

**STUDI KOMPARASI PENGUJIAN KEPADATAN MINERAL TULANG
PHANTOM KALSIUM HIDROKSIAPATIT ANTARA *QUANTITATIVE
COMPUTED TOMOGRAPHY* DAN *DUAL ENERGY X-RAY
ABSORPTIOMETRY***

Skripsi
Untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat Sarjana S-1



Diajukan oleh :

**AGUS SHOLEH
J2D207001**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2010**

ABSTRACT

Has been realized, making calcium hydroxyapatite phantom (phantom CaHA) in agar gel matrix with CaHA density (ρ) 80 mg/cm³, 100 mg/cm³, 120 mg/cm³, 140 mg/cm³, 160 mg/cm³, 180 mg/cm³, and 200 mg/cm³. Phantom CaHA density tested with QCT and Dexa.. The both test results of bone mineral density compared to each other.

In the QCT measurement data obtained by volumetric density of bone mineral, $\rho(QCT)$, in units of mass per cm³ and the linear attenuation coefficient of each phantom CaHA. Dexa measurement data obtained by area density of bone mineral, $M(Dexa)$, in units of mass per cm² and the composition of fatty tissue in units of percent (%). Area density (M) is the product of volumetric density (ρ) with phantom thickness. Data $\rho(QCT)$ multiplied by the thickness of phantom to obtain the area density $M(QCT)$. The result of this calculation is compared with $M(Dexa)$. While data $M(Dexa)$ divided by phantom thickness to obtain the volumetric density $\rho(Dexa)$. The result of this calculation is compared with $\rho(QCT)$.

Results showed a comparative value test density area between QCT and Dexa is $M_{(QCT)} = 45.95 + 1.07 M_{(Dexa)}$ and comparisons of volumetric density values test between Dexa and QCT is $\rho_{(Dexa)} = -12.17 + 0,92\rho_{(QCT)}$ with $r = 0.996$ and $R = 0.992$.

Keywords: calcium hydroxyapatite phantom (phantom CaHA), QCT, Dexa, the linear attenuation coefficient

INTISARI

Telah terealisasi pembuatan phantom kalsium hidroksiapatit (phantom CaHA) dalam matrik jel agar-agar dengan kepadatan CaHA (ρ) 80 mg/cm³, 100 mg/cm³, 120 mg/cm³, 140 mg/cm³, 160 mg/cm³, 180 mg/cm³, dan 200 mg/cm³. Phantom CaHA diuji kepadatannya dengan QCT dan DEXA. Hasil pengujian kepadatan mineral tulang keduanya dibandingkan.

Pada pengukuran dengan QCT diperoleh data kepadatan volumetrik mineral tulang, $\rho_{(QCT)}$, dalam satuan massa per cm³ dan koefisien atenuasi linear masing-masing phantom CaHA. Dari pengukuran dengan DEXA diperoleh data kepadatan luasan mineral tulang, $M_{(DEXA)}$, dalam satuan massa per cm² dan komposisi jaringan lemak dalam satuan persen (%). Kepadatan luasan (M) adalah hasil kali kepadatan volumetrik (ρ) dengan tebal phantom. Data $\rho_{(QCT)}$ dikalikan tebal phantom sehingga didapatkan kepadatan luasan $M_{(QCT)}$. Hasil penghitungan ini dibandingkan dengan pengukuran $M_{(DEXA)}$. Sedangkan data $M_{(DEXA)}$ dibagi dengan tebal phantom sehingga didapatkan kepadatan volumetrik $\rho_{(DEXA)}$. Hasil penghitungan ini dibandingkan dengan pengukuran $\rho_{(QCT)}$.

Hasil penelitian menunjukkan komparasi nilai pengujian kepadatan luasan antara QCT dan DEXA adalah : $M_{(QCT)} = 45,95 + 1,07M_{(DEXA)}$ dan komparasi nilai pengujian kepadatan volumetrik antara DEXA dan QCT adalah :

$$\rho_{(DEXA)} = -12,17 + 0,92\rho_{(QCT)} \text{ dengan } r=0,996 \text{ dan } R=0,992.$$

Kata kunci : phantom kalsium hidroksiapatit (phantom CaHA), QCT, DEXA, koefisien atenuasi linear

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan dan kemajuan ilmu pengetahuan serta teknologi di bidang kesehatan khususnya di bidang radiologi saat ini sangat pesat. Peralatan sinar-x selain dapat menghasilkan citra organ juga dapat menampilkan data kuantitatif dalam fungsi pengukuran *bone mineral density (bmd)*, atau juga disebut kepadatan mineral tulang (kmt).

Fungsi pengukuran kepadatan mineral tulang adalah untuk menetapkan nilai *bmd* sebelum tindakan terapi, mengidentifikasi pasien osteoporosis resiko tinggi untuk tindakan pencegahan atau terapi, memonitor nilai *bmd* untuk melihat perkembangan tindakan terapi, dan evaluasi pada kasus osteoporosis atau osteopenia.

Fungsi pengukuran dalam pemanfaatan teknologi ini dapat juga dibarengi dengan fungsi pencitraan organ yang diperiksa. Walaupun pada peralatan tertentu citra organ tidak ditonjolkan tetapi hanya data kuantitatif yang ditonjolkan.

CT Scanner mempunyai fungsi diagnosa dalam bentuk citra organ tetapi juga dapat berfungsi sebagai pengukur kepadatan mineral tulang pada organ tertentu dengan hasil pengukuran dalam satuan berat per satuan volume (mg/cm^3). Sementara itu, *DEXA (Dual Energy X-ray Absorptiometry)* berfungsi sebagai pengukur kepadatan mineral tulang pada organ tertentu dengan hasil pengukuran dalam satuan berat per satuan luas (mg/cm^2) (Grampp, 2008) tanpa menonjolkan citra organ sebagai hasil diagnosa.

Energi sinar-x yang dihasilkan oleh *CT Scanner* bukan foton monoenergetik tetapi polienergetik (Avinash, 1999), sedangkan energi sinar-x yang dihasilkan oleh *DEXA* mempunyai dua puncak dengan menggunakan filter *Cerium*. Energi puncak tersebut pada 40 keV dan pada 70 keV (diunduh dari http://www.rah.sa.gov.au/nucmed/BMD/bmd_equipment.htm, pada tanggal 19-2-2010).

Quantitative CT dan *DEXA* sebagai sarana untuk mendiagnosa kelainan tulang, yaitu dengan mengukur kepadatan mineral tulang, mempunyai metode

yang berbeda. *CT Scanner* dengan energi polienergetik mampu menyajikan hasil pengukuran kepadatan volumetrik jaringan tulang dengan membedakan hasil kepadatan mineral tulang kortikal (mode kortikal) dan trabekular (mode trabekular), sedangkan *DEXA* menggunakan dua puncak energi mampu mengeliminasi jaringan lunak di sekitar jaringan tulang sehingga hasil pengukuran kepadatan mineral terpisah dari jaringan lunak.

Untuk membandingkan kedua metode tersebut perlu diuji dengan bahan yang mempunyai kepadatan mineral tulang tertentu, *phantom* kalsium hidroksiapatit, dan diukur dengan kedua alat tersebut. *Phantom* kalsium hidroksiapatit dibuat dari jel agar-agar dan kalsium hidroksi apatit dalam kepadatan tertentu.

Jaringan lunak dibuat dari jel agar-agar yang juga berfungsi sebagai fiksasi mineral tulang. Agar-agar merupakan polisakarida. Polisakarida dalam bentuk polimer adalah jel agar-agar, dalam darah adalah glukosa, dan dalam jaringan tulang adalah glikogen (diunduh dari www.elisa.ugm.ac.id pada tgl 22-3-2010). Beberapa komponen jaringan lunak tubuh terdiri atas glikogen dan air (diunduh dari www.nutrition.uvm.edu/bodycomp/dexa_pada_tgl_7-3-2008), sehingga jaringan lunak *phantom* kalsium hidroksiapatit mempunyai komponen seperti pada jaringan lunak. Mineral tulang dibuat dari kalsium hidroksi apatit yang merupakan komponen pembentuk jaringan keras tulang. Kalsium hidroksi apatit digunakan pada *QCT* sebagai *phantom* referensi (Siemens vol 1, 2005), sehingga jaringan keras *phantom* mempunyai komponen kalsium hidroksi apatit seperti komponen jaringan keras tulang.

Phantom kalsium hidroksiapatit diperlukan dalam uji ini untuk mendapatkan bahan uji dengan komposisi tetap, sehingga mendapatkan hasil pengujian yang konsisten.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut maka perlu ditentukan hubungan antara nilai pengukuran kepadatan mineral tulang dengan *Quantitative Computed Tomography* dan *Dual Energy X-ray Absorptiometry* pada *phantom* mineral tulang dan cara membuat *phantom* kalsium hidroksiapatit dengan kepadatan mineral tertentu.

1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini permasalahan dibatasi pada:

1. Pembuatan *phantom* kalsium hidroksiapatit dengan kepadatan mineral tertentu.
2. Pengukuran kepadatan mineral tulang *phantom* kalsium hidroksiapatit dengan menggunakan metode *QCT* dan *DEXA*.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan :

1. Menerapkan pembuatan *phantom* kalsium hidroksiapatit dengan kepadatan mineral tertentu.
2. Menentukan hasil pengukuran kepadatan mineral tulang *phantom* kalsium hidroksiapatit dengan *QCT* dan *DEXA*.
3. Menentukan perbandingan hasil pengukuran kepadatan mineral tulang dan non mineral tulang *phantom* kalsium hidroksiapatit dari pengukuran *QCT* dan *DEXA*.
4. Menentukan hubungan pengujian kepadatan mineral tulang *phantom* kalsium hidroksiapatit antara *QCT* dan *DEXA*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian bagi penulis :

1. Mempunyai kemampuan membuat *phantom* kalsium hidroksiapatit.
2. Mempunyai kemampuan melakukan pengukuran kepadatan mineral tulang dengan metode *QCT* dan *DEXA*.
3. Mempunyai pemahaman tentang karakteristik metode pengukuran kepadatan mineral tulang pada *QCT* dan *DEXA*.
4. Sumbangan ilmu pengetahuan tentang pembuatan *phantom* kalsium hidroksiapatit dan komparasi pengujian antara *QCT* dan *DEXA*.

DAFTAR PUSTAKA

- Adler, R.A., 2010, "Osteoporosis Pathophysiology and Clinical Management", Humana Press, New York, USA.
- Attix, F.H., 2004, "Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry", Wiley-VCH Verlag GmbH & Co KGaA, Weinheim, Germany.
- Avinash, C.K., Slaney, M., 1998, "Principles of Computed Tomographic Imaging", IEEE Press, New York, USA.
- Bajpai, R.N., 1991, "Osteologi Tubuh Manusia", Binarupa A, Jakarta.
- Buzug, T.M., 2008, "Computed Tomography, From Photon Statistics to Modern Cone-Beam CT", Springer Verlag Berlin Heidelberg, Germany.
- Grampp, S., 2008, "Radiology of Osteoporosis", Springer, Verlag Berlin Heidelberg, Germany.
- Hendee, W.R., Ritenour E.R., 2002, "Medical Imaging Physics", Willey-Liss inc. New York, USA.
- Henderson, J.E., Goltzman, D., 2004, "Osteoporosis Primer the", Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.
- Heymsfield, S.B., Lohman, T.G., Wang, Z., Going, S.B., 2005, "Human Body Composition", Human Kinetics, USA.
- Noz, M.E., Maguire Jr, G.Q., 2006, "Radiation Protection in the Health Science", World Scientetific Publishing Co, Singapore.
- Park, J.B., Bronzino, J.D., 2003, "Biomaterial : Principles and Applications", CRC Press, New York, USA.
- Pietrobelli, A., Wang, Z., Formica, C., Heymsfield, S.B., 1998, "Dual Energy X-ray Absorptiometry : Fat Estimation Errors due to Variation in Soft Tissue Hydration", Am J Physiol Endocrinol Metab 274:808-816, New York, USA.
- Podgorsak, E.B., 2006, "Radiation Physics for Medical Physicists", Springer, Verlag Berlin Heidelberg, Germany.
- Saefudin, A., Notodiputro, K.A., Alamudin, A., Sadik, K., 2009, "Statistika Dasar", Grasindo, Jakarta, Indonesia.
- Seeram, E., 2000, "Computed Tomography : Physical Principles, Clinical Applications, & Quality Control", W.B. Saunders, Pennsylvania, USA.
- Susilo, Wahyu Setia Budi, Kusminarto, Yunita Intan, 2009, "Kajian *Spine Phantom* Dengan Teknik Radiografi *Dexa*", Prosiding Seminar Nasional ke-15 Teknologi dan Keselamatan PLTN serta Fasilitas Nuklir, Surakarta.
- Siemens, 2005, "*Syngo CT Operator Manual Volume 1*", Siemensstrasse 1 : Germany.
- Siemens, 2005, "*Syngo CT Operator Manual Volume 4*", Siemensstrasse 1 : Germany.
- Windarti, Tri., Siahaan, P., 2007, "Struktur dan dinamika molekul material biokompatibel selulosa *bacterial* sebagai bahan dasar tulang artificial" diunduh dari <http://www.lemlit.undip.ac.id/abstrak/content/view/4651/277/> pada tgl 1-4-2010.
- Windarti, Tri., Widodo, D.S., 2007, "Material Komposit Biokompatibel Sebagai Implan Transplantasi Tulang" diunduh dari <http://www.lemlit.undip.ac.id/abstrak/content/view/231/277/> pada tgl 1-4-2010.