

ANALISA CTDI PADA PERMUKAAN DAN PUSAT PHANTOM MENGGUNAKAN CT DOSE PROFILER

Cory Amelia, Evi Setiawati dan Zaenal Arifin

Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang
E-mail: coryamelia999@gmail.com

ABSTRACT

The research has been done on the comparative value of CTDI on the surface and the center of the phantom. This research was conducted to determine the value of CTDI on the top surface, center, and bottom of the phantom using the CT Dose Profiler on CT scan head and determine the effect of tube voltage on the value of CTDI. The research was conducted with take a CTDI data using the CT Dose Profiler on spiral CT scan mode and using a phantom head. Measurements a CTDI conducted on the top surface, center and bottom surface of the phantom with the variation of the tube voltage value is 80 kV, 100 kV, and 120 kV, and current value 320 mA, time 18.5 s, pitch 0,531, slice thickness 5 mm, and scan length 180 mm. The results of measurements the value of CTDI with variation a tube voltage on the top surface of the phantom was 22.75 mGy to 62.97 mGy, the center of phantom was 19.34 mGy to 59.66 mGy and the bottom surface of the phantom was 20.10 mGy to 54, 19 mGy.

Keywords: Head Phantom, the CT Dose Profiler, CTDI, Tube Voltage.

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian mengenai perbandingan nilai CTDI pada permukaan dan pusat phantom. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menentukan nilai CTDI pada permukaan atas, pusat, dan bawah phantom dengan menggunakan CT Dose Profiler pada CT Scan kepala serta menentukan pengaruh tegangan tabung terhadap nilai CTDI. Penelitian dilakukan dengan pengambilan data CTDI menggunakan CT Dose Profiler pada CT Scan mode spiral dengan menggunakan phantom kepala. Pengukuran CTDI dilakukan pada permukaan atas, pusat dan bawah phantom dengan variasi nilai tegangan tabung 80 kV, 100 kV, dan 120 kV, pada nilai arus 320 mA, waktu 18,5 s, pitch 0,531, slice thickness 5 mm, dan scan length 180 mm. Hasil pengukuran besarnya nilai CTDI dengan variasi tegangan tabung pada permukaan atas phantom adalah 22,75 mGy sampai 62,97 mGy, pada pusat phantom adalah 19,34 mGy sampai 59,66 mGy dan pada permukaan bawah phantom adalah 20,10 mGy sampai 54,19 mGy.

Kata kunci: Phantom Kepala, CT Dose Profiler, CTDI, Tegangan Tabung.

PENDAHULUAN

Dosis radiasi pada CT scan sangat tinggi karena mendapatkan dosis primer dan dosis sekunder sekaligus setiap sekali *scanning*. Metode penghitungan dosis pasien pada CT scan dikenal dengan CTDI. Tingkat panduan dosis CT scan untuk setiap pemeriksaan pada orang dewasa berdasarkan Perka Bapeten (2011) tentang pedoman dosis pasien Radiodiagnostik adalah 50 mGy untuk kepala, 35 mGy untuk lumbal, dan 25 mGy untuk abdomen. Banyak alat ukur yang bisa digunakan untuk pengukuran dosis CT scan tersebut, diantaranya *pencil ionization chamber*, *Thermoluminisence Dosimetri* (TLD), atau dengan *CT Dose Profiler*.

Metode pengukuran CTDI ada dua, yaitu pada *phantom* dan pada udara bebas. Pengukuran CTDI pada *phantom* dilakukan dengan memasukkan detektor ke dalam *hole* yang ada pada *phantom* sedangkan pengukuran CTDI pada udara detektor diletakkan di pusat *gantry* sehingga sensor detektor berada pada udara bebas [1]. Pengukuran CTDI pada *phantom* bisa diestimasi sebagai pengukuran dosis pada pasien, sehingga pengukuran CTDI pada permukaan *phantom* bisa diestimasi juga terhadap CTDI yang diterima pada permukaan tubuh pasien atau dosis permukaan. Dosis permukaan pada *phantom* dapat diukur pada permukaan atas dan permukaan bawah, karena sumber dan detektor dari pesawat CT scan berputar 360°.

Pada penelitian sebelumnya oleh Suwarni (2011), tentang “Perbandingan Dosis Radiasi Di Udara Terhadap Dosis Radiasi Di Permukaan *Phantom* Pada Pesawat *CT scan*” menggunakan TLD-100, dan pengukuran dosis di udara menggunakan detektor *pencil ion chamber*. Hasil pengukuran perbandingan dosis tersebut didapatkan nilai CTDI di udara lebih besar dibandingkan nilai dosis radiasi di permukaan *phantom*. Penelitian lainnya oleh Khusniatul (2014), tentang “Analisa Variasi Faktor Eksposi dan *Pitch* Terhadap *Computed Tomography Dose Index* (CTDI) Udara menggunakan *CT Dose Profiler*”. Penelitian tersebut membahas pengaruh tegangan tabung, arus waktu dan *Pitch* terhadap nilai CTDI yang diterima pada udara, dengan meletakkan detektor pada udara bebas, dan didapatkan hasil bahwa nilai CTDI udara meningkat seiring dengan meningkatnya faktor eksposi, tetapi nilai CTDI udara menurun ketika nilai *Pitch* meningkat.

Dari dua penelitian diatas melakukan pengukuran nilai CTDI, pada penelitian yang akan dilakukan kali ini menggunakan jenis detektor dan objek yang berbeda. Penelitian ini mengenai perbandingan nilai CTDI yang diterima pada permukaan *phantom* dan di dalam *phantom* dengan menggunakan *CT Dose Profiler*.

DASAR TEORI

Dosis radiasi pada *CT scan* berbeda dengan dosis pada gambar radiografi konvensional. Gambar *CTscan* diperoleh dengan cara kolimasi tinggi sehingga volume jaringan yang terkena radiasi secara primer lebih banyak. Volume jaringan yang terkena radiasi dari hampir seluruh sudut selama rotasi sehingga mendapatkan distribusi dosis yang lebih besar.

Banyaknya radiasi yang diterima pasien selama pemeriksaan *CT scan* adalah merupakan fungsi dari beberapa parameter. Parameter tersebut meliputi energi berkas (kVp), arus tabung (mA), waktu rotasi (s), *slice thickness*, range, FOV dan *pitch* (pada *scanning spiral*).

Dosis yang diterima pasien bisa bervariasi tergantung dari kebutuhan pemeriksaan. Pada pemeriksaan tertentu memerlukan irisan yang tipis sehingga menyebabkan distribusi dosis menjadi semakin berhimpit sehingga dosis rata-rata menjadi meningkat, demikian pula sebaliknya [2]. Salah satu dosis radiasi pada *CT scan* yaitu *Computed Tomography Dose Index* (CTDI)

a. CTDI

CTDI merupakan konsep utama pengukuran dosis pada *CTscan* yaitu integral profil dosis $D(z)$, disepanjang sumbu z tegak lurus terhadap bidang *scan*. Secara matematis menurut *American Association of physicists in medicine* dapat ditulis dengan persamaan 1, [3]

$$CTDI = \frac{1}{NT} \int_{-\infty}^{+\infty} D(z) dz \quad (1)$$

Dengan $D(z)$ adalah profil dosis serap (mGy) disepanjang sumbu z yang tegak lurus terhadap bidang *scan*, N adalah jumlah irisan tomografi yang dihasilkan serentak dalam satu kali rotasi 360° tabung sinar-x, dan T adalah lebar *scan* tomografi sepanjang gambaran sumbu z

$$CTDI_{100}$$

$CTDI_{100}$ mempresentasikan akumulasi dosis dari beberapa *scan* pada pertengahan dari panjang *scan* 100 mm *scan* dan tidak memperhitungkan akumulasi dosis dari panjang *scan* yang melebihi panjang *scan* 100 mm. $CTDI_{100}$ memiliki batasan pengukuran -50 mm hingga +50 mm. Secara matematis dapat ditulis dengan persamaan 2. [4]

$$CTDI_{100} = \frac{1}{NT} \int_{-50}^{+50} D(z) dz \quad (2)$$

$$CTDI_{vol}$$

Untuk mendapatkan asumsi nilai $CTDI_{vol}$ dengan nilai *pitch* kurang dari 1 pada pengukuran CTDI dipermukaan *phantom* dapat dinyatakan dalam persamaan 3 [1]

$$CTDI_{vol} = \frac{CTDI_{100}}{pitch} \quad (3)$$

b. Faktor-k

Pengukuran $CTDI_{100}$ dilakukan diudara maupun phantom. Pengukuran $CTDI$ diukur diudara bebas pada pusat rotasi atau dikenal dengan istilah $CTDI_u$, sedangkan untuk pengukuran pada phantom diukur pada pusat phantom ($CTDI_c$) dan tepi phantom ($CTDI_p$) Pengukuran $CTDI_{100}$ menggunakan *CT Dose Profiler* pada hole di pusat phantom kepala atau badan dengan *helical exposure* dikali dengan faktor-k untuk mendapatkan $CTDI_w$ dan $CTDI_{vol}$, pengukuran menggunakan alat ini lebih cepat dari pada menggunakan *pencil ion chamber* yang mengukur pada kelima lubang di phantom. Hasil perkalian antara nilai k dengan nilai $CTDI_{100}$ dapat dilihat pada persamaan 3, [5]

$$k = \frac{CTDI_w}{CTDI_{100}} \quad (4)$$

METODE PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

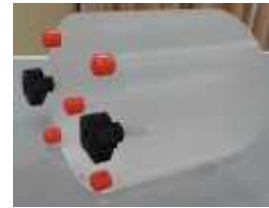
Penelitian ini menggunakan beberapa instrumentasi antara lain sebagai sumber radiasi, seperangkat alat ukur radiasi (*CT Dose profiler* dan *Multimeter Black Piranha*), *Software Ocean*, dan *Head Phantom*. Alat-alat ukur yang digunakan dapat dilihat pada gambar 1, 2, dan 3



Gambar 1. Pesawat CT scan



Gambar 2. CT Dose Profiler merk RTI



Gambar 3. Phantom kepala PMMA



Gambar 4. Multimeter Black Piranha

B. Prosedur Penelitian

Pengambilan data dilakukan pada phantom kepala pada pemeriksaan CT scan. Data diambil dengan menggunakan *CT Dose Profiler* dengan variasi tegangan tabung. Nilai tegangan tabung yang digunakan adalah 80 kV, 100 kV, dan 120 kV, dengan nilai arus 320 mA, waktu 18,5 s, *pitch* 0,531, *slice thickness* 5 mm, dan *scan length* 180 mm. Nilai tersebut merupakan nilai standar yang sering digunakan. Untuk pengukuran nilai CTDI pada permukaan dan pusat phantom dilakukan dengan menggunakan detektor *CT Dose Profiler* yang di sambungkan pada multimeter *Piranha* hitam (*black piranha*) yang di sambungkan ke laptop dengan konektivitas *Bluetooth*. Pada laptop telah dipasang *software Ocean* yang digunakan untuk membaca nilai CTDI. *CT Dose Profiler* diletakkan pada permukaan atas, pusat, dan permukaan bawah phantom, setiap satu posisi detektor dilakukan *scanning* dengan tiga variasi tegangan tabung (kV). Posisi *CT Dose Profiler* yang menempel pada phantom berada pada pusat rotasi gantry dan phantom diatur sehingga titik tengah phantom berada pada titik persilangan laser horizontal dan vertical

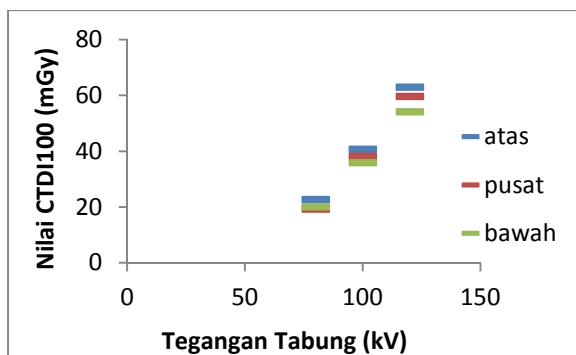
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran nilai CTDI didapat setelah dilakukan *scanning* pada phantom kepala dengan parameter pada monitor telah

disamakan dengan *software Ocean* yang telah di instal pada laptop, menggunakan nilai arus 320 mA, waktu 18,5 s, *pitch* 0,531, *slice thickness* 5 mm, *scan length* 180 mm, dan nilai tegangan tabung yang divariasikan, kemudian nilai CTDI akan langsung terbaca pada *software Ocean*.

1. Pengaruh tegangan tabung terhadap nilai CTDI₁₀₀

Hubungan nilai CTDI₁₀₀ dengan tegangan tabung dapat dilihat pada gambar 1



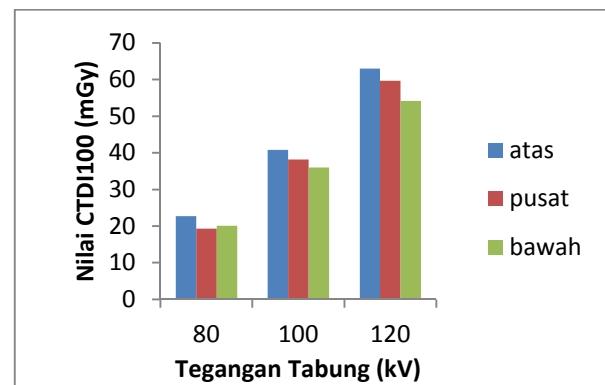
Gambar 1. Grafik nilai CTDI₁₀₀ dengan variasi tegangan tabung pada tiga posisi penempatan detektor

Pada gambar 1 terlihat bahwa nilai CTDI₁₀₀ pada ketiga posisi penempatan detektor berbanding lurus dengan tegangan tabung (kV). Semakin tinggi tegangan tabung maka nilai CTDI₁₀₀ akan semakin tinggi juga, sebaliknya semakin rendah tegangan tabung maka semakin rendah nilai CTDI₁₀₀ yang dihasilkan. Karena tegangan tabung menentukan daya tembus sinar-x yang mengenai pasien. Apabila antara anoda dan katoda pada tegangan tabung diperbesar maka elektron akan semakin dipercepat dan energi rata-rata di anoda akan semakin besar sehingga daya tembus sinar-x semakin besar dan dosis radiasi yang diterima semakin besar [6].

Intensitas sinar-x berbanding lurus dengan kuadrat dari tegangan tabung yang digunakan, sehingga sedikit perubahan tegangan tabung menyebabkan perubahan yang signifikan pada CTDI [7].

2. Perbandingan nilai CTDI₁₀₀ di permukaan atas, pusat dan permukaan bawah pada phantom kepala.

Perbandingan nilai CTDI₁₀₀ pada variasi posisi penempatan detektor pada kondisi tegangan tabung 80, 100, dan 120 kV, kondisi arus 320 mA, waktu *scanning* 18,5 s, *pitch* 0,531, *slice thickness* 5 mm, *scan length* 180 mm, dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Grafik nilai CTDI₁₀₀ pada variasi penempatan detektor.

Berdasarkan gambar 2, nilai CTDI₁₀₀ pada permukaan atas *phantom* lebih tinggi dari nilai CTDI pada posisi pusat dan bawah *phantom* pada variasi tegangan tabung 80 kV, 100 kV, dan 120 kV. Hal ini disebabkan karena radiasi sinar-x yang mengenai detektor yang menempel pada permukaan bawah dan pusat *phantom* mengalami *atenuasi* (pelemahan) energi. Apabila sinar-x dengan energi menengah berinteraksi dengan material maka dapat berinteraksi dengan elektron kulit terluar. Terjadi pengurangan energi dan mengionisasi atom pada elektron kulit terluar. Foton sinar-x yang diteruskan dengan arah yang berbelok maka terjadi pengurangan energi. Foton yang dibelokkan memiliki energi yang jauh lebih kecil dibandingkan energi foton datang.

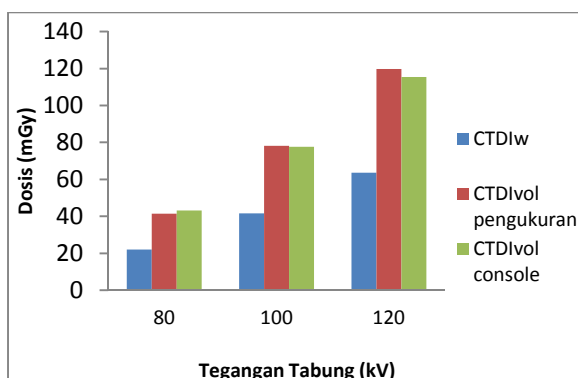
Untuk nilai CTDI₁₀₀ dengan posisi detektor pada pusat *phantom* pada kondisi tegangan tabung 100 kV, dan 120 kV lebih tinggi dibandingkan pada posisi detektor di permukaan bawah *phantom*, dikarenakan pada pusat *phantom* mendapatkan radiasi dari atas dan bawah karena radiasi dan detektor pada

pesawat *CT scan* berputar 360° sedangkan pada posisi detektor di permukaan bawah sinar-x terlebih dahulu mengenai meja pemeriksaan jadi mengalami *atenuasi* (pelemahan) sehingga energi radiasi yang sampai di permukaan bawah lebih sedikit dan juga energi nya masih di teruskan hingga ke pertengahan *phantom*.

Pada kondisi tegangan tabung 80 kV, nilai $CTDI_{100}$ pada pusat *phantom* lebih rendah dibandingkan pada posisi detektor pada permukaan bawah *phantom* disebabkan energi radiasi yang keluar hanya sedikit yang mengenai atau diteruskan sampai ke pusat *phantom*, energi yang sampai ke pusat *phantom* mungkin hanya energi yang melewati permukaan atas *phantom* saja, karena energi untuk sampai ke pusat *phantom* yang melewati permukaan bawah telah habis akibat mengalami dua kali pembelokan atau pelemahan ketika melewati meja pemeriksaan dan permukaan bawah *phantom*

3. Nilai $CTDI_{vol}$ pada pusat *phantom* $CTDI_{vol}$ pada permukaan *phantom*

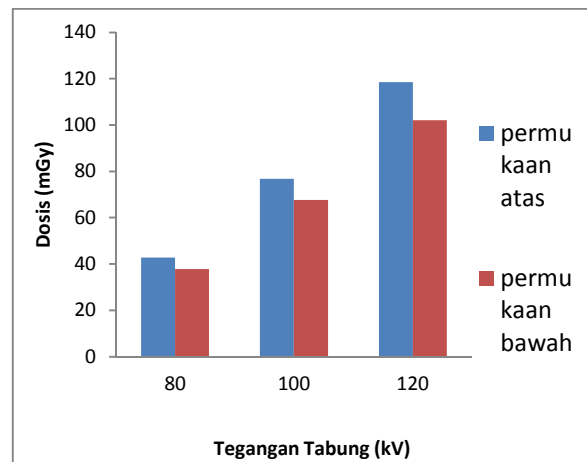
Nilai $CTDI_w$ dan $CTDI_{vol}$ pada pusat *phantom* dapat dicari dengan mengalikan dengan nilai faktor-k [5], sedangkan nilai $CTDI_{vol}$ pada *console* sudah tertera pada monitor, sehingga perbandingan antara nilai $CTDI_{vol}$ hasil pengukuran dengan $CTDI_{vol}$ pada *console* dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Nilai $CTDI_w$ dan $CTDI_{vol}$ hasil pengukuran dan $CTDI_{vol}$ pada *console*.

Berdasarkan gambar 3, nilai $CTDI_{vol}$ hasil pengukuran dan pada *console* berbeda, terdapat penyimpangan dari hasil tersebut sebesar 4,49 % pada kondisi tegangan 80 kV, 0,77 % pada tegangan 100 kV, dan 3,58 % pada tegangan 120 kV. *Intrinsic error* antara detektor *solid state* dengan *console* dimonitor sebesar 3,2% untuk sensitifitas tidak lebih besar dari $\pm 3\%$ [8], tetapi pada penelitian yang dilakukan sensitifitas detektor yang digunakan $\pm 5\%$.

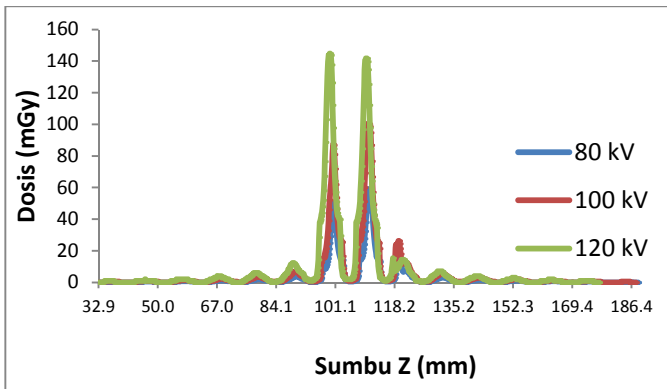
Untuk nilai $CTDI_{vol}$ pada permukaan *phantom* dapat ditentukan dengan penghitungan manual menggunakan persamaan (3), pemeriksaan *CT scan* dengan nilai *pitch* kecil dari satu, nilai $CTDI_{100}$ pada permukaan dibagi dengan *pitch* bisa diasumsikan sebagai nilai $CTDI_{vol}$ nya atau sebagai nilai $CTDI$ pada luas permukaan [1], nilai $CTDI_{vol}$ hasil penghitungan pada permukaan atas dan bawah *phantom* dapat dilihat pada gambar 5.



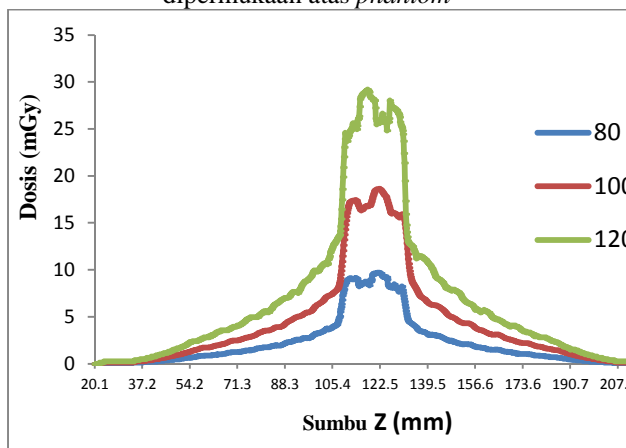
Gambar 4. Grafik nilai $CTDI_{vol}$ pada permukaan *phantom*

4. Profil dosis

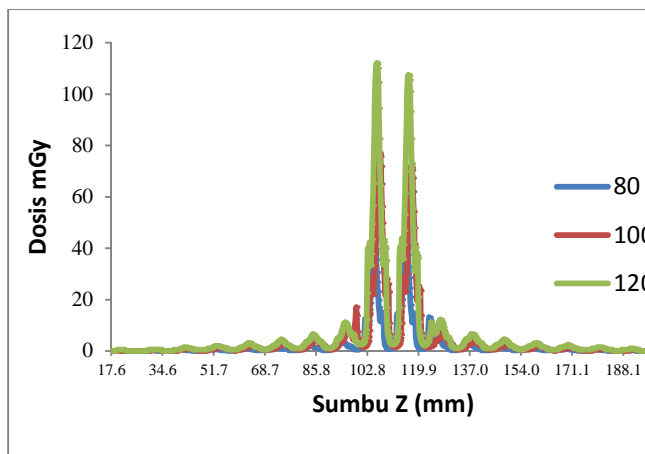
Pengukuran dosis menggunakan *CT Dose Profiler* dengan menggunakan *Software Ocean* untuk menampilkan dosis yang terbaca dan juga menampilkan profil dosis setiap *scanning*. Profil dosis adalah distribusi dosis sepanjang sumbu Z, profil dosis dari ketiga posisi detektor dengan variasi tegangan tabung 80 kV, 100 kV, dan 120 kV dapat dilihat pada gambar 5, 6, dan 7



Gambar 5, Grafik profil dosis pada posisi detektor dipermukaan atas phantom



Gambar 6, Grafik profil dosis pada posisi detektor dipusat phantom



Gambar 7, Grafik profil dosis pada posisi detektor dipermukaan bawah phantom

KESIMPULAN

Hasil penelitian besarnya nilai CTDI₁₀₀ pada tiga posisi penempatan detektor di phantom dengan variasi tegangan tabung adalah 22,75 mGy sampai 62,97 mGy pada permukaan atas, 19,34 mGy sampai 59,66 mGy pada pusat, dan 20,10 mGy sampai 54,19 mGy pada permukaan bawah. NilaiCTDI pada permukaan atas lebih tinggi dari nilai CTDI pada pusat dan permukaan bawah phantom. Nilai CTDI pada pusat phantom lebih tinggi dari nilai CTDI pada permukaan bawah phantom pada kondisi tegangan tabung 100 kV dan 120 kV, tetapi lebih rendah pada kondisi tegangan tabung 80 kV.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bauhs, J.A., Vrieze T., Primak A., Bruesewitz M., McCollough, C.H. 2008, *CT Dosimetry: Comparison of Measure Techniques and Devices*, Radiological Society of North America. 28:246-252..
- [2] Seeram, E. 2001, *Computed Tomography: Physical Principles Clinical Applications and Quality Control Second Edition*, W.B. Saunders Company: United State of America.
- [3] AAPM. 2008, *AAPM Report No. 96 The Measurement, Reporting, and Management of Radiation Dose in CT*, American Association of Physicists in Medicine: Collage Park.
- [4] McNitt-Gray, M.F. 2002, *AAPM/RSNA Physics Tutorial for Resident: Topics in CT (Radiation Dose in CT)*, University of California: Los Angeles. 22:1542-1549.
- [5] *RTI article*, www.Impactdataatscan.org.
- [6] Tsapaki, V, 2007, *Dose Management in CT Facility*, Biomedical Imaging and Interventional Journal. 3.2.e43.
- [7] Bushong, S.C. 2001, *Radiologic Science For Technologist Physic, Biology, and Protection*, Seventh Edition. The CV Mosby Company: Washington DC.
- [8] *Technical Report Series No 457*, 2007, *Dosimetry in Diagnostic Radiology: an international code of pratice*, Publishing Section International Atomic Energy Agency Wagramer Strasse 5, Austria.