

ANALISIS PERBANDINGAN PARAMETER DAN PROFIL DOSIS MENGGUNAKAN PHANTOM STANDAR DAN TIDAK STANDAR

Nora Fajria, Wahyu Setia Budi dan Zaenal Arifin
Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang
Email : nora.fajria@yahoo.com

ABSTRACT

A study has been conducted to analyze the dose parameters are $CTDI_{100}$, $CTDI_w$, $CTDI_{vol}$, DLP and dose profiles by using standard phantom (150 mm) and non-standard phantom (300 mm). This research utilized an abdomen phantom, CT Dose Profiler and software Ocean. Exposure factors in this study in accordance with the conditions of the abdomen routinely performed at the Hospital of the tube voltage 120 kV, current 350 mA, collimation 40 mm, and pitch 1.375. The detector is placed in the center of the phantom and scanning with variation of scan-length 150 mm and 200 mm in the standard phantom (150 mm) and the variation of the scan-length 150 mm, 200 mm, 300 mm in non-standard phantom (300 mm). The result obtained is the parameter dose values in the non-standard phantom (300 mm) are higher than standard phantom (150 mm). At a scan length of 150 mm, the difference in value is 4.825% $CTDI_{100}$, $CTDI_w$ 4.858%, 4.823% $CTDI_{vol}$, and DLP 4.820%. Meanwhile, the difference in the value of the parameter dose at the scan length of 200 mm is $CTDI_{100}$ 3.477%, 3.494% $CTDI_w$, $CTDI_{vol}$ 3.510%, and DLP 3.512%. The resulting dose profile has similar peak-dose value but have a different width so that the dose profile in non- standard phantom (300 mm) is wider and having higher FWHM value than the standard phantom (150 mm) because non-standard phantom has longer scan length that lead to excessively scattered radiation.

Keywords: CT Dose Profiler, dose profiles, scan length, standard phantom, non- standard phantom, $CTDI_{100}$, $CTDI_w$, $CTDI_{vol}$, DLP, FWHM.

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian untuk menganalisis parameter dosis yaitu $CTDI_{100}$, $CTDI_w$, $CTDI_{vol}$, DLP dan profil dosis menggunakan phantom standar (150 mm) dan tidak standar (300 mm). Penelitian menggunakan phantom abdomen, CT Dose Profiler dan perangkat lunak Ocean. Faktor eksposi pada penelitian sesuai dengan kondisi abdomen rutin yang dilakukan di Rumah Sakit yaitu tegangan tabung 120 kV, arus 350 mA, *collimation* 40 mm, dan pitch 1,375. CT Dose Profiler diletakkan pada pusat phantom dan *scanning* dengan variasi *scan length* 150 mm, 200 mm pada phantom standar (150 mm) dan variasi *scan length* 150 mm, 200 mm, 300 mm pada phantom tidak standar (300 mm). Hasil penelitian yang diperoleh adalah nilai parameter dosis pada phantom tidak standar (300 mm) lebih tinggi dibandingkan phantom standar (150 mm). Pada *scan length* 150 mm, selisih nilai $CTDI_{100}$ adalah 4,825%, $CTDI_w$ 4,858%, $CTDI_{vol}$ 4,823%, dan DLP 4,820%. Sementara selisih nilai parameter dosis pada *scan length* 200 mm adalah $CTDI_{100}$ 3,477%, $CTDI_w$ 3,494%, $CTDI_{vol}$ 3,510%, dan DLP 3,512%. Profil dosis yang dihasilkan mempunyai nilai dosis puncak yang sama tetapi memiliki lebar dosis yang berbeda sehingga profil dosis pada phantom tidak standar (300 mm) lebih lebar dan mempunyai nilai FWHM yang lebih tinggi dibandingkan phantom standar (150 mm) karena phantom tidak standar (300 mm) memiliki *scan length* yang lebih panjang yang mengakibatkan banyak radiasi hambur.

Kata Kunci: CT Dose Profiler, profil dosis, *scan length*, phantom standar, phantom tidak standar, $CTDI_{100}$, $CTDI_w$, $CTDI_{vol}$, DLP, FWHM.

PENDAHULUAN

Pesawat *CT Scan* adalah salah satu modalitas utama dalam pemindaian organ tubuh yang menggunakan prinsip kerja tomografi. Proses untuk mendapatkan CT Scan adalah dengan penyinaran tubuh pasien dari berbagai arah scan dengan KV tinggi ± 100 kV. Jaringan

yang diradiasi hampir dari semua sudut selama akuisisi rotasi, dan dosis radiasi terdistribusi merata pada berkas yang dikenai [1]. Penyinaran pasien yang disinari dari tiap sudut ini mengakibatkan dosis yang diterima pasien semakin meningkat. Selain itu dosis radiasi yang diterima pasien pada suatu *slice* tidak hanya berasal dari radiasi primer pada *slice*

tersebut, tapi juga berasal dari radiasi hambur dari *slice* di sekitarnya [2]. Hal ini mengakibatkan dosis yang diterima pasien CT Scan lebih banyak dibandingkan dengan radiologi konvensional.

Radiasi yang dihasilkan pada pemeriksaan CT Scan memberikan kontribusi 60% dari pemeriksaan radiologi, walaupun frekuensi pemeriksaannya hanya 7% dari seluruh pemeriksaan [3]. Oleh karena itu, dosis radiasi CT Scan menjadi hal penting untuk diukur.

Pengukuran dosis pada *CT Scan* menggunakan metode menghitung dosis pada suatu *slice* sebagai kontribusi dari radiasi primer dan radiasi hambur dari *slice* di sekitarnya, dikenalkan istilah CT Dose Index (CTDI). Pengukuran CTDI menggunakan phantom abdomen dan CT Dose Profiler. CT Dose Profiler mampu mengukur dosis primer dan dosis sekunder berupa *point dose* atau dosis titik yang dapat diakumulasi dalam bentuk kurva atau *dose profile*.

Pengukuran CTDI menggunakan alat berupa phantom berbahan *polymethyl methacrylate* (PMMA) sepanjang 150 mm yang terdiri dari *head* phantom dengan diameter 16 cm dan abdomen phantom dengan diameter 32 cm sebagai pengganti tubuh manusia. Sementara kenyataannya dilapangan, pemeriksaan CT Scan seringkali melebihi dari panjang phantom yang hanya 150 mm terutama pada phantom abdomen. Pemeriksaan abdomen rutin selalu lebih dari 30 cm. Data terlampir salah satu Rumah Sakit Semarang memiliki *scan length* rata-rata 41,83 cm pada sepuluh pemeriksaan abdomen tiap harinya. Dari kedua hal tersebut penulis melakukan pengukuran CTDI dengan menggunakan dua phantom standar (150 mm) berbahan dasar PPMA sehingga panjangnya 300 mm mengingat estimasi dan petunjuk dosis hanya dapat dilihat pada *console* oleh petugas atau operator *CT Scan*.

Penelitian serupa telah dilakukan sebelumnya oleh Mori (2005) tentang evaluasi profil dosis pada panjang phantom 15cm dan 90cm terhadap *cone-beam CT* menggunakan detektor silicon photo diode [4]. Penelitian

tentang pengukuran *single scan* dose profiles (SSDP) pada *slice* yang lebih lebar dan *scan length* yang panjang telah dilakukan oleh [5]. Merujuk pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya untuk itu penulis melakukan perbandingan analisis profil dosis menggunakan phantom standar (panjang 150 mm) dan tidak standar (lebih dari 150 mm) terhadap variasi *scan length* pada helical scanning menggunakan CT Dose Profiler. Tahap pertama yang dilakukan dalam penelitian ini ialah memastikan pesawat CT scan sudah dilakukan uji kesesuaian agar pesawat dalam kondisi prima, dari segi output radiasi. Batasan masalah dalam penelitian ini adalah perbandingan analisis parameter CTDI₁₀₀, CTDI_w, CTDI_{vol}, DLP dan profil dosis terhadap penggunaan phantom standar (150 mm) dan tidak standar (300 mm) pada phantom abdomen.

DASAR TEORI

Tabung x-ray berputar mengelilingi pasien dan menghasilkan citra berlapis menyebabkan perhitungan dosis pada CT Scan lebih rumit yakni estimasi dosis yang dikenal dengan Computed Tomography Dose Index (CTDI), CTDI weight atau CTDI bobot, CTDI vol untuk satu rotasi dan DLP [6].

Dosimetri Ct Scan

CTDI merupakan konsep utama pengukuran dosis pada CT Scan yaitu integral profil dosis $D(z)$, disepanjang sumbu z tegak lurus terhadap bidang scan. Secara matematis dapat ditulis dengan persamaan 1 [6,7,8]

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

Dengan $D(z)$ merupakan profil dosis serap (mGy) di sepanjang sumbu z yang tegak lurus terhadap bidang scan. N adalah jumlah irisan tomografi yang dihasilkan secara serentak dalam satu kali rotasi 360° tabung sinar-x. Nilai CTDI merepresentasikan dosis serap rata-rata di sepanjang sumbu z [8].

Pengukuran CTDI biasanya menggunakan dosimeter pensil yang memiliki panjang aktif 100 mm [8]. Untuk itu dikembangkan sebuah definisi baru mengenai CTDI yang sesuai dengan ukuran dosimeter yang digunakan yaitu CTDI₁₀₀. CTDI₁₀₀ memiliki batas pengukuran -50 mm hingga +50 mm. Secara matematis ditulis seperti pada persamaan berikut :

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

Pengukuran CTDI₁₀₀ dilakukan di udara dan di dalam phantom khusus CTDI. Untuk mengetahui dosis serap rata-rata di dalam phantom digunakan suatu pembobotan yang dikenal dengan *weighted* CTDI atau CTDI_w. CTDI_w didefinisikan oleh persamaan berikut :

$$CTDI_w = \frac{1}{3} CTDI_{100,c} + \frac{2}{3} CTDI_{100,p} \quad (3)$$

Dimana CTDI_c adalah rata-rata pengukuran pada center. CTDI_p adalah rata-rata pengukuran pada perifer [9]. Nilai dari 1/3 dan 2/3 kira-kira berjumlah dari relative area yang diperlihatkan oleh nilai tengah dan tepi. Nilai pembobotan 1/3 dan 2/3 digunakan sebagai pendekatan nilai dosis rata-rata pada *phantom*.

CTDI_{vol} merupakan konsep CTDI pada helical scanning yang memperhitungkan pengaruh pergerakan meja atau pitch yang didefinisikan sebagai berikut:

$$CTDI_{vol} = \frac{N \times I}{I} \times CTDI_w \quad (2)$$

Pitch didefinisikan sebagai rasio dari pergerakan meja per rotasi (I) dan total jumlah lebar kolimasi (N×T).

$$\text{Pitch} = \frac{I}{N \times T} \quad (3)$$

Sehingga volume CTDI menjadi :

$$CTDI_{vol} = \frac{1}{\text{Pitch}} \times CTDI_w \quad (4)$$

CTDI_{vol} digunakan untuk menentukan radiasi dosis dalam satu rotasi tabung pada multidetector-baris scanner ketika pitch tidak sama dengan satu. Pada single slice helical, nilai CTDI_{vol} sama dengan CTDI_w [6].

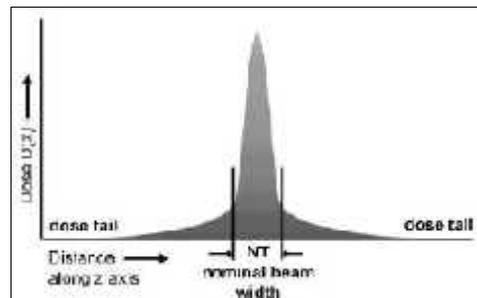
DLP digunakan untuk menghitung dosis pemeriksaan lengkap atau keseluruhan sepanjang bagian yang di scan [9] dimana DLP didefinisikan oleh persamaan berikut: [6,7,8]

$$DLP = CTDI_{vol} \times \text{scan length} \quad (5)$$

Profil Dosis

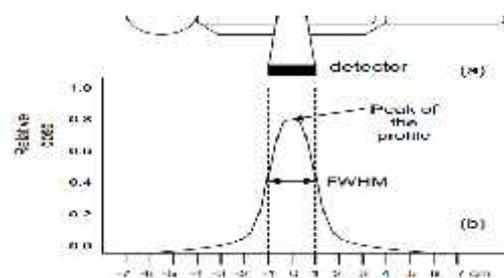
Profil dosis adalah distribusi dosis sepanjang sumbu z atau paralel terhadap sumbu rotasi. Profil dosis dapat dipengaruhi oleh kolimator, jarak antara kolimasi dan tabung sinar-x, penumbra dan radiasi hambur yang ditunjukkan oleh gambar 1. Profil dosis dapat diukur pada udara dan phantom.

Profil dosis yang ideal memiliki bentuk segiempat yang lebarnya tepat dengan kolimasi sinar Nd yang diatur pada konsol. Tetapi profil dosis tidak mungkin untuk mencapai bentuk segiempat karena adanya radiasi hambur yang disebut sebagai *dose tail* atau ekor dosis.



Gambar 1 Profil dosis radiasi [10].

Ukuran yang biasa digunakan untuk mengukur distribusi dosisi adalah Full Widht at half Maksimum (FWHM) pada profil dosis. FWHM merupakan lebar berkas yang mengenai pasien, karena adanya efek penumbra maka lebar berkas yang mengenai pasien akan lebih besar dari lebar kolimasi. Radiasi disepanjang garis perpendicular profil dosis menunjukkan dosis puncak dimana beam slice tepat berada di pertengahan phantom.

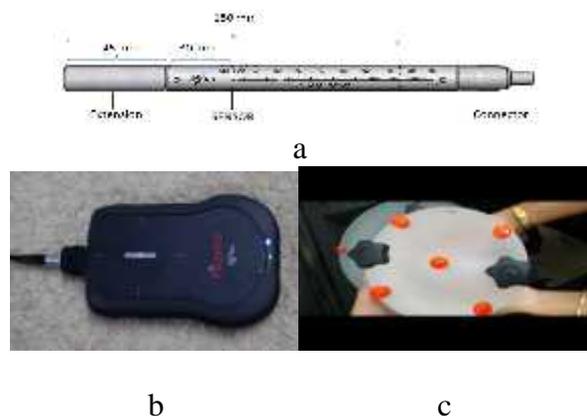


Gambar 2 Pengukuran FWHM

Menurut *European Commission* (2000), nilai *slice thickness* pada *CT Scan* dapat didefinisikan sebagai *full width at half maximum* (FWHM) pada profil dosis. FWHM dapat ditentukan pada *scanning* pusat *phantom* dengan menentukan jarak antara dua titik yang nilai dosisnya setengah dari nilai puncak profil dosis.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan menggunakan *CT Dose Profiler*, multimeter *Black Piranha*, software *Ocean*, phantom abdomen dan pesawat *CT Scan* merk *GE VCT 64 slice* milik *RS Telogorejo Semarang*. Peralatan yang digunakan ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3 *CT Dose Profiler* (a), multimeter *Black Piranha* (b), dan *Phantom Abdomen* (c)

Sebelum pengukuran dilakukan harus dipastikan *Black piranha* terhubung dengan komputer dan perangkat lunak *Ocean* menggunakan konektivitas *Bluetooth*. Pengukuran dilakukan dengan dua tahap, tahap pertama pengukuran dengan menggunakan phantom standar sepanjang 150 mm dan tahap kedua menggunakan phantom tidak standar sepanjang 300 mm dengan diameter 32 cm berbahan dasar *PMMA*. Phantom tidak standar (300 mm) yang digunakan pada penelitian ini yaitu penggunaan dua buah phantom standar (150 mm) yang digabungkan. Pada setiap tahap pengukuran, *Black piranha* diposisikan di pusat phantom dan tepat pada pusat laser (isosenter).

Langkah selanjutnya memilih faktor eksposi yang biasa digunakan di Rumah Sakit untuk protokol abdomen rutin yaitu tegangan tabung 120 kV, arus tabung 350 mA, *collimation* 40 mm, *pitch* 1,375 sebagai variabel terikat dan variabel bebas *scan length* 150 mm dan 200 mm untuk phantom standar (150 mm) dan *scan length* 150 mm, 200 mm, 300 mm pada phantom tidak standar (300 mm).

Pengukuran tahap pertama menggunakan phantom standar (150 mm) dilakukan dua kali *scanning* yaitu *scan* pertama dengan *scan length* 150 mm, dan *scan* kedua dengan *scan length* 200 mm. *Scan length* 150 mm dimulai dari tepi atas phantom hingga tepi bawah phantom. Sementara *scan length* 200 mm dimulai dari *scanning* udara sepanjang 2.5 cm, 15 cm phantom *PMMA* dan 2.5 cm udara.

Pengukuran tahap kedua dilakukan dengan menggunakan phantom tidak standar sepanjang 300 mm. Pengukuran dilakukan tiga kali *scanning* dengan *scan length* 150 mm, 200 mm, dan 300 mm. *Scan length* dapat diatur pada topogram atau *scout* yang tampil pada layar monitor seperti yang ditunjukkan gambar 4. Setelah dilakukan pengukuran didapatkan beberapa parameter dosis penting yaitu $CTDI_{100}$, $CTDI_w$, $CTDI_{vol}$ dan DLP serta profil dosis.



Gambar 4 topogram abdomen dengan *scan length* 150 mm. Phantom standar (a) Phantom tidak standar (b)

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Parameter Dosis

a. $CTDI_{100}$

Tabel 1 Hasil Pengukuran CTDI₁₀₀

Phantom	Scan length (mm)	CTDI ₁₀₀ (mGy)
Phantom Standar (150 mm)	150	8,994
	200	9,029
Phantom Tidak Standar (300 mm)	150	9,428
	200	9,343
	300	9,409

Pada tabel 1 phantom standar (150 mm) nilai CTDI₁₀₀ naik 0.39% sementara pada penggunaan phantom tidak standar (300 mm) nilai CTDI₁₀₀ menurun sebesar 0,90% terhadap kenaikan *scan length* 50 mm (200mm-150mm) yang seharusnya mengalami kenaikan nilai CTDI₁₀₀ terhadap variasi *scan length* yang lebih panjang. Hal ini dikarenakan oleh waktu scanning pada software Ocean tidak sesuai dengan *start scanning* pada protocol sehingga dosis dan profil yang didapatkan terpotong.

Berbeda dengan kenaikan *scan length* 100mm (300mm-200mm), nilai parameter CTDI₁₀₀ naik sebesar 0,7%. Nilai CTDI₁₀₀ akan berbanding lurus terhadap perubahan *scan length* hingga pada saat *scan length* 400mm nilai CTDI₁₀₀ akan tetap atau konstan [5].

Perbedaan nilai CTDI₁₀₀ untuk *scan length* 150 mm adalah adalah 4,825%, dan *scan length* 200 mm sebesar adalah 3,477%. Nilai CTDI₁₀₀ memiliki nilai yang lebih tinggi pada penggunaan phantom tidak standar (300 mm) dapat dilihat pada tabel 1. Nilai CTDI₁₀₀ mengalami perbedaan yang signifikan pada abdomen phantom hingga 8% variasi *phantom lengths* [11].

b. CTDI_w

Tabel 2 Hasil Pengukuran CTDI_w

Phantom	Scan length (mm)	CTDI _w (mGy)
Phantom Standar (150 mm)	150	14,820
	200	14,880
Phantom Tidak Standar (300 mm)	150	15,540
	200	15,400
	300	15,510

Untuk memudahkan, tiap pasangan nilai CTDI (central dan perifer) dapat dikombinasikan menjadi satu yang dinamakan *weighted CTDI* (CTDI_w), yang mewakili rata-rata CTDI pada penampang melintang pada phantom. CTDI_w mewakili nilai CTDI₁₀₀ pada semua posisi dengan *CT phantom dosimetry*. CTDI_w merupakan perkiraan dosis rata-rata pada volume irisan central ketika pergeseran meja I sama dengan *slice thickness* [11]

Penelitian ini tidak dilakukan pengukuran pada tepi phantom (peripheral) tetapi nilai CTDI_w tetap didapatkan dari kalkulasi software Ocean dengan pengukuran hanya pada pusat phantom. Nilai k-faktor ditunjukkan pada tabel 3. CTDI_w yaitu perkalian antara CTDI₁₀₀ dan K faktor. K faktor dirumuskan sebagai berikut :

$$k - factor = \frac{CTDI_w}{CTDI_{100,c}} \quad (6)$$

Tabel 3 Nilai k-faktor

Manufacturer	kVp	Body
GE VCT	80	2,046
GE VCT	100	1,778
GE VCT	120	1,648
GE VCT	140	1,566

Pengukurang CTDI_w pada penelitian ini menggunakan nilai k-faktor untuk phantom abdomen pada 120 kVp merk GE VCT 64 yaitu k-faktor 1,648.

Pada variasi *scan length* phantom standar (150 mm) nilai CTDI_w sesilish 0.40% seiring dengan kenaikan *scan length* sebesar 50 mm. Pada pengukuran tahap

kedua (phantom 300 mm), nilai CTDI_w turun 0,90% terhadap kenaikan *scan length* 50 mm (200mm-150mm), dan naik sebesar 0,70% pada *scan length* 100mm (300mm-200mm). Naik turunnya nilai CTDI_w dipengaruhi karena *start scanning* pada protocol dan perangkat lunak yang tidak sesuai.

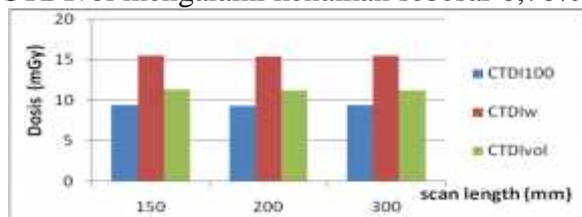
Nilai CTDI_w pada phantom tidak standar (300 mm) lebih tinggi daripada phantom standar (150 mm) seiring dengan kenaikan *scan length*. Pada *scan length* 150 mm CTDI_w sebesar 4,085% lebih tinggi dari phantom standar, sementara *scan length* 200 mm selisih CTDI_w 3,28 % lebih tinggi. Hubungan variasi phantom terhadap *scan length* 150 mm dan 200 mm ditunjukkan pada gambar 6 dan 7. CTDI_w yang dihasilkan dari dua tahap pengukuran pada abdomen rutin tidak melebihi batas standard European Guidelines yaitu CTDI_w 35mGy.

c. CTDI_{vol}

Tabel 4 Hasil Pengukuran CTDI_{vol}

Phantom	Scan length (mm)	CTDI _{vol} (mGy)
Phantom Standar (150 mm)	150	10,780
	200	10,820
Phantom Tidak Standar (300 mm)	150	11,300
	200	11,200
	300	11,280

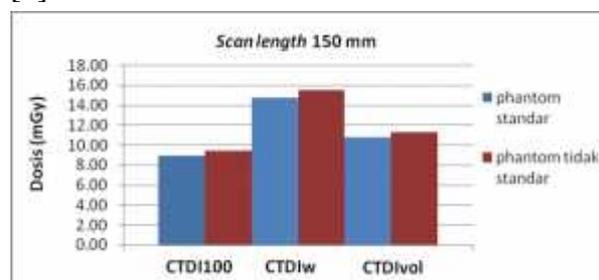
Pada tabel 4 selisih CTDI_{vol} 0.37% seiring dengan kenaikan *scan length* sebesar 50 mm. Sementara pengukuran pada phantom tidak standar (300 mm) menurun sebesar 0,90% terhadap kenaikan *scan length* 50 mm (200mm-150mm). Berbeda dengan kenaikan *scan length* 100mm (300mm-200mm), CTDI_{vol} mengalami kenaikan sebesar 0,70%.



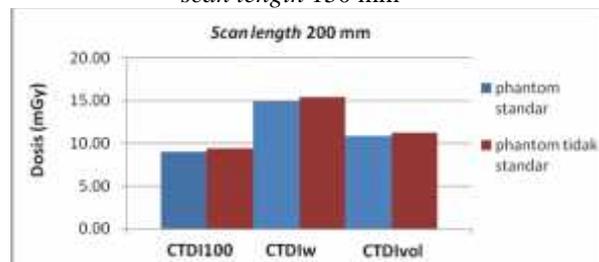
Gambar 5. Hubungan variasi *scan length* terhadap CTDI

Naik turun nilai parameter CTDI₁₀₀, CTDI_w dan CTDI_{vol} terhadap *scan length* sangat kecil yaitu kurang dari 1% pada gambar 5. Hal ini membuktikan tidak ada pengaruh CTDI dengan *scan length* yang digunakan. Hal ini juga sesuai dengan Tsapaki (2007) bahwa nilai CTDI tidak dipengaruhi oleh panjang scan [6].

Nilai CTDI_{vol} phantom tidak standar (300 mm) lebih tinggi 4,051% untuk *scan length* 150 mm dan 3,225% untuk *scan length* 200 mm. Hal ini ditunjukkan pada gambar 6 dan 7. Nilai CTDI_{vol} pada phantom tidak standar lebih mendekati nilai estimasi CTDI_{vol} pada *console*. Ini membuktikan bahwa seharusnya estimasi dosis pada pasien menggunakan phantom yang panjangnya hampir mendekati nilai estimasi dosis pada *console*. Pengukuran CT Dosimetri untuk tubuh seharusnya menggunakan phantom yang lebih panjang [5].



Gambar 6 Hubungan variasi phantom terhadap *scan length* 150 mm



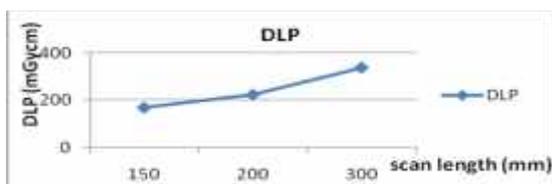
Gambar 7 Hubungan variasi phantom terhadap *scan length* 200 mm

d. DLP

Tabel 5 Hasil Pengukuran DLP

Phantom	Scan length (mm)	DLP (mGycm)
Phantom Standar (150 mm)	150	161,700
	200	216,400
Phantom Tidak Standar (300 mm)	150	169,500
	200	224,000
	300	338,300

Pada phantom tidak standar (300 mm) nilai DLP naik 32,15% terhadap kenaikan 50mm (200mm-150mm) scan length dan naik 50,89% pada kenaikan 100mm (300mm-200mm) scan length. Variasi scan length berpengaruh terhadap nilai DLP [6].



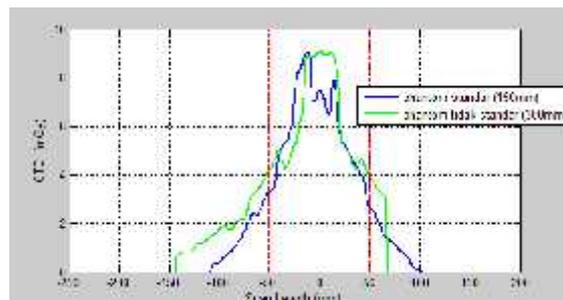
Gambar 8 Hubungan scan length terhadap DLP

Pada phantom tidak standar (300 mm) memiliki nilai DLP yang lebih tinggi dibandingkan phantom standar (150 mm). Dari tabel 5 dihasilkan perbandingan nilai DLP pada phantom tidak standar sebesar 4,823% lebih tinggi untuk scan length 150 mm dan selisih DLP 3,512% untuk scan length 200mm. Nilai DLP yang dihasilkan dari dua tahap pengukuran pada abdomen rutin tidak melebihi batas standard European Guidelines yaitu DLP 780 mGy.

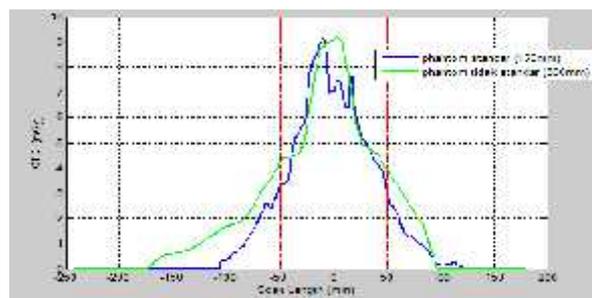
2. Profil Dosis

Hasil pembacaan pengukuran menggunakan perangkat lunak Ocean juga dihasilkan dalam bentuk profil dosis. Profil dosis adalah distribusi dosis sepanjang sumbu Z atau paralel terhadap sumbu rotasi. Grafik yang dihasilkan oleh perangkat lunak Ocean tidak simetris karena dosis keluaran pada setiap rotasi gantry memiliki nilai yang berbeda-beda. Profil dosis pada pengukuran ini hanya memiliki satu dosis puncak karena

pengukuran dosis dilakukan di pusat phantom dengan meletakkan detektor tepat pada isosenter sehingga jarak antara sumber sinar-x dan phantom selalu sama pada setiap rotasi. Profil dosis dari panjang scan length 150 mm dan 200 mm dapat dilihat pada gambar 9 dan 10.



Gambar 9 Profil dosis dengan scan length 150 mm



Gambar 10 Profil dosis dengan scan length 200 mm

Berdasarkan gambar 9 dan 10 dosis puncak pada phantom tidak standar sama nilainya dengan phantom standar. Nilai dosis puncak pada scan length 150 mm adalah 9,06 mGy dan scan length 200 mm adalah 9,11 mGy. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Mory et al (2005) bahwa dosis puncak pada dua pengukuran dengan panjang phantom yang berbeda memiliki nilai yang sama tetapi tidak untuk dosis hambur [4].

Daerah yang berada diluar batas atas +50 dan batas bawah -50 mm adalah ekor dosis yang menyatakan dosis hambur. Dari profil dosis yang terukur, phantom tidak standar (300 mm) memiliki dosis hambur yang lebih besar dibandingkan dengan phantom standar (150 mm). Besarnya dosis hambur ditentukan oleh nilai FWHM.

FWHM dapat ditentukan pada *scanning* pusat *phantom* dengan menentukan jarak antara dua titik yang nilai dosisnya setengah dari nilai puncak profil dosis. Nilai FWHM *scan length* 150 mm pada *phantom* tidak standar adalah 78,64 mm, pada *phantom* standar adalah 76,10 mm. Nilai FWHM *scan length* 200 mm pada *phantom* tidak standar adalah 74,21 mm dan *phantom* standar adalah 72,84 mm. Profil dosis pada *phantom* tidak standar lebih lebar dibandingkan dengan *phantom* standar hal ini dibuktikan dengan nilai FWHM yang lebih besar.

KESIMPULAN

1. Hasil Penelitian besarnya parameter dosis (CTDI₁₀₀, CTDI_w, CTDI_{vol} dan DLP) pada *phantom* tidak standar (300 mm) lebih tinggi dibandingkan *phantom* standar (150 mm) dan lebih mendekati nilai pada *console*.
2. Selisih nilai parameter dosis antara *phantom* standar dan tidak standar pada *scan length* 150 mm adalah CTDI₁₀₀ 4,825%, CTDI_w 4,858%, CTDI_{vol} 4,823% dan DLP 4,820%.
3. Selisih nilai parameter dosis antara *phantom* standar dan tidak standar pada *scan length* 200 mm adalah CTDI₁₀₀ 3,477%, CTDI_w 3,494 %, CTDI_{vol} 3,510% dan DLP 3,512%.
4. Dosis puncak pada *scan length* 150 mm (*phantom* standar dan tidak standar) adalah 9,06 mGy dan dosis puncak pada *scan length* 200 mm (*phantom* standar dan tidak standar) adalah 9,11 mGy. Nilai dosis puncak pada *phantom* standar (150 mm) dan tidak standar (300 mm) memiliki nilai yang sama.
5. Profil dosis pada *phantom* tidak standar lebih lebar dibandingkan dengan menggunakan *phantom* standar, karena memiliki nilai FWHM yang lebih tinggi diakibatkan oleh dosis hambur yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Bushberg, J.H., 2002, *The Essential of Medical Imaging* Second Edition, Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia.
- [2]. Seeram, E, 2001, *Computed tomography Physical Prinsiples, clinical Applications, and Quality*

control (Second Edition), W.B.sounders Company, Pennsylvania

- [3]. Kalender, W.A., 2014. *Dose in X-ray Computed Tomography*, Institute of Medical Physics, Germany
- [4]. Mori, Shinichiro., Endo, Masahiro., Nishizawa, Kanae., dan Tsunoo, Takanori., 2005, *Enlarge longitudinal dose profiles in cone-beam CT and the need for modified dosimetry*, National Institute of Radiological Sciences, Japan.
- [5]. Nakonechny, K.D, dan Fallone, B.G., 2004, *Novel Methods of measuring single scan dose profiles and cumulative dose in CT*, University of Alberta, Canada.
- [6]. Tsapaki, V., dan Rehani, M., 2007, *Dose Management in CT Facility*, Biomedical Imaging and Interventional Journal, 3.2.e43.
- [7]. 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.
- [8]. AAPM, 2008, *AAPM Report No. 96 The Measurement, Reporting, and Management of Radiation Dose in CT*, American Association of Physicists in Medicine, Collage Park.
- [9]. Tsalafoutas, A dan Metallidis, S., 2011, *A method for calculating the dose length product from CT DICOM images*, Medical Physics Department, Greece.
- [10]. Bauhs, J.A., Vrieze T., Primak A., Bruesewitz M., dan McCollough, C.H, 2008, *CT Dosimetry : Comaprison of Measure Techniques and Devices*, Radiological Society of North America, 28:246-252.
- [11]. Li, Xinhua., Zhang, Da., dan Liu, Bob., 2011, *A Practical Approach to Estimate the Weighted CT Dose Index Over an Infinite Integration Length*, Massachusetts General Hospital, USA.