

Pengaruh Perubahan Tegangan Tabung (kVp) Terhadap *CT Number* dan Uniformitasnya pada Pesawat *CT Scan*

¹Anugrah Ariyani S, ²Wahyu Setiabudi, ²Choirul Anam

¹Instalasi Radiologi RS dr. M. Hoesin Palembang

²Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang

ABSTRACT

An examination of consistency of CT numbers and its uniformity due to variation of the tube voltage has been done. The examination was conducted using water and polyethylene phantoms as a test object. The method of scanning, which are axial scanning and helical scanning. The scanning was taken 5 (five) slices with slice thickness of 5 mm. Variations in tube voltage used were 80 kV, 120 kV and 140 kV. The tube current 160 mA and time scanning 2 seconds. It was obtained that the increase in voltage from 80 kV to 140 kV led to increase the value of CT number both for water and polyethylene phantoms. The uniformity of CT number for all ROI varies, but still within the range of tolerance limits. The CT number for the water phantom does not exceed 0 ± 5 HU and for polyethylene phantom does not exceed -300 to -100 HU..

Keywords: CT Scan, CT number, uniformity, tube voltage (kV)

PENDAHULUAN

CT scan merupakan suatu sistem pencitraan medis yang cukup kompleks sehingga terdapat resiko terjadinya *mis-alignment*, kesalahan kalibrasi, dan kegagalan fungsi sistem pembangkit dan deteksi sinar-X. Karena itu, pesawat *CT scan* memerlukan program QC (*quality control*) untuk menjamin kualitas citra *CT scan* dengan tetap menjaga dosis masih berada di bawah batas yang diijinkan [1].

Salah satu program *quality control* pada pemakaian pesawat *CT scan* adalah uji ketepatan *CT number* dan uniformitas pada berbagai posisi fantom [2]. *CT number* dinyatakan dalam satuan HU (*Hounsfield Unit*) [3]. Sementara uniformitas dari *CT number* dapat diartikan sebagai nilai keseragaman nilai *CT number* di beberapa titik pada citra.

Air direkomendasikan sebagai bahan untuk menentukan *CT number* karena air merupakan lebih dari 90% penyusun jaringan lunak pada tubuh manusia, mudah di dapat dan mudah dibentuk. Karena *CT number* air mempunyai nilai 0 HU, maka untuk jaringan yang mempunyai kerapatan lebih tinggi dari air mempunyai *CT number* positif, sedangkan yang mempunyai kerapatan lebih rendah dari air mempunyai *CT number* negatif [3].

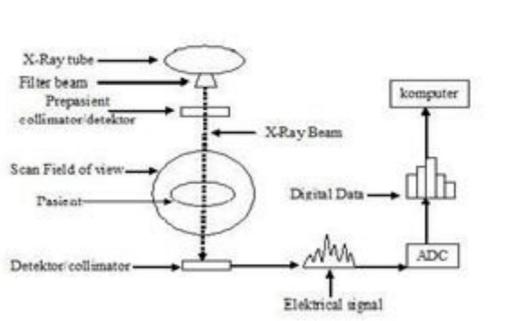
Pada penelitian sebelumnya, yaitu uji konsistensi *CT number* terhadap perubahan arus tabung (mA)

dan perubahan ketebalan *slice*. Diperoleh bahwa variasi arus tabung dan variasi ketebalan *slice*, tidak mempengaruhi nilai *CT number* [4]. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi *CT number*, diantaranya adalah *image noise*. *Noise* sendiri terbentuk dari banyak faktor, diantaranya adalah faktor eksposi (tegangan tabung, arus tabung dan waktu eksposi) [5]. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui hubungan tegangan tabung terhadap *CT number* dan uniformitasnya.

LANDASAN TEORI

CT Scan

CT scan merupakan teknik pengambilan citra dari suatu obyek pada sudut pandang aksial dengan cara berkas sinar-x mengitari obyek. Sinar-x yang mengalami atenuasi setelah menembus objek ditangkap oleh detektor yang terletak dibelakang obyek. Berkas radiasi yang ditangkap oleh detektor diubah menjadi sinyal listrik dan oleh *analog digital converter* diubah dalam bentuk digital.



Gambar 1. Skema dasar akuisisi data pada CT scan [5]

Selanjutnya data tersebut dikirim ke komputer, dan melalui proses matematis data tersebut direkonstruksi dan ditampilkan kembali pada layar monitor berupa citra tampang lintang [5]. Skema dasar akuisisi data pada pesawat CT scan ditampilkan pada Gambar 1.

Parameter CT Scan

Pada CT scan terdapat beberapa parameter untuk pengontrolan eksposi untuk memperoleh output berupa citra yang optimal [6]. Adapun parameter tersebut adalah: *slice thickness*, faktor eksposi yang meliputi tegangan tabung (kVp), arus tabung (mA) dan waktu (s), *field of view (FOV)*, *gantry tilt*, *window width* dan *window level*.

Setelah komputer menyelesaikan rekonstruksi citra, maka hasilnya akan dikonversi menjadi skala numerik yang dikenal dengan nama *CT number*. *CT number* adalah perbandingan relatif antara nilai atenuasi sinar-x suatu *voxel* jaringan dengan atenuasi air. *CT number* dirumuskan sebagai berikut:

$$CT\ number = 1000 \frac{\mu_j - \mu_a}{\mu_a} \quad (1)$$

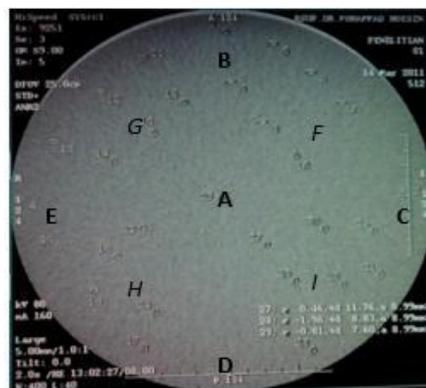
Dengan μ_j adalah koefisien atenuasi jaringan dan μ_a adalah koefisien atenuasi air. Nilai *CT number* berbanding lurus dengan densitas jaringan. Air dipakai sebagai material referensi karena dalam tubuh kita jumlah air sangat berlimpah dan mempunyai densitas yang homogen. *CT number* air adalah 0. Sedangkan tulang mempunyai nilai +1000 HU sampai +3000 HU, untuk udara nilai yang dimiliki -1000 HU. Jaringan dan substansi lain akan dikonversi menjadi warna abu-abu bertingkat yang disebut skala keabuan (*gray scale*). Material yang mempunyai koefisien atenuasi lebih besar dari air mempunyai *CT number* positif dan material yang mempunyai

koefisien atenuasi lebih rendah dari air mempunyai *CT number* negatif.

Sementara uniformitas dari *CT number* dapat diartikan sebagai nilai keseragaman *CT number* pada sebuah citra homogen. Fantom air mempunyai rentang nilai *CT number* $0 \pm 5 HU$ [3], dan Fantom *Polyethylene* memiliki rentang *uniformity CT number* antara -300 sampai dengan -100 [7].

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan dua jenis fantom, yaitu fantom air dan fantom *polyethylene* dengan dua kali metode pengambilan citra, yaitu pengambilan citra metode *axial scanning* dan metode *helical scanning*. Setiap metode *scanning* diambil 5 (lima) *slice*. Variasi tegangan tabung yang digunakan adalah 80 kV, 120 kV dan 140 kV. Arus tabung 160 mA dan waktu *scanning* 2 detik. Setiap *slice* diambil 30 lokasi ROI (*region of interest*) yaitu pada pusat *slice*, bagian tepi searah jarum jam: arah jam 12, jam 3, jam 6 dan jam 9 dan area kuadran I-IV dengan ukuran ROI berdiameter 8,99 mm² untuk fantom air dan 8,71 mm² untuk fantom *polyethylene*.



Gambar 2. Posisi ROI (Region of Interest) pengukuran CT number dalam slice tertentu, pada daerah (A) pusat, (B) arah jam 12, (C) arah jam 3, (D) arah jam 6, (E) arah jam 9, (F) kuadran I, (G) kuadran II, (H) kuadran III dan (I) kuadran IV

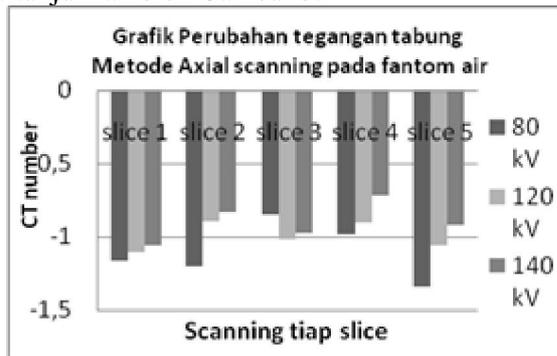
Pesawat CT scan yang digunakan adalah pesawat CT scan generasi ke tiga dengan *single slice*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Fantom air

Nilai *CT number* untuk fantom air, pada metode *axial scanning* sebesar -1,19 HU dengan rata-rata

deviasi sebesar 2,143 HU untuk tegangan tabung 80 kVp. Pada saat menggunakan tegangan tabung 120 kVp didapatkan rata-rata nilai CT number sebesar -1,01 HU dengan deviasi sebesar 1,14 HU, dan pada tegangan tabung 140 kVp rata-rata nilai CT number sebesar -1,08 HU dan deviasi sebesar 1,46 HU. Hasil rata-rata nilai CT number untuk beberapa tegangan pada beberapa slice ditunjukkan oleh Gambar 3.



Gambar 3. Grafik CT number untuk perubahan tegangan tabung metode axial scanning pada fantom air

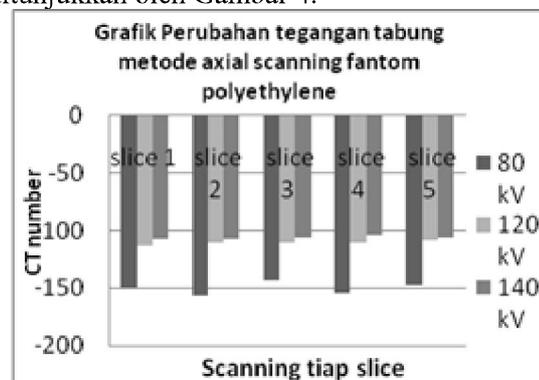
Dari Gambar 3, tampak bahwa kenaikan tegangan tabung dari 80 kVp sampai 140 kVp diikuti oleh kenaikan nilai CT number. Hal ini karena ketika tegangan tabung sinar-x meningkat, akan menyebabkan peningkatan jumlah sinar-x yang diproduksi dan energi foton rata-rata. Meningkatnya energi foton sinar-x, akan sedikit menurunkan atenuasi sinar-x sehingga menyebabkan perubahan nilai HU jaringan. Perilaku HU jaringan apapun tergantung pada tiga faktor, yaitu (a) energi foton, dimana peningkatan energi foton umumnya meningkatkan kemungkinan interaksi hamburan Compton, dan mengurangi kemungkinan interaksi fotolistrik, (b) kepadatan jaringan, yang merupakan penentu utama atenuasi sinar-x pada energi foton tinggi dari jaringan seperti bahan dengan nomor atom yang serupa dengan air [$Z = 7,5$]; (c) nomor atom (Z). Peningkatan tegangan tabung juga akan mengurangi nilai rata-rata standar deviasi dan *signal-to-noise ratio* (SNR). Nilai uniformitas CT number pada metode axial scanning menggunakan fantom air, masih dalam rentang batasan toleransinya yaitu tidak melebihi dari 0 ± 5 HU. Terdapat perbedaan nilai rata-rata CT number pada masing-masing ROI yang berkisar antara : -1.43 sampai -0.89, dengan nilai yang paling besar terdapat pada kuadran IV.

Sedangkan pada metode *helical scanning* dengan menggunakan fantom air, pada pemilihan tegangan tabung 80 kVp diperoleh hasil rata-rata CT number sebesar -1,08 HU dan nilai rata-rata deviasi sebesar 1,66 HU. Pada penggunaan tegangan tabung 120 kVp, diperoleh hasil rata-rata CT number sebesar -0,98 HU dan nilai rata-rata deviasi sebesar 1,38 HU dan pada tegangan tabung 140 kVp rata-rata nilai CT number sebesar -0,89 HU dan deviasi sebesar 1,29 HU.

Pada metode *helical scanning* juga diperoleh hasil bahwa terjadi kenaikan nilai CT number seiring dengan kenaikan tegangan tabung, juga turunnya nilai rata-rata standar deviasi pada setiap slice seiring dengan naiknya tegangan tabung. Demikian pula untuk nilai uniformitas CT number masih dalam rentang batasan toleransinya. Namun pada titik ROI arah jam 6, menghasilkan nilai rata-rata CT number yang sangat rendah, jauh dari nilai rata-rata CT number titik yang lain.

Fantom Polyethylene

Pada metode *axial scanning*, nilai CT number untuk fantom *polyethylene*, tegangan tabung 80 kVp, sebesar -150,28 HU dengan nilai rata-rata standar deviasi sebesar 29,48 HU. Pada saat menggunakan tegangan tabung 120 kVp didapatkan rata-rata nilai CT number sebesar -110,38 HU dengan rata-rata standar deviasi sebesar 9,40 HU, dan pada tegangan tabung 140 kVp rata-rata nilai CT number sebesar -106,19 HU dan rata-rata standar deviasi sebesar 6,95 HU. Hasil rata-rata nilai CT number untuk beberapa tegangan pada beberapa slice ditunjukkan oleh Gambar 4.



Gambar 4. Grafik CT number untuk perubahan tegangan tabung metode axial scanning pada fantom polyethylene

Dari gambar 4 tampak bahwa kenaikan tegangan tabung dari 80 kVp sampai 140 kVp diikuti oleh kenaikan nilai *CT number*. Dan untuk nilai standar deviasi, kenaikan tegangan menyebabkan turunnya nilai rata-rata standar deviasi Untuk nilai uniformitas pada fantom *polyethylene* masih dalam rentang batasan toleransinya yaitu tidak melebihi dari -300 sampai dengan -100 HU. Nilai rata-rata *CT number* pada masing-masing ROI dari semua variasi tegangan tabung yang digunakan berkisar antara -126,32 sampai -113,52. Nilai yang paling besar terdapat pada titik ROI arah jam 9.

Pada metode *helical scanning*, untuk pemilihan tegangan tabung 80 kVp diperoleh hasil rata-rata *CT number* sebesar -149,77 HU dan nilai rata-rata standar deviasi sebesar 30,49 HU. Pada penggunaan tegangan tabung 120 kVp, diperoleh hasil rata-rata *CT number* sebesar -108,20 HU dan nilai rata-rata standar deviasi sebesar 6,74 HU dan pada tegangan tabung 140 kVp rata-rata nilai *CT number* sebesar -101,89 HU dan nilai rata-rata standar deviasi sebesar 5,27 HU. Nilai *CT number* juga mengalami kenaikan seiring dengan kenaikan tegangan tabung. Nilai standar deviasin turun seiring dengan naiknya tegangan tabung. Nilai uniformitas masih dalam rentang batasan toleransinya yaitu masih dalam kisaran dari -300 sampai dengan -100 HU.

KESIMPULAN

1. Kenaikan tegangan tabung dari 80 kVp, 120 kVp dan 140 kVp, diikuti oleh kenaikan nilai *CT number* baik pada fantom air dan fantom *polyethylene*.
2. Nilai *uniformity CT number* pada fantom air dan fantom *polyethylene* masih dalam rentang batasan toleransinya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] AAPM, 2002, *Quality Control in Diagnostic Radiology*, AAPM Report No. 74, Medical Physics Publishing, Madison, USA.
- [2] Mutic S., Palta J.R., Butker E.K., Das I.J., Huq M.S., Loo L.D., Salter B.J., McCollough C.H., dan Dyk J.V., 2003, *Quality assurance for computed-tomography simulators and the computed tomography-simulation process: Report of the AAPM Radiation Therapy, Committee Task Group No. 66*, Medical Physics Journal, 30 (10) 2762-2792

- [3] Jeffrey P., 2006, *Quality Management in The Imaging Sciences*, 3rd Edition, Mosby Inc : St. Louis, Missouri, United States of America.
- [4] Isnaeni M., 2010, *"Uji Konsistensi CT number Terhadap Perubahan arus tabung (mA) dan Perubahan Ketebalan Irisan (Slice) Pada Pesawat CT Scan"*, Skripsi, Universitas Diponegoro, Semarang.
- [5] Seeram E, 2001, *"Computed Tomography Physical Principles, Clinical Applications, and Quality Control"*, W.B.Saunders Company.
- [6] Bontranger K.L., 2001, *"Text Book of Radiographic and Related Anatomy"*, Fiftt Edition, The CV Mosby, London.
- [7] Bushberg J.T., Seibert J.A., Leidholdt E.M., Boone J.M., 2002, *"The Essential Physic of Medical Imaging"*, Second Edition, Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia USA.