berbasis *X-Ray intensifying screen* yang dihubungkan dengan suatu perangkat pendigital. Keempat, dengan menggunakan media penyimpan berbahan fosfor (*phosfor storage*) yang diikuti pembacaan berbasis pendaran melalui proses scanning oleh sinar laser. Kelima, dengan menggunakan *flat* detektor yang dilengkapi dengan sistem konversi digital. Perbandingan kinerjanya dapat dianalisis dengan metode seperti yang dilakukan oleh Bianchi, *et.al.* (2004).

Perkembangan selanjutnya sinar-X juga dapat digunakan untuk mengukur densitas tulang dengan menggunakan pesawat DEXA (*Dual Rnergy X-ray Absorptiometry*), yaitu dengan memberi paparan pada obyek uji dengan menggunakan dua berkas sinar-X yang mempunyai energi yang berbeda, yaitu pada 38 keV dan 70 keV.

Pesawat DEXA meprupakan pesawat sinar-X yang berfungsi mengukur densitas areal (M) pada mineral tulang atau dalam bidang kedokteran dikenal dengan istilah BMD (*bone mineral density*) dengan satuan pengukuran g/cm^2 . Untuk menentukan densitas luasan ini diperlukan adanya rafiograf jaringan tulang yang tersusun atas banyak elemen gambar (*pictures elements*) atau pixel dari citra radiografi.

Ketika absorber 3-D (missal tulang lutut) di"scan" dengan sinar-X, maka akan menghasilkan citra datar yang berbentuk 2-D. Jika radiograf di"zoom", ternyata terdiri dari banyak pixel. Setiap pixel merupakan suatu luasan homogen yang menggambarkan potret yang didapat selama berlangsung proses "scanning" menggunakan sinar-X.

Pixel massa tulang dan kotak jaringan lunak tak lain menggambarkan densitas areal. Misalkan luasan kotak pixcel sebesar 1 cm^2 . Sedangkan massa kotak kotak jaringan lunak dan tulang sebesar 100 gram, maka densitas luasan (M) adalah 100 gram/cm^2 . Densitas luasan (M) dapat ditinjau berdasarkan persamaan di bawah ini.

Jika besarnya koefisien atenuasi masa:

$$\mu_m = \frac{\mu}{\rho_m} \quad ; \quad \text{dengan satuan:}$$

$$\mu_m = \frac{1/cm}{gr/cm^3} = \frac{cm^2}{gr}$$

Sedangkan :

$$dM = \rho \cdot dx \quad ; \quad \text{dengan satuan:}$$

$$dM = \frac{gr}{cm^3} \cdot cm = \frac{gr}{cm^2}$$

Maka diperoleh:

$$\mu dx = \mu \cdot \frac{1}{\rho} \cdot \rho \cdot dx = \frac{\mu}{\rho} \cdot \rho dx = \mu_m \cdot dM$$

$$\mu dx = \mu_m \cdot dM$$

Dari persamaan semula:

$$I = I_0 \exp(-\mu \cdot X)$$

menjadi

$$I = I_0 \exp(-\mu_m \cdot M)$$

Untuk menentukan densitas areal, telah dibuat *spine phantom* buatan sendiri dari bahan aluminum yang ada dipasaran, dibentuk seperti *spine phantom* bawaan dari pesawat DEXA disesuaikan dengan kebutuhan di lapangan, kemudian densitas areal diukur dengan pesawat DEXA.

Alat-alat berbasis dual energi relatif masih baru dan harga unit sistemnya relatif mahal di Indonesia, biaya operasionalnya juga relatif tinggi. Karena itu, alternatif investasi teknologi radiografi yang cukup baik adalah dengan mengembangkan teknologi digitisasi berbasis *dual energi*. Keunggulannya adalah bahwa unit pendigitisasinya suatu konversi energi yang menembus obyek akibat disinari berkas sinar-x berbentuk kipas yang menembus obyek. Sinyal yang menembus obyek tersebut kemudian ditangkap oleh suatu sistem barisan detektor untuk selanjutnya diubah menjadi data kuantitatif.

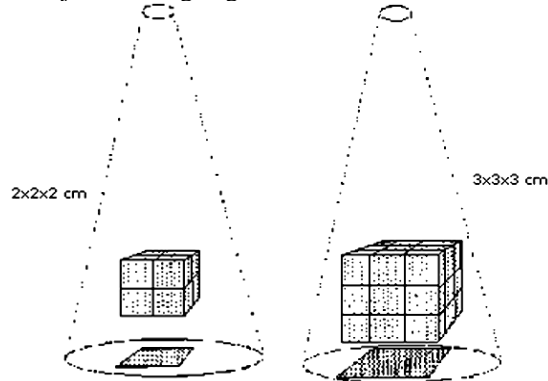
Pada makalah ini didiskusikan tentang hasil pemaparan radiografi DEXA yang telah didigitasi yang berbasis dua energi. Hasil dari pengukuran BMD spine phantom buatan sendiri ini kemudian dibandingkan dengan pengukuran BMD spine phantom bawaan DEXA yang biasa digunakan untuk kalibrasi kinerja pesawat DEXA.

2. TEORI

Teknik DEXA menganalisis atenuasi sinar-X ketika sinar tsb menembus suatu area tubuh. Metoda ini tidak bisa mendeteksi

kedalaman dari tulang yang diukur, dan dengan begitu ini sebenarnya adalah suatu densitas "areal" dalam satuan g/cm^2 bukan densitas "volumetric" dalam satuan g/cm^3 . Ketika tulang tumbuh, volume berkembang lebih cepat dibanding areanya, sehingga densitas tulang areal akan meningkat meskipun densitas volumetric stabil.

Untuk menjelaskan densitas areal ditunjukkan dengan gambar dibawah:



Masa mineral (m) = 16 gm	Masa mineral (m) = 54 gm
Volume (V) = 8 cm ³	Volume (V) = 27 cm ³
Luas proyeksi (A) = 4 cm ²	Proyeksi luas (A) = 9 cm ²
Densitas volumetric (ρ) = 2 gm/cm ³	Densitas volumetric (ρ) = 2 gm/cm ³
Densitas areal (M) = 4 gm/cm ²	Densitas areal (M) = 6 gm/cm ²

Gambar 1: Densitas areal

Densitas areal (M) atau masa persatuan luas (g/cm^2) dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan: $I = I_o \exp\{-(\mu_m \cdot M)\}$. Berkas sinar-X energi tunggal ini dapat digunakan untuk menentukan masa mineral tulang persatuan luas atau densitas areal (M).

Masalahnya adalah bahwa manusia bukan absorber homogen, sehingga perlu digunakan dual energi berkas energi sinar-X, yaitu dengan cara melewatkan berkas sinar-X pada filter Cerium (Ce). Setelah melewati filter Ce maka berkas sinar-X akan terpisah menjadi dua puncak energi foton yaitu 38 KeV dan 70 KeV. Dua energi foton tsb ditangkap oleh detector menjadi:

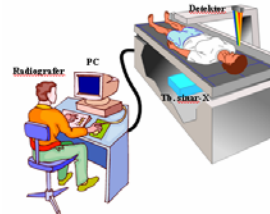
$$I_{38} = I_{o38} \exp\{-(\mu_{38S} \cdot M_S + \mu_{38B} \cdot M_B)\}$$

$$I_{70} = I_{o70} \exp\{-(\mu_{70S} \cdot M_S + \mu_{70B} \cdot M_B)\}$$

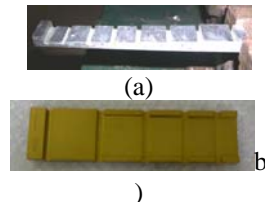
Dengan substitusi persamaan matematik diatas akan dapat dihitung densitas areal tulang (M_B) atau obyek yang diukur.

3. TATA KERJA

Secara skematis, sistem Radiografi DEXA yang terdiri dari: tabung sinar-X, unit detektor, PC dan radiografer, dilukiskan seperti gambar 2. Gambar tersebut menjelaskan tentang sistem berbasis *dual energi* dengan berkas sinar-X berbentuk kipas sebagai suatu unit pemapar sinar-X yang ada di rumah-sakit.



Gambar 2: Sistem Radiografi DEXA



Gambar 3: Spine phantom buatan sendiri (a) dan bawaan pesawat DEXA (b).

Dengan menambah spine phantom buatan sendiri yang merepresentasikan tulang belakang pasien maka intensitas sinar-X yang menembus obyek bisa ditangkap oleh detektor, kemudian diteruskan ke komputer PC dengan *software* pengolah data untuk kemudian data ditampilkan pada layar monitor PC, sehingga data ditampilkan secara kuantitatif berupa angka-angka densitas mineral tulang atau BMD (*bone mineral density*).

Bahan dan metode:

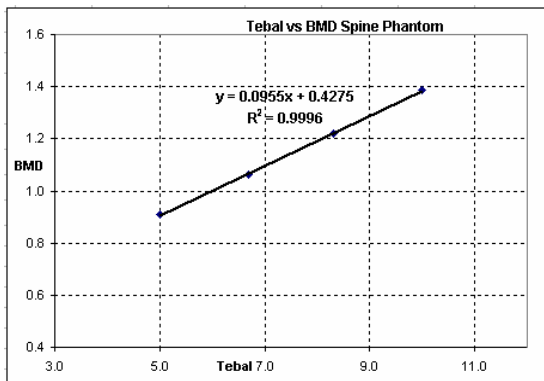
1. Pembuatan spine phantom.
2. Mengatur faktor eksposi.
3. Membuat paparan sinar-X.
4. Menilai ROI setiap step.
5. Menukur BMD.
6. Membuat grafik

4. HASIL DAN PEMBAHASAN.

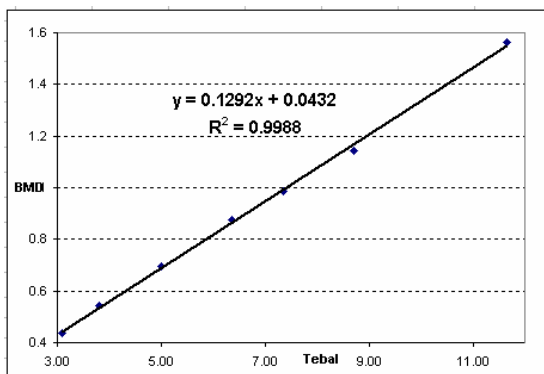
Secara umum, proses radiografi film umumnya memerlukan waktu 0,25 – 0,50 detik untuk sekali pemaparan, namun tegangan dan arus operasional tabung sinar-x untuk menghasilkan intensitas sinar-x relatif besar, yaitu tegangan anode-katode 80 - 125 kV dan arus filamen 50 mA – 200 mA. Bahan anode secara umum adalah tungsten yang memiliki energi karakteristik pada tegangan 60 keV. Konsekuensinya adalah dosis radiasi yang diberikan kepada pasien relatif masih tinggi dan tenaga listrik operasional yang diperlukan juga tinggi. Sebaliknya, proses radiografi DEXA berbasis dual energi menggunakan mode pemaparan radiografi dimana tegangan

operasinya dapat relatif tetap, namun berkas energi berbentuk kipas dengan energi 38 keV dan 70 keV, sehingga radiasi yang mengenai obyek relatif sempit, sehingga radiasi yang terukur pada ruang radiografi DEXA juga sangat kecil. Oleh karena itu radiografer tak terlalu ketat menggunakan proteksi radiasi, karena memang radiasi yang keluar sangat kecil.

Hasil pengukuran densitas areal menggunakan DEXA dapat digrafikkan sebagai berikut:



Gambar 4: Grafik BMD vs Tebal spine phantom bawaan DEXA



Gambar 5: Grafik BMD vs Tebal spine phantom buatan sendiri

Berdasarkan skema diatas cara kerjanya adalah sebagai berikut. Sebuah obyek ditempatkan di depan tabung sinar-X berbasis dual energi, yang sudah dilengkapi dengan unit detektor yang dipasang berderet untuk menangkap intensitas yang telah menembus obyek. Ketika generator sinar-x mulai diaktifkan, tegangan anode-katode, arus filamen dan waktu paparan dapat diatur. Dalam percobaan ini, sistem generator sinar-x diatur pada posisi lebih kecil dari radiografi Roentgen, yaitu untuk tegangan anode-katode 76 kV, arus filamen 1,5 mAs, waktu exposure 1:27 msec dan dosis 42 μ G. Ketika generator sinar-x diaktifkan sehingga x-ray memancar mengenai obyek (spine phantom), maka radiasi sinar-x akan berinteraksi dengan obyek yang hendak diradiografi. Hasilnya adalah

berupa intensitas radiasi sinar-x yang bisa ditangkap oleh deretan dtektor. Nilai intensitas yang tampil pada layar PC merupakan intensitas sinar-X yang telah menembus obyek. Proses digitisasi dapat dilakukan dengan cara memasukkan sinyal *video output* luaran dari unit tersebut yang telah diinstalasikan pada unit komputer. Lalu, dengan perangkat lunak suatu citra digital dapat diperoleh, yang diikuti dengan proses penyimpanan sebagai sebuah file digital.

Untuk keperluan penelitian ini, sebuah spine phantom buatan sendiri telah dibuat sedemikian sehingga proses aktivasi generator sinar-x dan merepresentasikan spine phantom tubuh manusia. Dengan perangkat tersebut, proses radiografi dapat dilakukan dalam waktu relatif cepat, namun menghasilkan data BMD tulang dari obyek yang diperiksa. Selanjutnya terhadap semua data yang diperoleh dapat dilakukan analisis.

Berdasar kedua grafik dapat disimpulkan:

1. Nilai BMD meningkat dengan naiknya ketebalan spine phantom.
2. Hubungan BMD dengan ketebalan adalah hubungan linear dengan koefisien korelasi mendekati satu.

5. KESIMPULAN.

Melalui proses eksperimen ini dapat ditunjukkan bahwa proses digitisasi citra radiografi berbasis dual energi dapat menghemat tenaga listrik, mereduksi dosis radiasi yang diterima pasien, dan dapat menghasilkan data BMD tulang untuk diagnose osteoporosis, yang selanjutnya dapat dipilih dan dievaluasi.

Berdasarkan studi ini diperoleh pemahaman bahwa proses digitisasi dapat dilakukan dengan komponen buatan sendiri, yang tersedia dan mudah diperoleh di pasar domestik. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai landasan rekomendasi untuk memperhatikan, memelihara dan meningkatkan kinerja fasilitas radiografi berbasis dual energi .

6. UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini dapat terselenggara atas izin RS Dr. Kariadi Semarang yang memberi izin riset penggunaan pesawat DEXA. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Sdr. Dr. Yunita Intan, Rudi Setiawan, atas bantuannya dalam penelitian ini.

7. DAFTAR PUSTAKA

- Suparta, G.B., Wahyu, S.B., Kusminarto, Yunita, I., Susilo, Nugroho, W. Diagnose Osteoporosis Tulang dengan Pencitraan Radiografi Digital Sebagai Pengganti Bone Densitometer. Laporan Penelitian KMNRT- Riset Terapan. 2007-2008.
- Suparta, G.B., Isaris, R., Moenir, A.A. and Pongtuluran, M.M., 2000, "Restoration of Real-time Radiographic System for Industry in Indonesia", *Proceeding*, The 15th WCNDT, Roma, Italy, 15-21 October.
- Suparta, G.B., A.A. Moenir, dan I K Swakarma, 2005, "Sistem Radiografi Digital untuk Medis", *Proceeding*, The Kentingan Physics Forum 2005, UNS Solo, 24 September 2005.
- Susilo, Isa Akhlis, Kusminarto, dan Supata, G.B. Pengembangan Sistem Radiografi Digital untuk Pemeriksaan Medis. Laporan Penelitian Hibah Bersaing – Dikti. 2007.
- Wael Taha, MD; Daisy Chin, MD; Arnold I. Silverberg, MD; Larisa Lashiker, MD; Naila Khateeb, MD§; and Henry Anhalt, DO. Reduced Spinal Bone Mineral Density in Adolescents of an Ultra-Orthodox Jewish Community in Brooklyn. *PEDIATRICS* Vol. 107 No. 5 May 2001 1-6.
<http://www.pediatrics.org/cgi/content/full/107/5/e79>.
- Alan M. Nevill, Roger L. Holder, Nicola Maffulli, Jack C.Y. Cheng, Sophie S.S.F. Leung, Warren T.K. Lee, and Joseph T.F. Lau. Adjusting Bone Mass for Differences in Projected Bone Area and Other Confounding Variables: An Allometric Perspective. *J Bone Miner Res* 2002;17:703–708).
- Bone Mineral Apparent Density.
<http://courses.washington.edu/bonephys/ophome.html>
- 2001, Instructional manual: RMI aluminium stepwedge model 117. RMI quality assurance radiology.

TANYA JAWAB