



UNIVERSITAS INDONESIA

**ESTIMASI DOSIS RADIASI PADA PEMERIKSAAN CT ANGIOGRAFI
CORONER**

SKRIPSI

Hendya Perbangkara

0806365015

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

DEPARTEMEN FISIKA

DEPOK

Mei 2011



UNIVERSITAS INDONESIA

**ESTIMASI DOSIS RADIASI PADA PEMERIKSAAN
CT ANGIOGRAFI CORONER**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
sarjana sains**

**HENDYA PERBANGKARA
0806365015**

**FAKULTAS MATEMATIKA & ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM STUDI FISIKA
DEPOK
JUNI 2011**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Hendya Perbangkara

NPM : 0806365015

Tanda Tangan : 

Tanggal : 14 Juni 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Hendya Perbangkara
NPM : 0806365015
Program Studi : Fisika Medis
Judul Skripsi : Estimasi Dosis Radiasi Pada Pemeriksaan
CT Angiografi coroner

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dwi Seno K Sihono, M.Si

Pembimbing : Heru Prasetyo, M.Si

Penguji : Prof. DR. Djarwani S Soejoko

Penguji : Kristina Tri Wigati, M.Si



Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 7 Juni 2011

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains.

Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dwi Seno K Sihono, M.Si sebagai pembimbing 1 yang telah sabar dalam membimbing dalam penulisan skripsi ini;
2. Heru Prasetio, M.Si sebagai pembimbing 2 yang telah menyediakan waktu, sabar dalam membimbing penulis serta memberikan arahan yang berharga;
3. Ibu Prof. DR Djarwani S Soejoko sebagai penguji 1 yang telah memberikan ilmu baru dan masukan-masukan yang berharga untuk perbaikan skripsi ini;
4. Kristina Tri Wigati, M.Si sebagai penguji 2 yang telah memberikan waktu dan masukan untuk perbaikan skripsi ini;
5. Seluruh dosen Departemen Fisika UI atas segala ilmunya yang diberikan selama penulis menjadi mahasiswa Fisika;
6. Bapak, Ibu dan adikku yang tak pernah lelah memberikan perhatian, semangat dan kasih sayangnya;
7. Rekan dan sahabat ekstensi fisika 2008 & regular 2007 khususnya fisika medis, serta staf dosimetri di PTKMR BATAN Pasar Jum'at Jakarta;
8. Semua staf Departemen Fisika yang sudah banyak membantu segala informasi untuk kemudahan administrasi;
9. Departemen Radiologi RS. Medistra atas izin yang diberikan untuk melakukan penelitian ini.
10. Semua pihak yang telah mendukung dan mendoakan dalam penyelesaian tugas akhir ini.

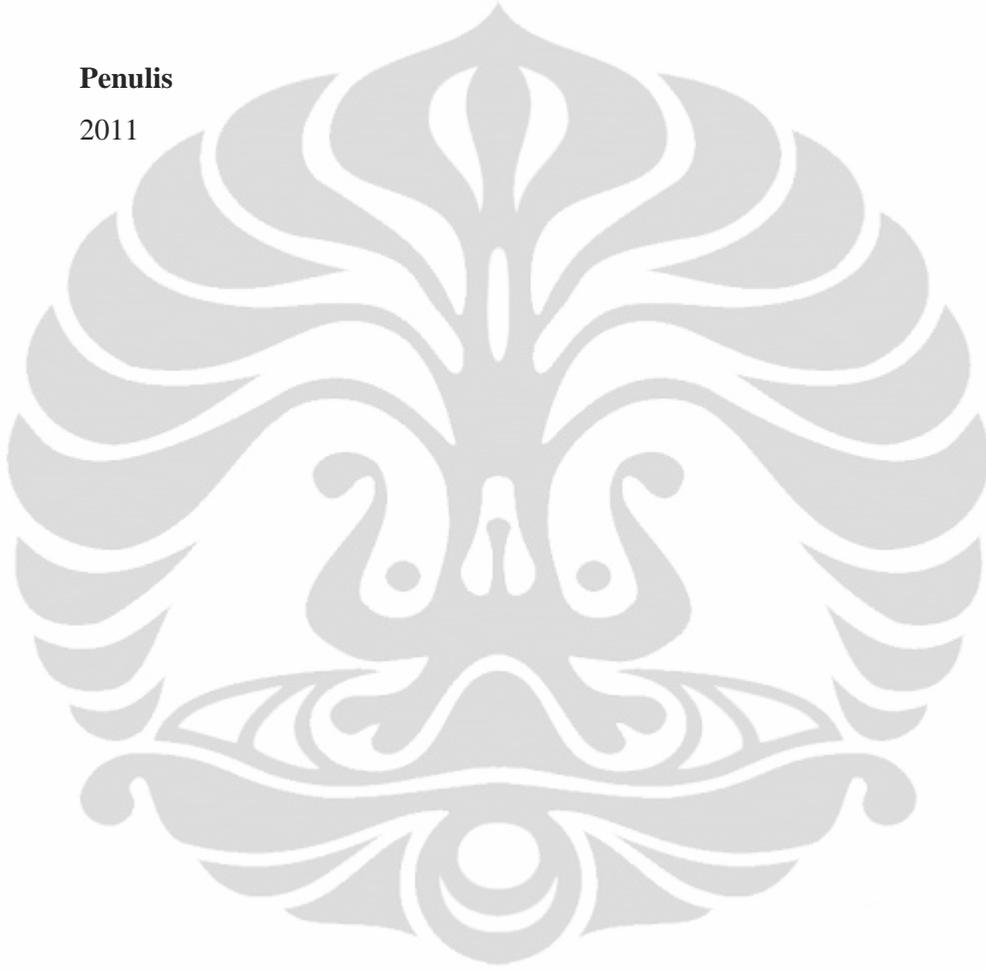
Penulis menyadari bahwa penelitian ini masih jauh dari sempurna karena keterbatasan pengetahuan penulis, maka diharapkan kritik dan saran konstruktif demi perbaikan penulisan hasil penelitian ini. Penulis berharap skripsi ini dapat

diaplikasikan sesuai dengan tujuannya dan bermanfaat bagi perkembangan ilmu di masa mendatang.

Terima kasih.

Penulis

2011



HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Hendya Perbangkara
NPM : 0806365015
Program Studi : Fisika Medis
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis karya : Skripsi

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Estimasi Dosis Radiasi pada Pemeriksaan CT Angiografi Coroner

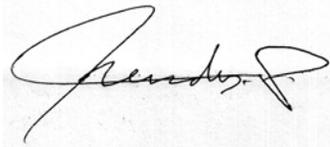
berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian saya buat pernyataan ini dengan sebenarnya.

Di buat di : Depok

Pada tanggal : 14 Juni 2011

Yang menyatakan :



(Hendya Perbangkara)

ABSTRAK

Nama : Hendya Perbangkara
Program Studi : S1 Fisika
Judul : Estimasi Dosis Radiasi pada Pemeriksaan CT Angiografi
Coroner

Perkembangan CT scan generasi *multislice* yang begitu pesat membuat pemeriksaan CT angiografi coroner sering dilaksanakan, akan tetapi pemberian informasi tentang dosis yang di terima pasien masih jarang dilakukan. Sehingga perlu dilakukan estimasi dosis pasien pada pemeriksaan CT angiografi coroner untuk mengetahui nilai dosis yang diterima oleh organ-organ yang sensitif terhadap radiasi seperti esophagus, paru-paru, payudara (pada wanita) dan jantung. Estimasi dosis dilakukan menggunakan program imPACT[®] dengan nilai nCTDI_w didapat dari hasil pengukuran menggunakan *detector pencil ion chamber* menggunakan phantom acrylic 32 cm. Dari hasil estimasi di dapat dosis ekivalen yang diterima jantung 110 mSv – 140 mSv, dosis efektif esophagus (thymus) 2,9 mSv – 5.7 mSv, dosis efektif paru-paru 10 mSv -14 mSv, dosis efektif payudara 10 mSv – 13 mSv dan total dosis efektif berkisar antara 31 mSv – 42 mSv. Mengingat nilai total dosis efektif yang diterima pasien cukup tinggi, maka pasien CT angiografi coroner harus mendapatkan justifikasi yang kuat.

Kata kunci :
Dosis, *multislice*, CT angiografi,

ABSTRACT

Name : Hendya Perbangkara
Program : S1 Fisika
Title : The Estimation of Radiation Dose in Coronary CT Angiography
Examintaion

The Fast development of CT generation makes CT angiography coroner examination more frequence to be done, but the dose information of patient is rarely to be done. So it require to make patient dose estimation on CT angiography coroner examination. In order to know the dose receive by sensitive organ set of oesophagus, lung, brest and heart. Dose estimation is done using imPACT[®] program, using CTDI value obtain measurement using acrylic phantom with 32 cm diameter. From dose calculation the dose equivalent by heart is between 110 mSv - 140 mSv, and effective dose for oesophagus 2.9 mSv – 5.7 mSv, lung 10 mSv – 14 mSv and total effective dose between 31 mSv – 42 mSv. Because effective dose receive by patient is very high, the CT angiography coroner patient must have a very strong justification.

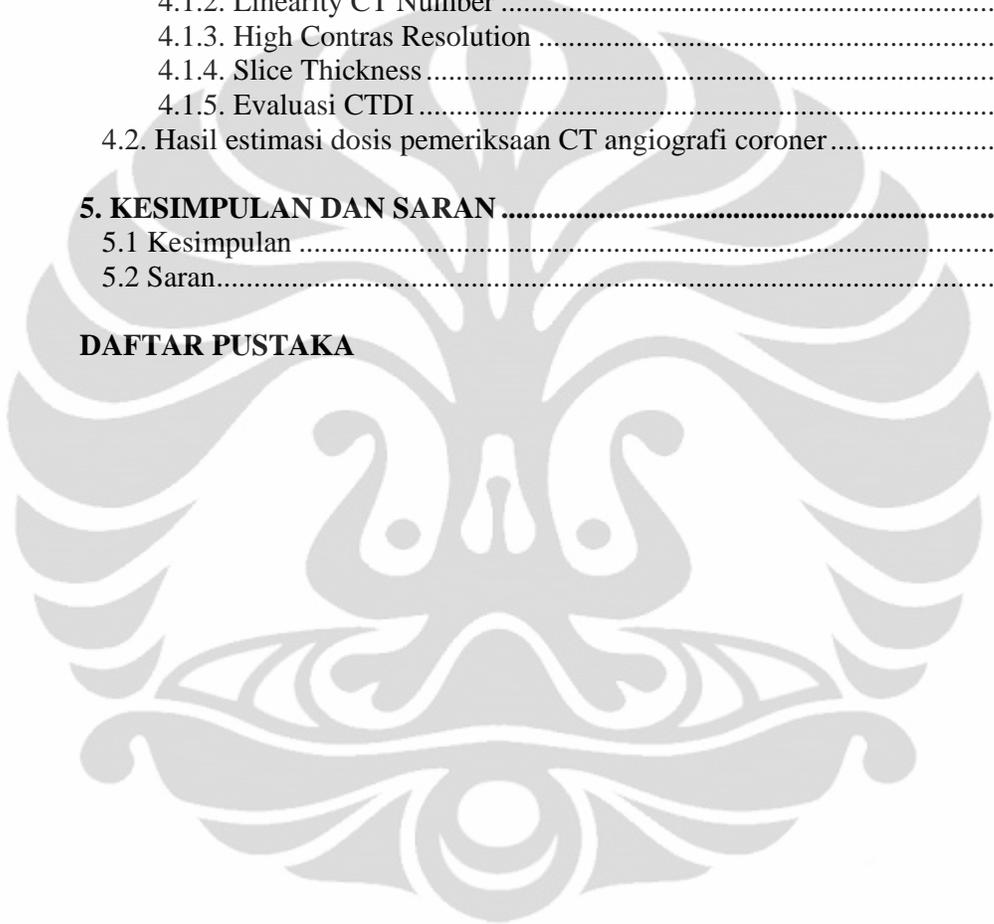
Key word :
Dose, multislice, CT angiophy

DATAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI ILMIAH	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar belakang	1
1.2. perumusan masalah	2
1.3. Tujuan penelitian.....	3
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Metodologi penelitian	3
1.6. sistematika penulisan	4
2. LANDASAN TEORI.....	5
2.1. CT Scan.....	5
2.1.1. Generasi Pertama	6
2.1.2. Generasi Kedua	6
2.1.3. Generasi Ketiga	7
2.1.4. Generasi Keempat.....	8
2.1.5. Generasi Kelima	8
2.1.6. Generasi Keenam.....	9
2.1.7. Generasi Ketujuh	9
2.2. Dosis.....	9
2.2.1. Penyinaran (<i>exposure</i>)	9
2.2.2. Dosis Serap.....	9
2.2.3. Dosis Ekuivalen.....	10
2.2.4. Dosis Efektif.....	10
2.3. Dosis Pada CT Scan	11
2.3.1. <i>Computed Tomography Dose Index</i> (CTDI).....	11
2.3.2. $CTDI_w$	11
2.3.3. $CTDI_{vol}$	12
2.3.4. <i>Dose Length Product</i> (DLP)	12
2.4. DICOM Viewer	12
3. METODE PENELITIAN	14
3.1. Peralatan pengukuran	14
3.2. Uji kesesuaian	14
3.2.1. Kualitas Citra.....	15
3.2.1.1. Rata-rata CT Number dan Uniformity	16
3.2.1.2. Linearity CT Number.....	17

3.2.1.3. High Contrast Resolution.....	18
3.2.1.4. Slice Thickness	20
3.2.2. Evaluasi CTDI	20
3.3. Estimasi dosis pemeriksaan CT angiografi coroner.....	22
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1. Hasil uji kesesuaian.....	23
4.1.1. Rata-rata CT Number dan Uniformity.....	23
4.1.2. Linearity CT Number	26
4.1.3. High Contrast Resolution	27
4.1.4. Slice Thickness	31
4.1.5. Evaluasi CTDI.....	34
4.2. Hasil estimasi dosis pemeriksaan CT angiografi coroner.....	35
5. KESIMPULAN DAN SARAN	40
5.1 Kesimpulan	40
5.2 Saran.....	40

DAFTAR PUSTAKA

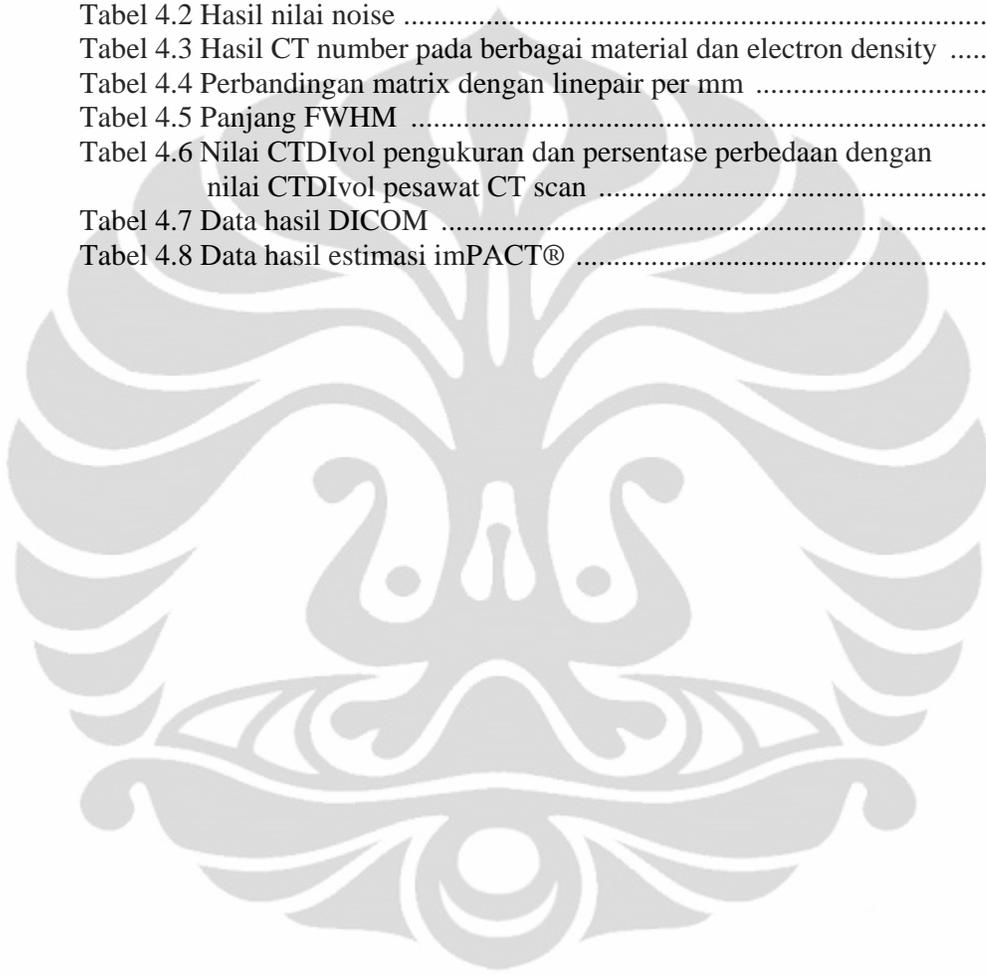


DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Hasil gambaran <i>axial</i> CT scan SIRETON	5
Gambar 2.2 CT scan generasi pertama	6
Gambar 2.3 CT scan generasi kedua	7
Gambar 2.4 CT scan generasi ketiga	7
Gambar 2.5 CT scan generasi keempat	8
Gambar 2.6 CT scan generasi kelima	8
Gambar 2.7 Tampilan program ImageJ	13
Gambar 3.1 Exradin A101 detektor pencil ion chamber	14
Gambar 3.2 Phantom catphan	15
Gambar 3.3 Ilustrasi potongan catphan untuk uji uniformity	17
Gambar 3.4 Ilustrasi potongan catphan untuk uji linearity	17
Gambar 3.5 Ilustrasi potongan catphan untuk uji high kontras pasangan garis	19
Gambar 3.6 Ilustrasi potongan catphan untuk uji high kontras titik bead	19
Gambar 3.7 Ilustrasi potongan catphan untuk penentuan slice thickness	20
Gambar 3.8 Phantom CTDI	21
Gambar 4.1 Hasil uji CT number	24
Gambar 4.2 Hasil linearity CT number	26
Gambar 4.3 Grafik hubungan CT number dan densitas elektron	27
Gambar 4.4 Hasil high kontras resolution pasangan garis	27
Gambar 4.5 Grafik 0.5 lp / mm	28
Gambar 4.6 Grafik 0.6 lp / mm	28
Gambar 4.7 Grafik 0.7 lp / mm	29
Gambar 4.8 Hasil high kontras resolution titik bead	29
Gambar 4.9 Grafik MTF bead point	30
Gambar 4.10 Hasil uji slice thickness	31
Gambar 4.11 Grafik FWHM posisi jam 12	32
Gambar 4.12 Grafik FWHM posisi jam 3	32
Gambar 4.13 Grafik FWHM posisi jam 6	33
Gambar 4.14 grafik FWHM posisi jam 9	33
Gambar 4.15 Grafik antara CTDI _{vol} pengukuran dan CTDI _{vol} pada alat	35
Gambar 4.16 Tampilan impACT [®]	37
Gambar 4.17 Grafik hubungan pitch dengan CTDI _{vol}	38
Gambar 4.18 Grafik hubungan panjang scan dengan total dosis efektif	39

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Nilai standar Australia barat	15
Tabel 3.2 Nilai electron density dan CT number	18
Tabel 3.3 Nilai standar high kontras resolution	19
Tabel 4.1 Hasil CT number pada air dan standar deviasi	24
Tabel 4.2 Hasil nilai noise	25
Tabel 4.3 Hasil CT number pada berbagai material dan electron density	26
Tabel 4.4 Perbandingan matrix dengan linepair per mm	30
Tabel 4.5 Panjang FWHM	33
Tabel 4.6 Nilai CTDIvol pengukuran dan persentase perbedaan dengan nilai CTDIvol pesawat CT scan	34
Tabel 4.7 Data hasil DICOM	35
Tabel 4.8 Data hasil estimasi imPACT®	36



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Jantung merupakan organ terpenting dalam tubuh manusia, disebut sebagai organ yang terpenting karena fungsinya sebagai tempat sirkulasi atau pertukaran darah dan juga sekaligus memompa darah ke seluruh tubuh. Jantung bergerak terus menerus selama manusia hidup tanpa henti tidak terkecuali saat manusia itu tertidur, disinilah peran dari otot jantung yang bekerja menggerakkan jantung, sebagai mana otot-otot lainnya di tubuh otot jantung juga membutuhkan suplai darah, suplai darah ke jantung diantarkan melalui pembuluh darah coroner. jika pembuluh darah ini terganggu maka suplai darah juga akan terganggu hal ini akan berakibat terhadap sirkulasi darah di tubuh. Terganggunya pembuluh darah coroner ini yang sering disebut penyakit jantung coroner.

Penyakit jantung coroner sampai saat ini masih menjadi penyebab kematian yang serius. Data statistik yang dikeluarkan oleh situs www.imaginis.com menyebutkan sekitar 12.800.000 orang Amerika menderita *coronary artery disease* (CAD) atau penyakit jantung coroner dan hampir 500.000 orang Amerika meninggal akibat serangan jantung yang disebabkan oleh penyakit jantung coroner. Oleh karena itu diagnosa dini merupakan salah satu tindakan yang dilakukan untuk mengetahui lebih awal dan bagaimana penanggulangannya. Awalnya penggunaan prosedur invasive menggunakan fasilitas kateterisasi merupakan pilihan yang dilakukan dalam mendiagnosa tetapi dengan resiko dari prosedur invasive cukup tinggi maka CT angiografi coroner bisa menjadi alternative sebagai pendeteksi dini penyakit jantung coroner non invasive.

Dengan perkembangan CT Scan generasi *multislice* yang begitu cepat khususnya dengan di perkenalkannya 64 *slice*, membuat pemeriksaan CT angiografi coroner semakin sering dilaksanakan untuk mendiagnosa pembuluh darah coroner. Pemeriksaan ini digunakan sebagai modalitas non invasive untuk mendiagnosa *coronary artery disease* (CAD) dengan hasil yang cukup akurat.

Meskipun memiliki keunggulan berupa diagnosa *non invasive*, dosis radiasi CT angiografi coroner menjadi topik yang sering dibicarakan di beberapa jurnal, dosis radiasi yang besar dapat menyebabkan meningkatnya resiko timbulnya kanker di tambah lagi dalam pemeriksaan CT angiografi coroner banyak organ-organ sensitive terhadap radiasi (organ beresiko) yang terpapar radiasi contohnya mammae pada wanita, paru-paru, thymus dan jantung itu sendiri.

Dalam praktek sehari-hari beberapa dokter masih kurang familiar dengan besarnya dosis radiasi yang di berikan oleh CT angiografi coroner dan faktor-faktor yang menyumbangkan dosis radiasi tersebut. Semestinya keuntungan dari penggunaan CT angiografi coroner dalam hasil diagnosa harus seimbang dengan informasi tentang seberapa besar dosis radiasi yang diberikan serta risikonya terhadap organ-organ yang terpapar.

Meskipun pada alat CT scan menyediakan menu untuk menampilkan besar dosis tetapi untuk mengetahui keakuratan dari data yang di berikan maka perlu dikakukan evaluasi dan untuk mengetahui nilai dosis radiasi yang di terima organ diperlukan estimasi dosis radiasi. Estimasi besarnya dosis radiasi dilakukan dengan pengukuran menggunakan detektor *pencil ionchamber* yang diletakan dalam phantom *Computed Tomography Dose Index (CTDI)* yang memberikan hasil berupa nilai CTDI, nilai yang dihasilkan tersebut kemudian dibandingkan dengan nilai yang tertera pada consol CT scan, dan untuk mengetahui estimasi nilai dosis yang diterima organ yang terpapar di gunakan program *imPACT[®]*, dari hasil *imPACT[®]* maka dapat di analisa factor apa saja yang mempengaruhi besar dosis yang di berikan.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui factor apa yang mempengaruhi dosis pada pemeriksaan CT angiografi coroner.

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi nilai dosis radiasi pada pemeriksaan CT angiografi coroner dan menganalisa faktor yang menyebabkan besarnya nilai dosis yang di terima organ-organ yang terpapar radiasi.

1.4. Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi sesuai dengan judul yaitu “ Estimasi dosis pemeriksaan CT angiografi coroner “ dan difokuskan selain mengetahui nilai dosis yang di terima pasien juga faktor apa saja yang mempengaruhi nilai dosis tersebut.

1.5. Metodologi Penelitian

Tahap pertama yang dilakukan dalam penelitian ini ialah uji kesesuaian pesawat CT scan. Uji ini dilakukan untuk memastikan pesawat dalam kondisi prima, baik dari segi kualitas citra maupun output radiasi. Untuk uji kualitas citra, digunakan Phantom Catphan, sedangkan untuk pengukuran output radiasi digunakan phantom CTDI (silinder berbahan akrilik dengan diameter 32 cm untuk pengukuran badan dan 16 cm untuk pengukuran kepala) dan detektor *pencil ion chamber* dengan panjang aktif 10 cm. Uji kesesuaian dilakukan berdasarkan standar australia barat dan *British Columbia CDC*.

Tahap selanjutnya adalah mengumpulkan data DICOM pasien sebanyak 15 data untuk melihat nilai mAs, *Picth*, *rotation time*, CTDIvol dan *Dose Length Product* (DLP). Kemudian dengan data tersebut akan di dapatkan nilai dosis efektif organ-organ yang terpapar radiasi menggunakan program imPACT®. Kemudian dari hasil tersebut akan di analisa pengaruh mAs dan *pitch* terhadap nilai dosis yang diberikan kepada pasien.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan Skripsi ini terdiri dari bab-bab yang memuat beberapa sub-bab. Unrtuk memudahkan pembacaan dan pemahaman maka Skripsi ini dibagi menjadi beberapa bab yaitu:

- BAB I Pendahuluan, berisi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, metode penulisan dan sistematika penulisan dari skripsi ini.
- BAB II Teori dasar, berisi landasan-landasan teori sebagai hasil dari studi literatur yang berhubungan dengan pengukuran dosis coronaCT angiografi coroner

- BAB III Metode penelitian menjelaskan langkah-langkah dan prosedur dari penelitian ini
- BAB IV Hasil dan Pembahasan menjelaskan tentang hasil pengukuran data serta analisis dari data tersebut.
- BAB V Penutup yang berisi kesimpulan dan saran-saran dari hasil pembahasan yang telah diuraikan.



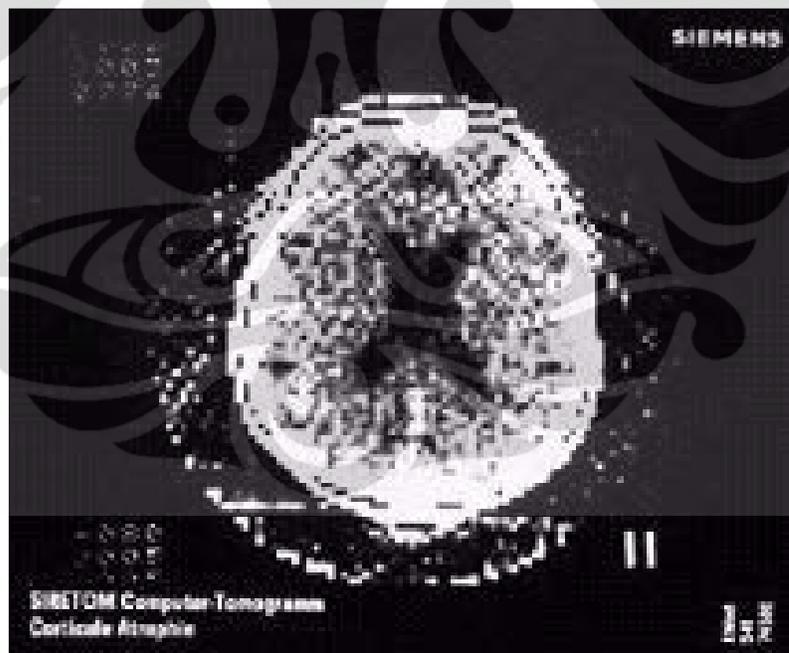
BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1. CT Scan

CT scan pertama kali ditemukan oleh Sir Godfrey Newbold Hounsfield seorang ilmuwan dari Inggris Tahun 1972, prototipe CT scan yang pertama, yang dipasang di Atkinson Morley's Hospitals di London.

Sejarah perkembangan CT berlanjut pada tahun 1974 SIEMENS memperkenalkan CT scan yang kemudian dipasarkan secara luas dengan nama SIRETOM dengan waktu akuisisi 7 menit dengan matrix 80 x 80 pixel, luas lapangan 25 cm dengan resolusi spasial 1.3 mm (4 LP/cm).



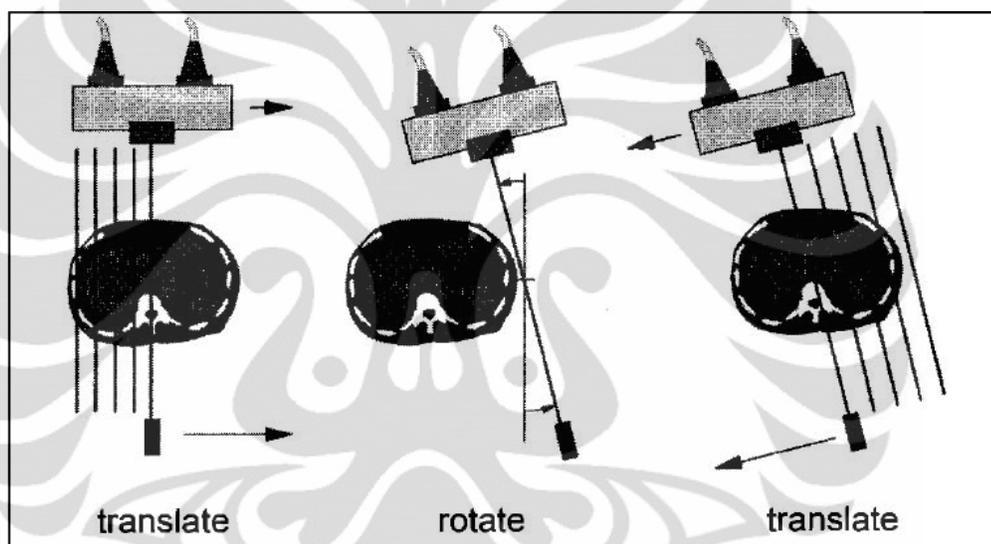
[Sumber : <http://www.imaginis.com/ct-scan/brief-history-of-ct>]

Gambar 2.1. Hasil gambaran *axial* CT Scan SIRETOM

2.1.1. Generasi Pertama

Generasi pertama CT scan ini menggunakan *single tube* yang menghasilkan berkas pencil yang kecil dengan lebar beberapa milimeter. *Tube* dan detektor dipasang dengan arah berlawanan pada satu *gantry* dan berkas sinar mengarah langsung ke detector.

Proses scan dilakukan dengan mengerjakan *tube* ke samping ke seluruh daerah kepala kemudian *gantry* berputar 1° dan proses tersebut berulang sebanyak 180 kali. Proses scan untuk satu *slice* adalah sekitar 5 menit.

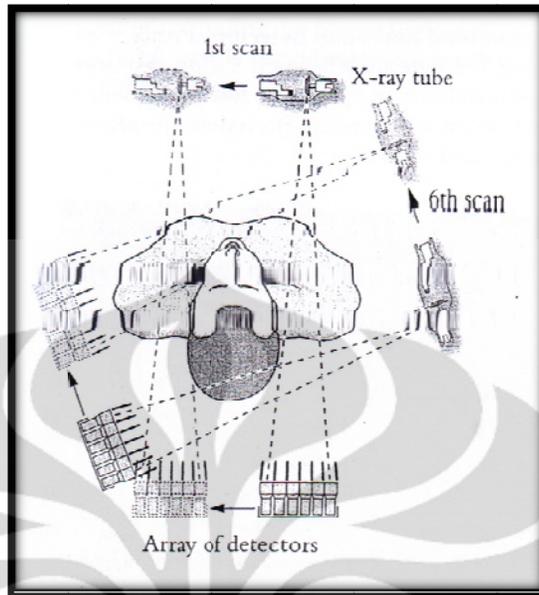


[Sumber : Bushberg : 2002]

Gambar 2.2. CT scan generasi pertama

2.1.2. Generasi Kedua

Pada generasi ini yang berbeda dari generasi sebelumnya adalah *tube* menggunakan berkas sinar kipas, karena berkas sinar kipas mencakup bagian kepala lebih luas sehingga perputaran *gantry* bisa lebih besar yaitu $10^\circ - 30^\circ$ sehingga waktu yang di butuhkan pun berkurang sekitar 15 detik.

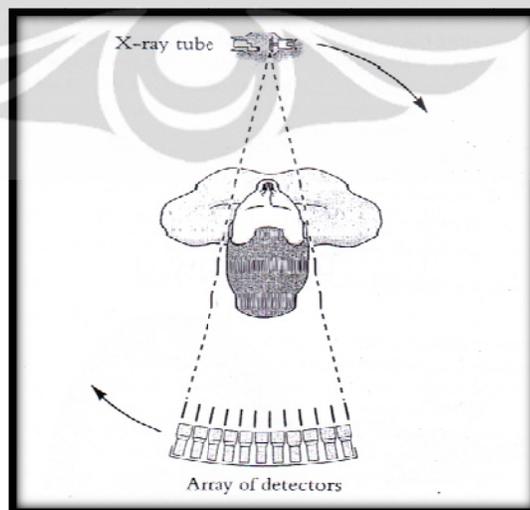


[Sumber : Wolbast : 2004]

Gambar 2.3. CT scan generasi kedua

2.1.3. Generasi Ketiga

Generasi ketiga ini dikenalkan pada tahun 1976, sejak di kenalkan generasi ini telah mengurangi gerak linier dengan berkas sinar kipas yang cukup lebar untuk menangkap gambaran objek yang diperiksa. *Tube* dan detektor bergerak 360° mengelilingi objek sehingga mengurangi waktu pemeriksaan.

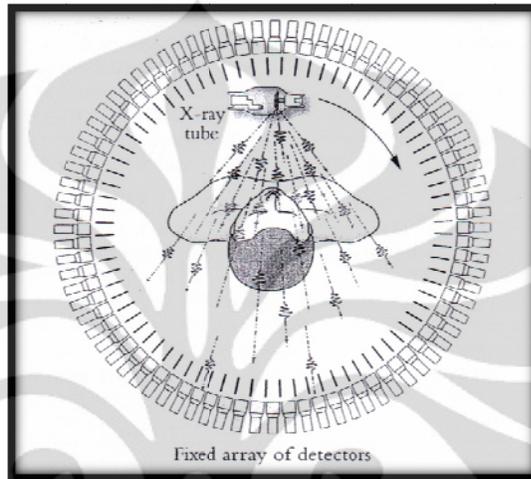


[Sumber : Wolbast : 2004]

Gambar 2.4. CT scan generasi ketiga

2.1.4. Generasi Keempat

Generasi ini hampir sama seperti generasi ketiga tetapi detektornya tetap tidak bergerak hanya *tube* yang berputar mengelilingi pasien.

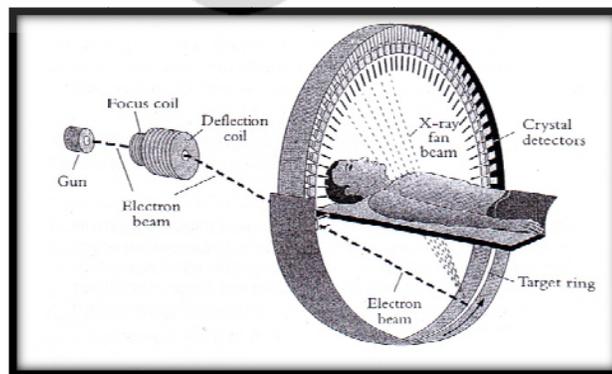


[Sumber : Wolbast : 2004]

Gambar 2.5. CT scan generasi keempat

2.1.5. Generasi Kelima

Tidak menggunakan *tube* adalah perbedaan yang mencolok pada generasi ini. Pada generasi ini sinar x di hasilkan dari electron yang menumbuk tungsten yang berbentuk curva. Sinar x bergerak mengikuti kurva tungsten 180° dan detector yang fix menangkap berkas sinar tersebut.



[Sumber : Wolbast : 2004]

Gambar 2.6. CT scan generasi kelima

2.1.6. Generasi Keenam

Generasi ini di sebut sebagai *helical scan*. Karena bentuk lintasan saat melakukan scan seperti spiral. *Helical* merupakan pengembangan dari generasi ketiga. Karena saat melakukan scan sinar x beroperasi terus menerus sehingga kapasitas panas *tube* dari *helical scan* lebih besar. Secara keseluruhan *helical scan* memberikan keuntungan dengan 1 detik 1 putaran membuat pemeriksaan lebih cepat.

2.1.7. Generasi Ketujuh

Generasi ini merupakan pengembangan dari generasi sebelumnya yaitu *helical CT scan*. Generasi ke tujuh ini biasa di sebut *multirow* atau *multislice*, pada *multislice* dapat beroperasi sebagai axial maupun *helical*, *helical* pada *single slice* menggunakan *single ring detector* tetapi pada *multislice single ring* diganti dengan 4,8,16,32, bahkan 64 paralel *ring detector*.

2.2. Dosis

2.2.1. Penyinaran (*exposure*)

Besaran penyinaran (*exposure*) didefinisikan sebagai kemampuan radiasi sinar X untuk menimbulkan ionisasi di udara. (Cunninghum : 1983)

$$X = \frac{dQ}{dm} \quad (2.1)$$

dengan :

X = penyinaran ($C.kg^{-1}$)

dQ = jumlah muatan pasangan ion dalam suatu volume (C)

dm = jumlah massa dalam suatu volume (kg)

Pada umumnya eksposure menggunakan satuan Roentgen. (R) ($1 R = 2,58 \times 10^{-4} C/Kg$)

2.2.2. Dosis Serap

Dosis serap didefinisikan sebagai energi rata-rata yang diserap bahan persatuan massa bahan, (Cunninghum : 1983)

$$D = \frac{dE}{dm} \quad (2.2)$$

dengan :

D = dosis serap (J.kg^{-1}).

dE = energi (Joule).

dm = massa dalam suatu volume (kg)

Satuan dosis serap dalam SI adalah Gy (gray), tetapi masih ada juga yang menggunakan Rad ($1 \text{ Gy} = 100 \text{ Rad}$)

2.2.3. Dosis Ekivalen

Dosis serap lebih banyak digunakan atau berkaitan dengan pengaruh radiasi terhadap manusia. (Cunninghum : 1983)

$$H = D Q N \quad (2.3)$$

dengan :

H = dosis ekivalen (J.kg^{-1})

D = dosis serap (J.kg^{-1}).

Q = faktor bobot radiasi

N = faktor modifikasi

Satuan yang sering digunakan untuk dosis ekivalen adalah Rem dan satuan SI adalah Sievert ($1 \text{ Sv} = 1 \text{ J.Kg}^{-1} \times Q$).

2.2.4. Dosis Efektif

Diasumsikan sebagai probabilitas efek stokastik dalam jaringan yang sebanding dengan dosis ekivalen pada jaringan. Namun karena sensitivitas jaringan yang berbeda-beda sehingga faktor nilai sebanding pun berbeda beda tiap jaringan yang biasa di sebut factor bobot jaringan. (BATAN : 2009)

$$E = H \times \omega_t \quad (2.4)$$

Dengan :

E = dosis efektif (J.kg^{-1})

H = dosis ekivalen (J.kg^{-1})

ω_t = factor bobot jaringan

2.3. Dosis Pada CT Scan

2.3.1. *Computed Tomography Dose Index (CTDI)*

CT dose index pertama kali diperkenalkan pada era CT scanner single-slice dan itu didefinisikan sebagai integral dari profil dosis $D(z)$ dari sumbu tunggal scan sepanjang garis tegak lurus terhadap bidang tomografi (z-axis) dibagi dengan produk dari irisan nominal Ketebalan (T) :

$$CTDI = \frac{1}{T} \int_{-\infty}^{+\infty} D(z) dz \quad (2.5)$$

Untuk kasus CT scanner Multislice dimana N irisan T ketebalan yang diperoleh selama single axial scan, dua definisi CTDI diperkenalkan:

$$CTDI_{FDA} = \frac{1}{NT} \int_{-7}^{+7} D(z) dz \quad (2.6)$$

dan

$$CTDI_{100} = \frac{1}{NT} \int_{-50mm}^{+50mm} D(z) dz \quad (2.7)$$

Dari kedua model tersebut yang paling sering di gunakan adalah CTDI100, yang diukur dengan menggunakan detector *pencil ion chamber* dengan panjang aktif detector 100mm, pengukuran dilakukan pada udara dan dalam phantom selinder (PMMA) dengan diameter 16 cm dan 32 cm. CTDI100 diposisikan di udara bebas di pusat rotasi disebut sebagai CTDI_{air}. sedangkan CTDI_c dan CTDI_p masing-masing didefinisikan sebagai CTDI100 diukur dengan ionisasi chamber di pusat dan empat posisi jam 12, 3, 6, 9 pada phantom. (Tsalafoutas : 2011)

2.3.2. CTDI_w

CTDI_w digunakan untuk mendekati dosis rata-rata pada single slice dan didefinisikan oleh persamaan berikut

$$CTDI_w = \frac{1}{3} CTDI_c + \frac{2}{3} CTDI_p \quad (2.8)$$

Dimana CTDI_p adalah rata-rata pengukuran pada *perifer*. (Tsalafoutas : 2011)

2.3.3. CTDI_{vol}

CTDI_{vol} digunakan untuk pengukuran pada helical scanning. Dan di definisikan sebagai berikut:

$$CTDI_{vol} = CTDI_w \frac{NT}{I} = \frac{CTDI_w}{Pitch} \quad (2.9)$$

Dimana NT adalah total kolimasi dan I pergerakan meja selama helical scan (faktor $pitch = \frac{I}{NT}$). (Tsalafoutas : 2011)

2.3.4. Dose Length Product (DLP)

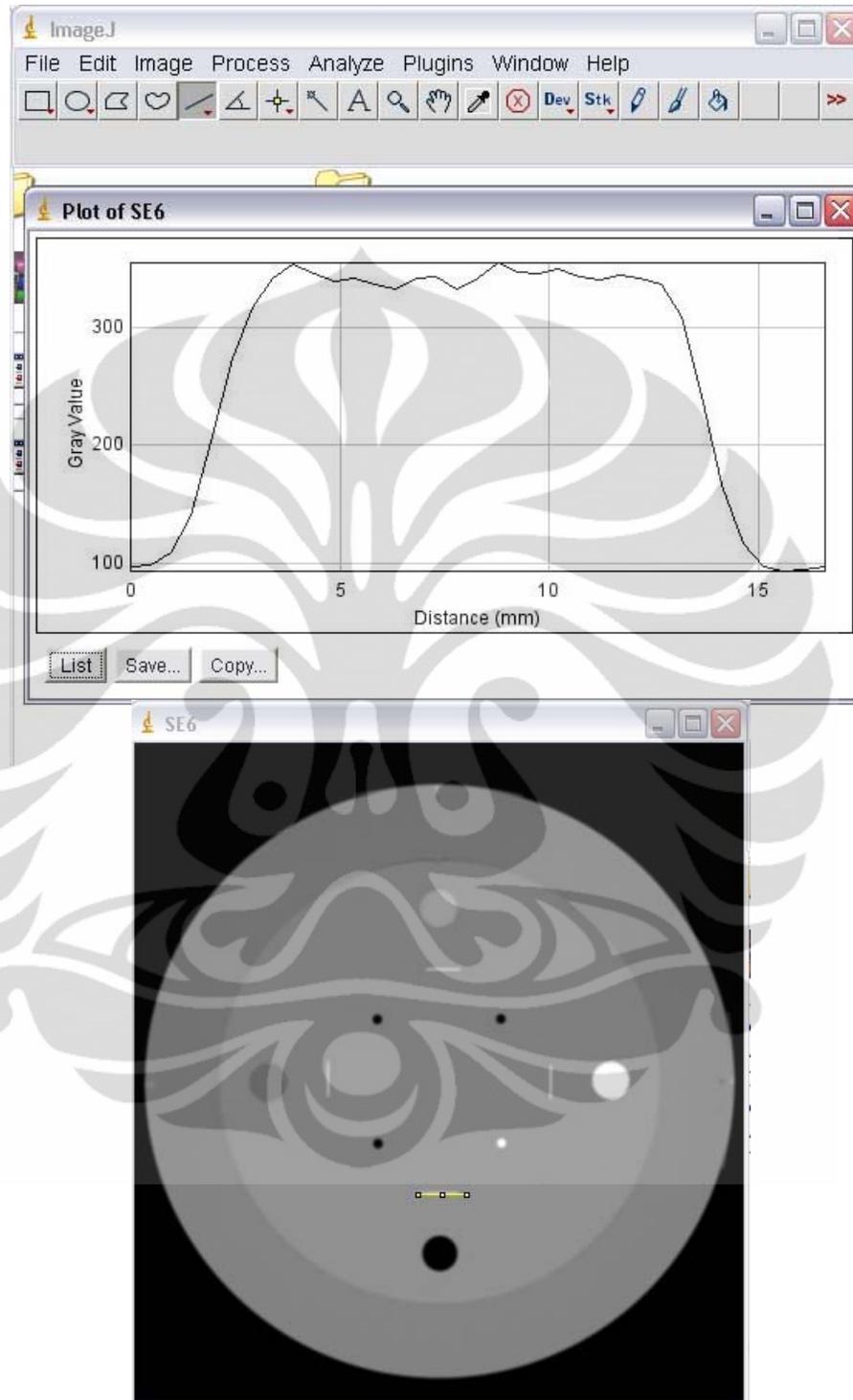
DLP digunakan untuk menghitung dosis pemeriksaan lengkap atau keseluruhan sepanjang bagian yang di scan. (Tsalafoutas : 2011) DLP didefinisikan oleh persamaan berikut:

$$DLP = \sum_{i=1}^N (CTDI_{vol}) L_i \quad (2.10)$$

2.4. DICOM Viewer

DICOM *Viewer* yang digunakan adalah ImageJ (<http://rsbweb.nih.gov/ij/docs/intro.html>), imageJ adalah pengolah gambar berbasis JAVA yang dapat diunduh secara bebas, ImageJ dapat dijalankan pada mesin berbasis Windows[®], Mac OS[®], Mac OS X[®] dan Linux.

ImageJ dapat menampilkan, mengedit, menganalisa, memproses, menyimpan dan mencetak gambar 8-bit, 16-bit dan 32-bit. Selain membaca format DICOM ImageJ juga dapat membaca format gambar TIFF, GIF, JPEG, BMP, FITS dan "RAW". Beberapa operasi lainnya yang dapat dilakukan ImageJ adalah menghitung luas dan statistik nilai pixel dari pilihan yang ditetapkan pengguna, dapat mengukur jarak dan sudut, dapat menentukan kepadatan histogram dan garis plot profil. Serta mendukung fungsi-fungsi pengolahan citra standar seperti manipulasi, smoothing dan lainnya.



Gambar 2.7. Tampilan program ImageJ

BAB 3

METODE PENELITIAN

Dalam pengerjaannya penelitian ini melalui dua tahapan yaitu yang pertama Uji kesesuaian dilakukan berdasarkan standar australia barat dan *British Columbia CDC*. Tahap selanjutnya adalah estimasi dosis radiasi dengan menggunakan program imPACT® (<http://www.impactscan.org/ctdosimetry.htm>) sesuai dengan data DICOM pemeriksaan pasien CT angiografi coroner dan data hasil pengukuran pada kolimasi 40mm.

3.1. Peralatan Pengukuran

Pesawat CT scan yang digunakan adalah *GE lightspeed 64 slice VCT*, dengan jarak sumber ke detector adalah 94,4 cm. untuk uji kualitas citra menggunakan Catphan, sedangkan detektor *pencil ion chamber* yang digunakan yaitu Exradin A101 S/N XAD073331, factor kalibrasi 1.739×10^6 Gy/C (2010, Naingolan A), ketidakpastian $\pm 5\%$ dan elektrometer yang digunakan adalah *PC electrometer* dari Sun Nuclear.



[Sumber : www.standarimage.com]

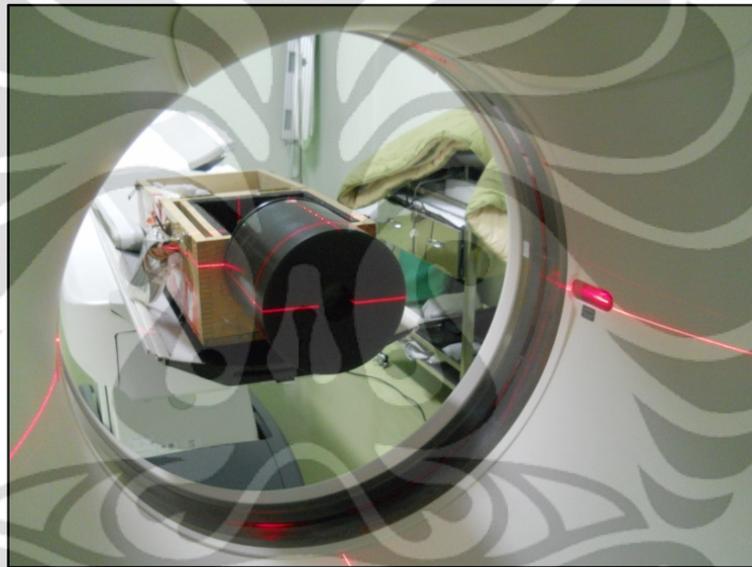
Gambar 3.1. Exradin A101 detektor *pencil ion chamber*

3.2. Uji Kesesuaian

Uji kesesuaian ini dilakukan untuk mengetahui kondisi alat pada saat sebelum dilakukan penelitian. Kualitas citra dan evaluasi nilai CTDI merupakan yang harus di lakukan dalam uji kesesuaian ini.

3.2.1. Kualitas Citra

Pada penggunaan sehari-hari kualitas citra pada hasil gambaran CT scan sangatlah penting karena berpengaruh terhadap diagnosa seorang dokter terhadap pasiennya, oleh karena itu penanggung jawab dari penggunaan CT scan ini harus memastikan apakah kualitas citra alatnya sesuai standar. Untuk mengetahui kualitas citra dari alat CT scan maka dilakukanlah uji kesesuaian citra yang dilakukan menggunakan catphan dan hasilnya akan di bandingkan dengan standart penilaian Australia barat dan *British Columbia CDC*.



Gambar 3.2. Phantom catphan

Table 3.1. Nilai standar dari Australia barat

Parameter	Standar / batas toleransi
<i>Image Noise</i>	Max noise – min noise ≤ 2 CT
<i>CT Values</i>	Koefisien korelasi > 0.990
<i>CT number Uniformity</i>	Tengah ± 4 CT number dari 0 Di sekitar tengah ± 2 CT dari tengah
<i>Image slice thickness</i>	± 0.5 mm

Dalam uji kesesuaian citra yang akan di amati antara lain adalah rata-rata *CT number* dan *Unforformity*, *linierity* dari *CT number*, *high kontras* dan *slice thickness*. Dalam melakukan uji kesesuaian citra pertama yang dilakukan adalah meletakah catphan pada posisi di tengah *gantry*, Sedangkan untuk menganalisa hasil gambar digunakan program ImageJ.

3.2.1.1. Rata-rata *CT Number* dan *Uniformity*

Uji ini bertujuan untuk mengetahui rata-rata *CT number* pada air dan uniformitynya serta sekaligus mengetahui *noise* pada gambaran. setelah dilakukan scan maka gambaran siap dianalisa. Dengan menilih *Region of Interest (ROI)* pada tengah dan 4 yang lainnya di sekeliling yaitu pada posisi jam 12, 3, 6, 9. dari hasil gambaran scan nilai dari ke lima ROI di sebut rata-rata *CT number* dan *uniformity*. standar nilai *CT number* pada tengah phantom penyimpangannya ± 4 CTnumber dari nilai 0 dan untuk nilai *CT number* pada arah jam 12, 3, 6, 9 penyimpangannya ± 2 dari nilai *CT number* di tengah. Sedangkan untuk mengetahui nilai *noise* kondisi saat *scanning* di bandingkan dengan kondisi scan standar yaitu 120 kV 300mAs 8mm slice width dengan menggunakan rumus (Catphan Manual : 2005)

$$\sigma_s = \sigma_m \frac{kV_m}{120} \sqrt{\frac{mAs_m \times slice\ width_m}{300 \times 8}} \quad (3.1)$$

Dimana :

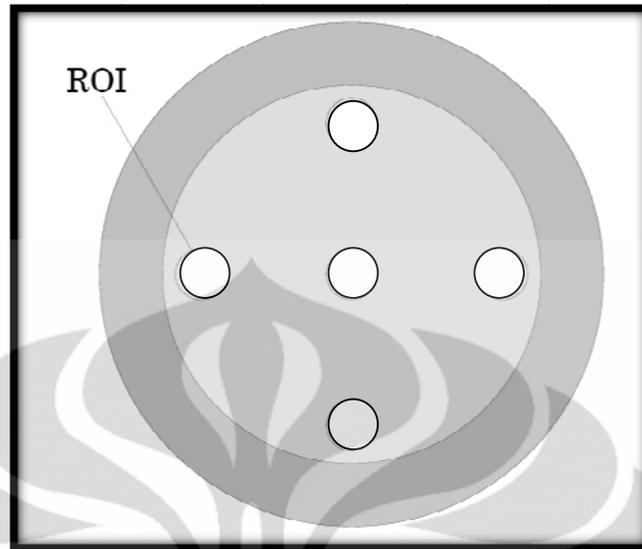
$\sigma_s = noise$

$\sigma_m =$ standar deviasi

$kV_m =$ nilai kV saat melakukan scan pada phantom

$mAs_m =$ nilai mAs saat melakukan scan pada phantom

$slice\ width_m = slice\ width$ saat melakukan scan pada phantom

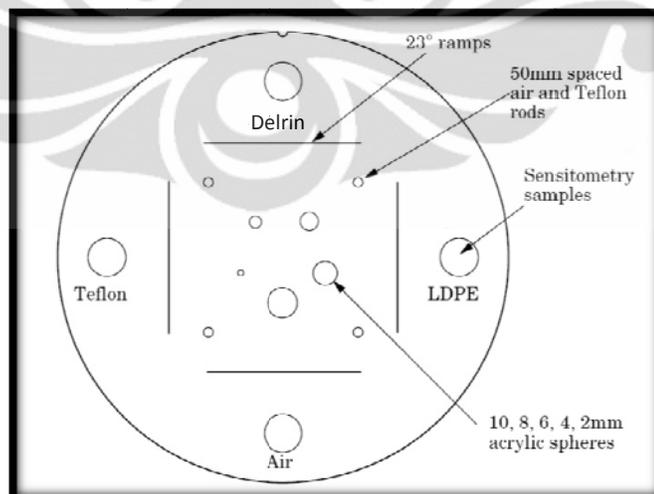


[Sumber : Catphan Manual : 2005]

Gambar 3.3. Ilustrasi potongan catphan untuk uji uniformity

3.1.1.2. Linearity CT Number

Tujuan dari uji ini adalah melihat linearity dari *CT number* dengan membandingkannya dengan densitas elektron dari masing-masing material yang ada di dalam catphan. Material yang di dalamnya adalah udara, teflon, delrin dan *low density polyethylene* (LDPE).



[Sumber : Catphan Manual : 2005]

Gambar 3.4. Ilustrasi potongan catphan untuk uji linearity

Dari hasil citra DICOM kemudian dilakukan pemilihan ROI di setiap gambaran material yang ada dengan diameter ± 20 mm dan catat nilai rata-ratanya. Nilai *CT number* dari setiap material akan dibandingkan dengan nilai *CT number* referensi selain itu juga nilai *CT number* harus memiliki hubungan yang linier dengan nilai densitas elektron-nya. Berikut ini nilai densitas elektron berdasarkan buku manual catphan

Tabel 3.2. Nilai densitas elektron dan *CT number*

[Sumber : Catphan Manual : 2005]

Material	Densitas elektron (electron.m ⁻³ x10 ²³)	<i>CT number</i>
Udara	4	-1000
LDPE	3180	-100
Delrin	4560	340
Teflon	6220	990

Perhitungan dilakukan dengan cara membuat grafik antara *CT number* pada sumbu y dan densitas elektron pada sumbu x, kemudian buat garis linear dan persamaannya. Batas Nilai *correlation coefficient* (R^2) ≥ 0.99

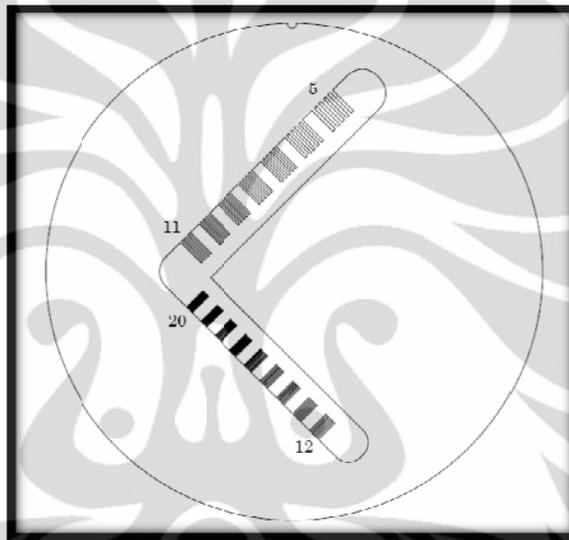
3.1.1.3. High Contrast Resolution

Uji ini Untuk melihat kemampuan resolusi kontras pada pesawat CT scan. hasil gambarannya berupa pasangan garis yang terdiri dari 5 sampai 20 pasangan garis per cm. garis-garis yang masih terlihat menentukan nilai resolusi dari pesawat CT scan. Selain dengan melihat pasangan garis uji ini juga dapat dianalisa dengan gambaran titik bead pada catphan, titik tersebut dilakukan plotting profil dengan menggunakan ImageJ kemudian di tentukan *point spread function* (PSF) dan *line spread function* (LSF), untuk membuat kurva MTF dilakukan dengan transformasi fourier terhadap LSF.

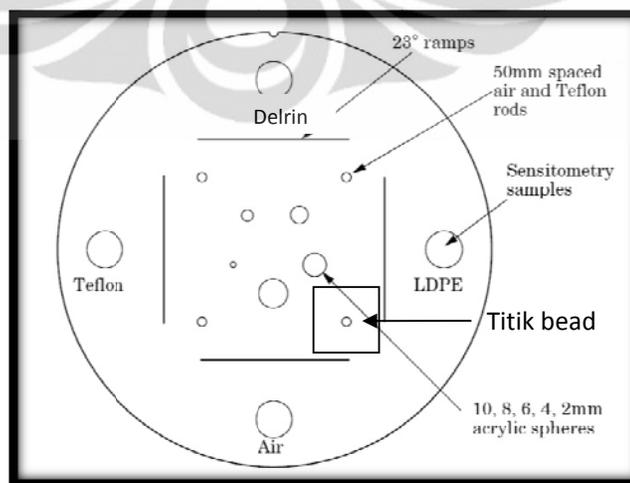
Tabel 3.3. Nilai standar *High contrast resolution*

[Sumber : Buku manual Catphan]

Reconstruction matrix	MTF cut-off mm^{-1}
256	≥ 0.5
512	≥ 1.0
1024	≥ 2.0



[Sumber : Catphan Manual : 2005]

Gambar 3.5. Ilustrasi potongan catphan untuk uji *high contrast* pasangan garis

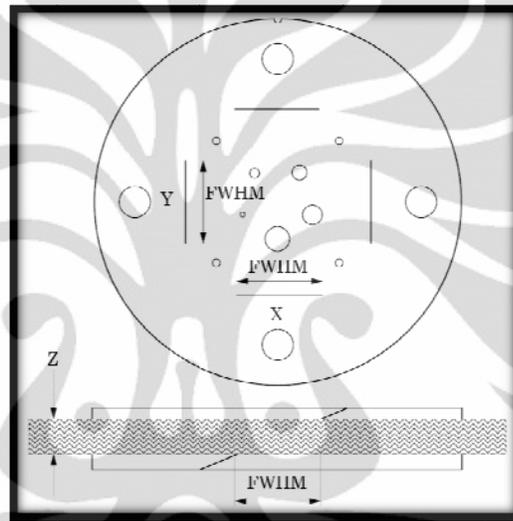
[Sumber : Catphan Manual : 2005]

Gambar 3.6. Ilustrasi potongan catphan untuk uji *high contrast* titik bead

3.1.1.4. Slice Thickness

Tujuan dari uji ini yaitu untuk mengevaluasi *slice width* (Z mm), dari hasil gambaran yang di peroleh cara mengevaluasinya adalah dengan mengukur panjang *Full Width at Half Maximum* (FWHM) dari keempat garis yang ada pada gambar kemudian di rata-ratakan dan dikalikan dengan 0,42.

(3.2)

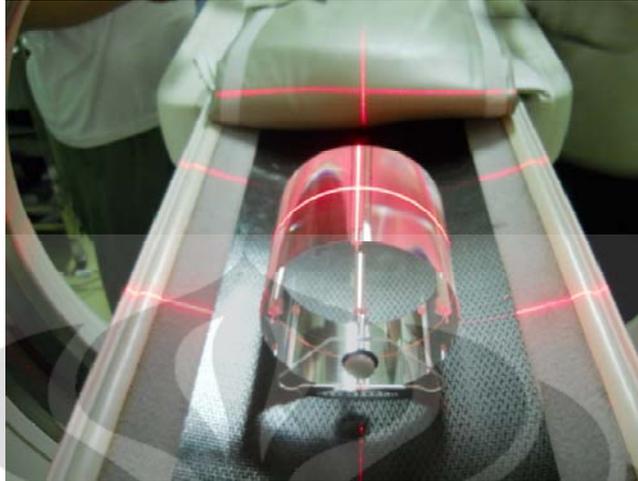


[Sumber : Catphan Manual : 2005]

Gambar 3.7. Ilustrasi potongan catphan untuk penentuan nilai *slice thickness*

3.1.2. Evaluasi CTDI

Pada alat CTscan generasi *multislice* telah dilengkapi dengan data dosis yang diberikan selama pemeriksaan. Untuk mengetahui keakuratan dari data yang diberikan maka dilakukan evaluasi terhadap data yang diberikan oleh pesawat CT scan tersebut yaitu dengan melakukan pengukuran CTDI. Pengukuran menggunakan detector *pencil ion chamber* Exradin A101 beserta electrometer *PCelectrometer* dari Sun nuclear dan phantom CTDI dengan ukuran 32 cm untuk mengukur data dosis pada pemeriksaan bagian badan. Pengukuran menggunakan phantom CTDI 32 cm karena yang ingin di estimasi adalah organ jantung dan berada organ pada daerah paru-paru.



Gambar 3.8. Phantom CTDI

Pengukuran dilakukan dengan variasi lebar kolimator yaitu 1.25mm, 2.5mm, 5mm, 10mm, 20mm dan 40mm Pada tengah dan arah jam 12, 3, 6, 9. Nilai pembobotan CTDI ($CTDI_w$) didapat dengan menggunakan persamaan

$$CTDI_w = \frac{1}{3}CTDI_c + \frac{2}{3}CTDI_p \quad (3.3)$$

dengan :

$CTDI_c$ = hasil pengukuran di tengah

$CTDI_p$ = hasil pengukuran di arah jam 12, 3, 6, 9

Persamaan di atas di gunakan pada *single slice* sedangkan untuk *helical* menggunakan Volume CTDI ($CTDI_{vol}$) yang didapat dari pembagian antara $CTDI_w$ dengan pitch sehingga dapat dituliskan. (Tsalafoutas : 2011)

$$CTDI_{vol} = \frac{CTDI_w}{Pitch} = CTDI_w \frac{NT}{I} \quad (3.4)$$

Dengan

NT = besar kolimator

I = pergerakan meja per rotasi

Pitch = pergerakan meja per rotasi / besar kolimator

setelah hasil pengukuran $CTDI_{vol}$ didapat kemudian nilai tersebut dibandingkan dengan data yang ada pada pesawat CT scan, untuk mengevaluasi nilai yang terdapat di alat CT scan.

3.3. Estimasi Dosis Pemeriksaan CT Angiografi Coroner

Estimasi ini untuk melihat seberapa besar dosis radiasi yang di dapat oleh pasien, dan organ-organ yang berada di daerah pemeriksaan CT angiografi coroner seperti esophagus dan jantung itu sendiri serta payudara pada wanita.

Proses yang dilakukan sebelum melakukan estimasi nilai dosis adalah mengumpulkan data DICOM pasien yang menjalani pemeriksaan CTangiografi coroner. Hal ini dilakukan untuk melihat konsisi pemeriksaan seperti *kV*, *mA*, *rotation time*, *pitch*, *detector coverage* yang akan di gunakan saat melakukan estimasi dengan program imPACT[®].

Sebelum dilakukan perhitungan menggunakan imPACT[®] dilakukan terlebih dahulu evaluasi nilai dosis yang terdapat pada pesawat CT scan di bandingkan dengan hasil pengukuran, jika nilainya tidak melebihi batas standar maka dilanjutkan dengan perhitungan menggunakan program imPACT[®] dengan parameter yang ada pada data DICOM sebanyak 15 data, untuk mengetahui nilai dosis efektif dari pemeriksaan CT angiografi coroner. Dari nilai yang di dapat diharapkan dapat di analisa faktor-faktor yang mempengaruhi nilai dosis radiasi.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Uji Kesesuaian

Dari hasil uji kesesuaian ini akan mengetahui kondisi pesawat CT scan yang di gunakan dalam penelitian ini masih sesuai dengan standar atau tidak. Uji yang dilakukan meliputi uji kualitas citra dan evaluasi nilai CTDI yang terdapat pada pesawat CTscan tersebut. Uji kesesuaian ini dilakukan berdasarkan standar Australia barat dan *British Columbia CDC*.

4.1.1. Rata-rata *CT Number* dan *Uniformity*

Ketepatan nilai *CT number* sangat berpengaruh dalam menentukan kepadatan organ sehingga dapat memberi pengaruh besar terhadap penegakan diagnosa suatu penyakit, uji ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana keakuratan nilai *CT number* serta bagaimana *uniformity* dari pesawat CT scan yang digunakan ini.

Pengujian ini dilakukan menggunakan catphan pada bagian yang terisi air. Kondisi yang digunakan adalah 140kV 300mAs dan 5mm *slicewidth* dan untuk mengetahui nilai *CT number* digunakan *Region Of Interest (ROI)* yang di letakan pada tengah dan sekeliling gambaran pada posisi jam 12, 3, 6, 9. Nilai *CT number* dan standar deviasinya dapat dilihat pada tabel 4.1 sedangkan gambaran hasil uji dilihat pada gambar 4.1. Hasil uji dinyatakan sesuai jika nilai *CT number* pada posisi tengah tidak melebihi nilai 4 *CT number* dari angka awal 0, dan juga nilai *CT number* pada posisi sekitar tengah yaitu posisi jam 12, 3, 6, 9 tidak boleh melebihi 2 *CT number* dari nilai *CT number* posisi tengah. Sedangkan untuk *noise* di peroleh dari perhitungan nilai standar deviasi menggunakan persamaan 3.1 pada ke lima posisi pengukuran nilai *CT number*. Nilai *noise* di perbolehkan jika nilai *noise* maksinum di kurangi nilai *noise* minimum hasil yang di dapat kurang dari sama dengan 2.

Gambar 4.1. Hasil uji *CT number*Tabel 4.1. Hasil *CT number* pada air dan standar deviasi pada kondisi 140 kV 300 mAs dan 5 mm *slice width*

No.	Posisi ROI	Nilai <i>CT number</i> Pada gambar	Standar deviasi	Standar nilai <i>CT number</i>
1.	Tengah	-1.067	5.02	0
2.	Jam 12	-0.203	3.958	0
3.	Jam 3	-0.516	3.945	0
4.	Jam 6	-0.281	3.874	0
5.	Jam 9	-0.492	3.936	0

Tabel diatas menunjukkan nilai *CT number* pada posisi tengah tidak lebih dari 4 *CT number* dari nilai standar 0, dan selisih antara nilai *CT number* posisi tengah dan posisi jam12, 3, 6, 9 tidak lebih dari 2 *CT number*, sehingga secara keseluruhan nilai *CT number* yang ada pada pesawat CT scan ini masih sesuai dengan standar yang digunakan.

Selanjutnya adalah evaluasi nilai *noise* dengan menggunakan data standar deviasi pada table 4.1. nilai *noise* yang di hitung berdasarkan persamaan 3.1 dengan menggunakan kondisi saat scan adalah 140kV 300 mAs 5mm slice width. Berikut ini contoh perhitungan *noise*.

$$\sigma_s = \sigma_m \frac{kV_m}{120} \sqrt{\frac{mAs_m \times slice\ width_m}{300 \times 8}}$$

$$\frac{\sigma_s}{\sigma_m} = \frac{140}{120} \sqrt{\frac{300 \times 5}{300 \times 8}}$$

$$\sigma_s = \sigma_m 0.922$$

Untuk tengah

$$\sigma_s = \sigma_m 0.922$$

$$\sigma_s = 5.02 \times 0.922$$

$$\sigma_s = 4.63$$

Untuk jam 12

$$\sigma_s = \sigma_m 0.922$$

$$\sigma_s = 3.958 \times 0.922$$

$$\sigma_s = 3.64$$

$$Noise\ max - noise\ min \leq 2$$

$$4.63 - 3.64 \leq 2$$

$$0.99 \leq 2$$

Tabel 4.2. Nilai *noise* hasil perhitungan

posisi	<i>Noise</i> (CT number)	<i>Noise max - noise min</i> (CT number)
Jam 12	3.64	0.99
Jam 3	3.63	1
Jam 6	3.57	1.06
Jam 9	3.62	1.01

Dari hasil perhitungan di atas Nilai *noise* masih dalam standar karena hasil selisih antara *noise* maksimum dengan *noise* minimum kurang dari 2

4.1.2. Linearity CT Number

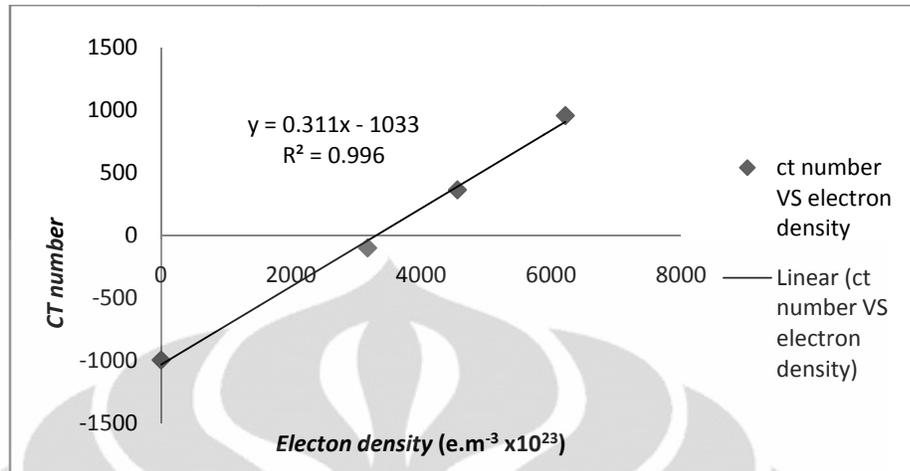
Pengujian ini akan melihat hubungan antara nilai *CT number* dari beberapa material yang ada pada *phantom* dengan nilai densitas elektron. Pengukuran *CT number* dilakukan pada lingkaran dengan densitas berbeda. data pengukuran nilai *CT number* dapat dilihat pada tabel 4.3.



Gambar 4.2. Hasil linearity *CT number*

Tabel 4.3. Hasil pengukuran *CT number* pada berbagai material dan nilai densitas elektron material berdasarkan buku manual

No.	Material	<i>CT number</i> standar	<i>CT number</i> pengukuran	Densitas elektron ($\text{e.m}^{-3} \times 10^{23}$)
1.	Udara	-1000	-995.805	4
2.	LDPE	-100	-100.241	3180
3.	Delrin	340	363.445	4560
4.	Teflon	990	956.599	6220



Gambar 4.3. Grafik Hubungan *CT number* dan densitas elektron

Dari hasil di atas dapat dilihat nilai kesalahan yang paling besar adalah delrin 6 %, Teflon 3%, LDPE dan air < 1%, nilai standar pada uji ini tidak boleh lebih dari 20%. Sedangkan nilai correlation coefficient 0.996 dan nilai standar yang disyaratkan adalah lebih dari 0.990, sehingga nilai tersebut masih dalam batas standar.

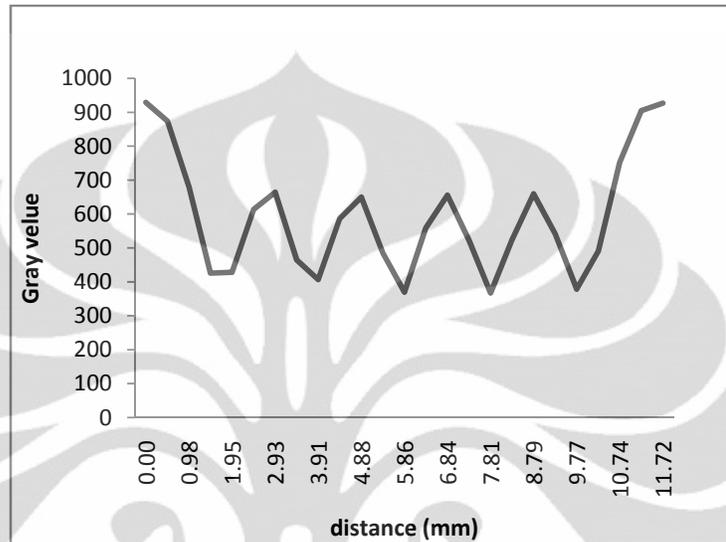
4.1.3. *High Contrast Resolution*

Uji ini dilakukan untuk mengetahui resolusi gambar pada pesawat CT scan. Gambaran berupa pasangan garis (*linepair*) dijadikan acuan dalam menentukan resolusi.

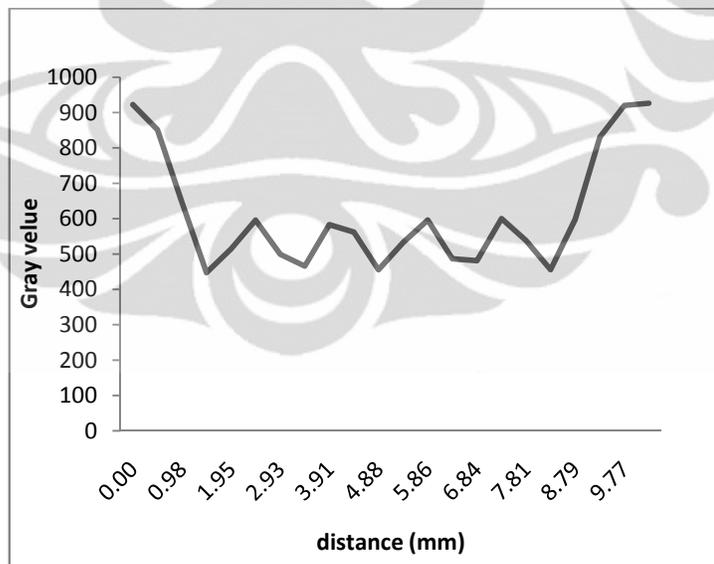


Gambar 4.4. Hasil *high contrast resolution* pasangan garis

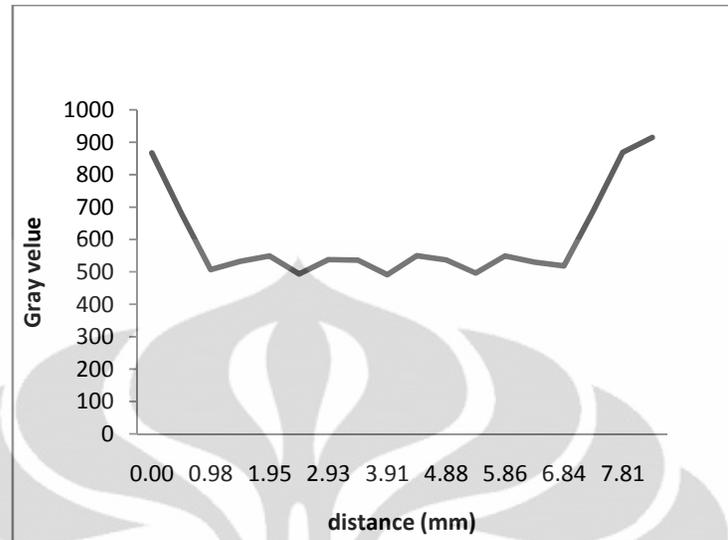
Dari hasil gambaran di atas dilakukan plot menggunakan program imageJ untuk mengetahui lebih objektif apakah pasangan garis tersebut masih terlihat atau tidak.



Gambar 4.5. Grafik memperlihatkan pasangan garis yang terlihat pada 0.5 lp/mm

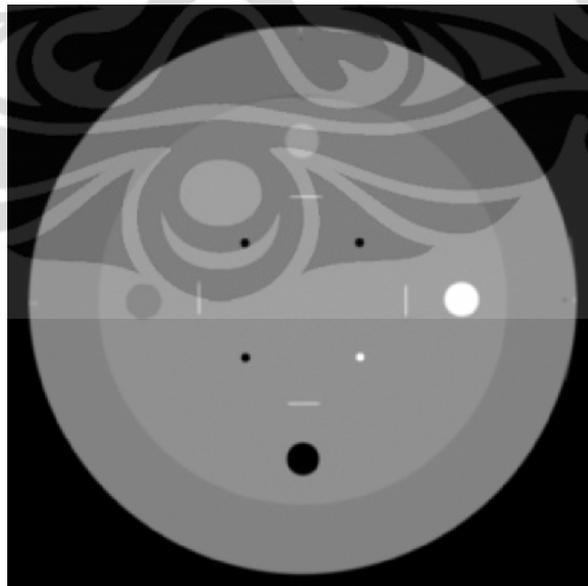


Gambar 4.6. Grafik memperlihatkan pasangan garis yang terlihat pada 0.6 lp/mm



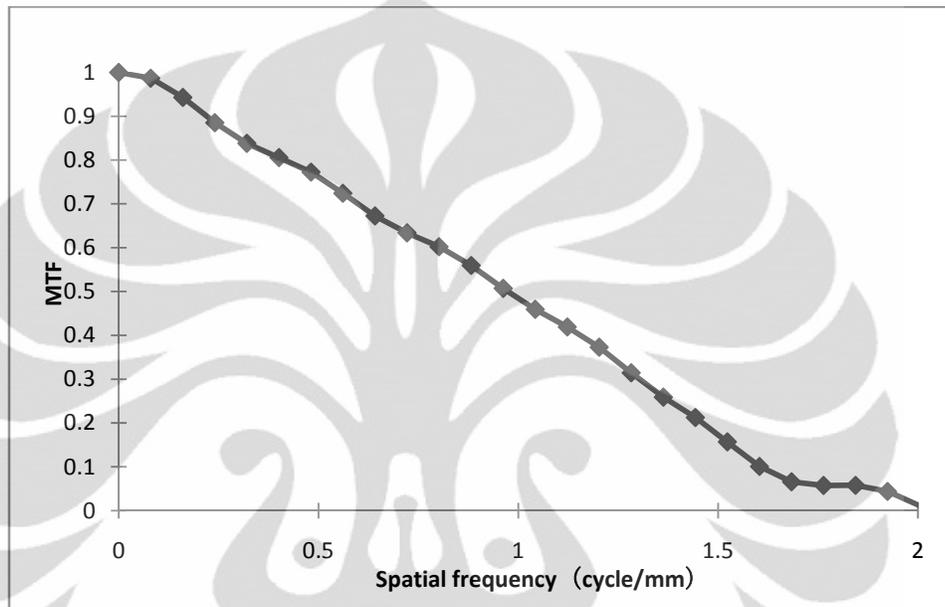
Gambar 4.7. Grafik memperlihatkan pasangan garis yang terlihat pada 0.7 lp/mm

Dari Grafik-Grafik diatas garis yang masih dapat di bedakan adalah pada 0.7 lp/mm, sehingga diketahui bahwa kemampuan CT scan membedakan garis adalah pada 0.7 lp/mm. Selain menggunakan pasangan garis uji *high contrast resolution* dilakukan dengan menggunakan titik bead.



Gambar 4.8. Hasil gambar *high contrast resolution* titik bead

Dari hasil gambaran dilakukan plot menggunakan image J pada titik bead, kemudian di tentukan *point spread function* (PSF) dan *line spread function* (LSF), untuk membuat kurva MTF dilakukan dengan transformasi fourier terhadap LSF.



Gambar 4.9. Modulation Transfer Function (MTF)

Tabel 4.4. Perbandingan matrix dengan MTF cut-off

Reconstruction matrix	MTF cut-off mm^{-1}
256	≥ 0.5
512	≥ 1.0
1024	≥ 2.0

Pada titik bead MTF lebih dari 1 mm^{-1} pada 0.05 sehingga sesuai dengan matrix 512.

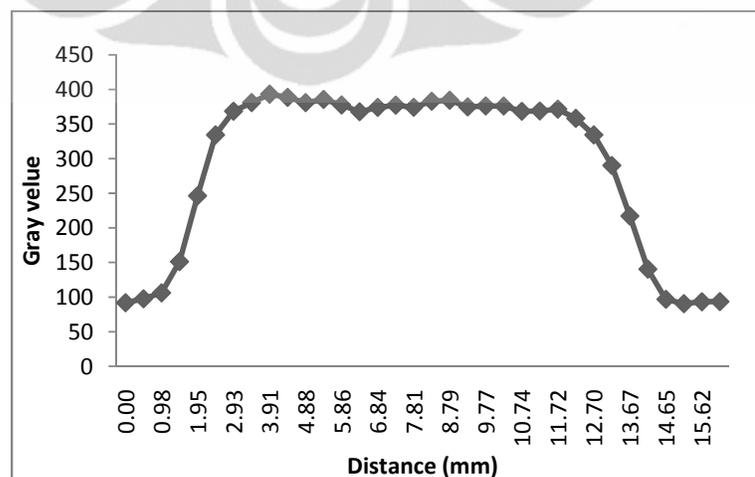
4.1.4. *Slice Thickness*

Uji ini dilakukan untuk melihat besar dari kolimator, dan membandingkan dengan hasil pengukuran. Percobaan ini dilakukan pada kondisi 140kv 300mAs dan 5mm *slice thickness*.

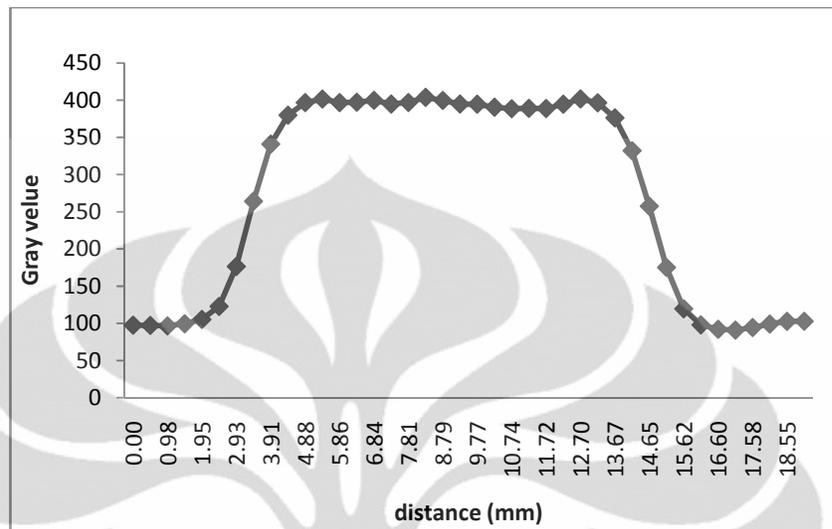


Gambar 4.10. Hasil uji *slice thickness*

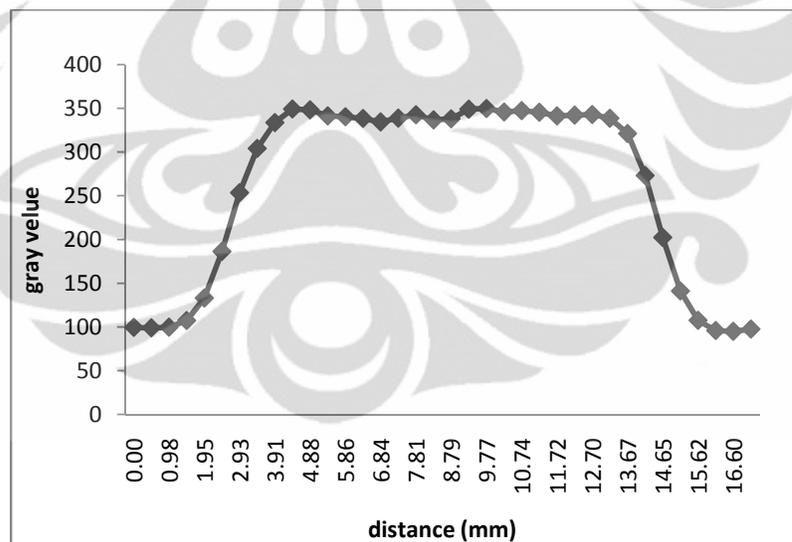
Untuk mendapatkan FWHM dilakukan plotting menggunakan program imageJ sehingga di dapatkan Grafik FWHM dari ke empat garis tersebut.



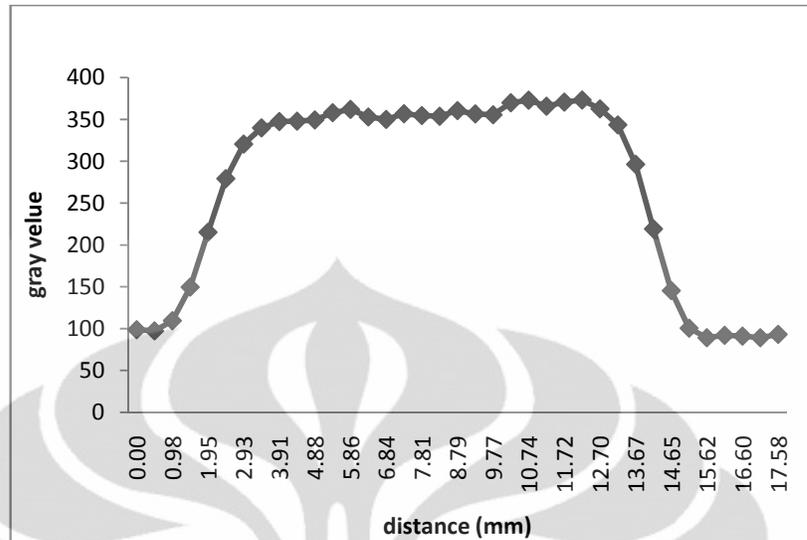
Gambar 4.11. Grafik FWHM posisi jam 12



Gambar 4.12. Grafik FWHM posisi jam 3



Gambar 4.13. Grafik FWHM posisi jam 6



Gambar 4.14. Grafik FWHM posisi jam 6

panjang dari FWHM pada Grafik diatas di dapat di lihat di tabel 4.5.

Tabel 4.5. Panjang FWHM

FWHM	Panjang (mm)
Jam 12	11.7
Jam 3	11.2
Jam 6	11.7
Jam 9	11.7
Rata-rata	11.6

hasil pengukuran nilai FWHM akan di dapatkan nilai slice thickness (Z).

$$Z \text{ mm} = FWHM \times 0.42$$

$$Z \text{ mm} = 11.6 \times 0.42 = 4.86 \text{ mm}$$

hasil nilai *slice thickness* sebesar 4.86 mm dari semestinya yaitu 5 mm. Terjadi perbedaan sebesar 0.24 tetapi hasil ini masih dalam standar. Nilai standar kesalahan adalah 0.5mm.

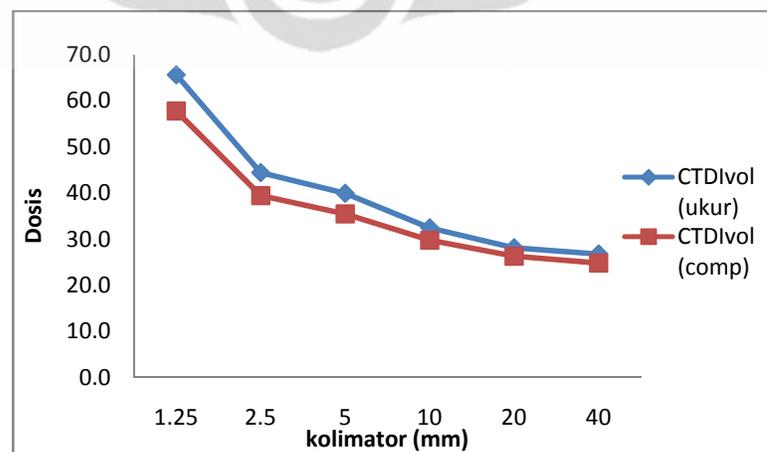
4.1.5. Evaluasi CTDI

Uji ini akan memperlihatkan perbedaan antara nilai CTDI pengukuran dengan data yang ada di pesawat CT scan. Pengukuran menggunakan *phantom* CTDI 32 cm dan detector pencil ion chamber Exradin A101 dengan faktor kalibrasi 1.739×10^6 mGy/C, Nilai standar kesalahan pada uji ini adalah 20%, uji ini dilakukan pada kondisi 120 kV 300 mAs dan dengan variasi kolimasi.

Tabel 4.6. Nilai CTDI_{vol} pengukuran dan persentase perbedaan dengan nilai CTDI_{vol} yang ada pada pesawat CTscan

Kolimasi (mm)	CTDI vol pengukuran (mGy)	CTDI _{vol} pesawat CT scan (mGy)	Persentase perbedaan
1.25	65.560	57.725	13 %
2.5	44.367	39.395	12 %
5	39.893	35.43	12 %
10	32.423	29.43	9 %
20	28.098	26.26	7 %
40	26.743	24.78	7 %

Dari table diatas terlihat seluruhnya masih dalam standar yaitu ≤ 20 %. hal ini berarti data dosis yang ada di pesawat CT scan masih dapat digunakan sebagai acuan untuk mengetahui besarnya dosis yang diterima oleh pasien.



Gambar 4.15. Grafik hubungan CTDI_{vol} pengukuran dan CTDI_{vol} pada CT scan

4.2. Hasil Estimasi Dosis Pemeriksaan CT Angiografi Coroner

Estimasi ini dilakukan menggunakan program imPACT[®] dengan data input sesuai dengan DICOM pemeriksaan CT angiografi coroner dan juga data hasil pengukuran $nCTDI_w$ (mGy/100mAs) pada kolimasi 40 mm yaitu 8.9 mGy/mAs, jumlah data yang digunakan sebanyak 15 data pasien. Estimasi ini melihat dosis yang diterima oleh organ-organ yang terpapar radiasi saat pemeriksaan CT angiografi coroner.

Tabel 4.7 Data hasil DICOM pemeriksaan CT angiografi coroner pada tegangan tabung 120 kV

No	Sex	Benan tabung (mAs)	Picth	Rotation time	Length (cm)	CTDI _{vol} (mGy)	DLP (mGy.cm)
1	M	636	0.22	0.35	15.1	67.92	1265
2	M	636	0.22	0.35	18.3	54	1177.95
3	F	637	0.2	0.35	15.2	63.25	1181.92
4	M	636	0.22	0.35	19.7	65.55	1520.01
5	F	636	0.24	0.35	15.8	54.25	1047.76
6	M	734	0.22	0.35	15.8	85.53	1646.46
7	M	636	0.24	0.35	14.3	67.34	1195.2
8	M	636	0.2	0.35	16.1	67.81	1326.55
9	F	636	0.22	0.35	15.3	58.76	1101.81
10	M	636	0.22	0.35	16.8	61.32	1245.62
11	M	636	0.24	0.35	18.9	56.95	1277.87
12	M	636	0.22	0.35	15.6	53.17	1016.82
13	M	636	0.22	0.35	14.3	55.91	995.95
14	F	636	0.2	0.35	14.8	58.82	1073.42
15	M	636	0.24	0.35	14.8	60.42	1106.52

Tabel 4.8. Data hasil estimasi imPACT[®] dengan nilai nCTDI_w 8.9 mGy/100mAs dan tegangan tabung 120 kV

No	Sex	Beban tabung (mAs)	Pitch	Rotation time	Length (cm)	CTDI _{vol} (mGy)	DLP	Dosi efektif (mSv)			Dosis Equivalent (mSv)	Total dosis efektif (mSv)
								Timus	Paru	Payudara		
1	M	636	0.22	0.35	15.1	90.1	1351	3.9	12	-	120	36
2	M	636	0.22	0.35	18.3	90.1	1621	5.5	13	-	120	41
3	F	637	0.2	0.35	15.2	99.2	1488	4.8	14	14	140	42
4	M	636	0.22	0.35	19.7	90.1	1756	6.4	15	-	130	45
5	F	636	0.24	0.35	15.8	82.5	1279	4.4	12	12	120	36
6	M	734	0.22	0.35	15.8	103.9	1611	6.5	15	-	145	46
7	M	636	0.24	0.35	14.3	82.5	1156	2.9	10	-	110	31
8	M	636	0.2	0.35	16.1	99.1	1585	5.1	13	-	130	41
9	F	636	0.22	0.35	15.3	90.1	1351	3.9	12	12	120	36
10	M	636	0.22	0.35	16.8	90.1	1486	4.9	13	-	120	39
11	M	636	0.24	0.35	18.9	82.5	1486	5.1	12	-	110	37
12	M	636	0.22	0.35	15.6	90.1	1396	4.3	12	-	120	37
13	M	636	0.22	0.35	14.3	90.1	1261	3.1	11	-	120	34
14	F	636	0.2	0.35	14.8	99.1	1436	3.9	12	13	130	38
15	M	636	0.24	0.35	14.8	82.5	1197	3.3	10	-	110	32

ImPACT CT Patient Dosimetry Calculator
Version 1.0.3 24/08/2010

Scanner Model:		Acquisition Parameters:	
Manufacturer:	GE	Tube current	636 mA
Scanner:	GE LightSpeed VCT (small hd, large b)	Rotation time	0.35 s
kV:	120	Spiral pitch	0.22
Scan Region:	Body	mAs / Rotation	222.6 mAs
Data Set	MCSET21	Effective mAs	1011.818 mAs
Current Data	MCSET21	Collimation	40 mm
Scan range		Rel. CTDI	0.858186 0.86 at selected collimation
Start Position	43 cm	CTDI (air)	23.939 23.9 mGy/100mAs
End Position	58 cm	CTDI (soft tissue)	25.6 mGy/100mAs
Organ weighting scheme ICRP 103		$nCTD_{w}$	9.3293 8.9 mGy/100mAs
		CTD_{w}	19.8 mGy
		CTD_{wt}	90.1 mGy
		DLP	1351 mGy.cm

Organ	w_T	H_T (mGy)	$w_T \cdot H_T$	Remainder Organs	H_T (mGy)
Gonads	0.08	0.096	0.0077	Adrenals	24
Bone Marrow	0.12	20	2.4	Small Intestine	0.77
Colon	0.12	0.69	0.082	Kidney	4.7
Lung	0.12	97	12	Pancreas	17
Stomach	0.12	12	1.4	Spleen	13
Bladder	0.04	0.044	0.0018	Thymus	98
Breast	0.12	100	12	Uterus / Prostate (Bladder)	0.1
Liver	0.04	18	0.7	Muscle	14
Oesophagus (Thymus)	0.04	98	3.9	Gall Bladder	6
Thyroid	0.04	3	0.12	Heart	120
Skin	0.01	14	0.14	ET region (Thyroid)	3
Bone Surface	0.01	36	0.36	Lymph nodes (Muscle)	14
Brain	0.01	0.14	0.0014	Oral mucosa (Brain)	0.14
Salivary Glands (Brain)	0.01	0.14	0.0014	Other organs of interest	H_T (mGy)
Remainder	0.12	24	2.9	Eye lenses	0.12
Not Applicable	0	0	0	Testes	0.0078
Total Effective Dose (mSv)			36	Ovaries	0.18
				Uterus	0.16
				Prostate	0.044

Scan Description / Comments	Pasien 1,
-----------------------------	-----------

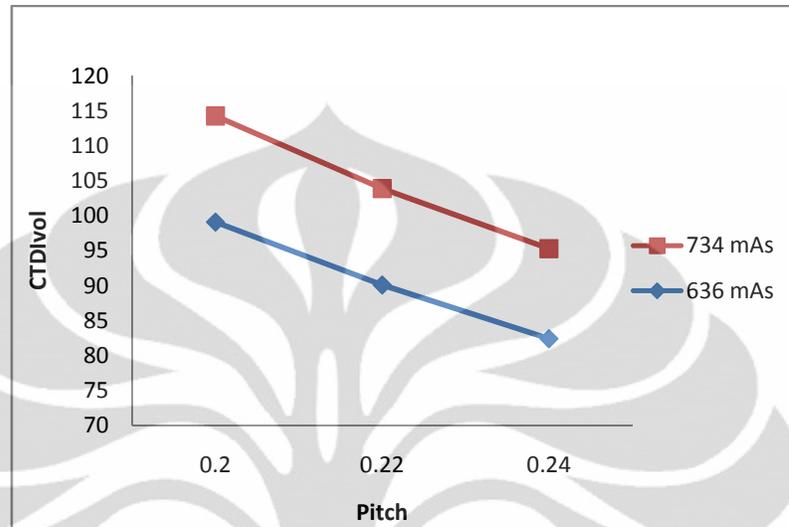
© Nicholas Keat for ImPACT, 2000-2009
Imaging Performance Assessment of CT Scanners, an MHRA Evaluation centre
<http://www.impactscan.org>

Gambar 4.16. Tampilan ImPACT[®] pada estimasi nilai dosis efektif

Dari hasil di atas dapat kita lihat besar dosis equivalent yang diterima jantung berkisar antara 110 mSv – 140 mSv. Dosis efektif yang diterima thymus berkisar antara 2.9 mSv - 5.7 mSv, paru-paru 10 mSv – 14 mSv, payudara 10 mSv -13 mSv dan total dosis efektif kisaran antara 31 mSv – 42 mSv.

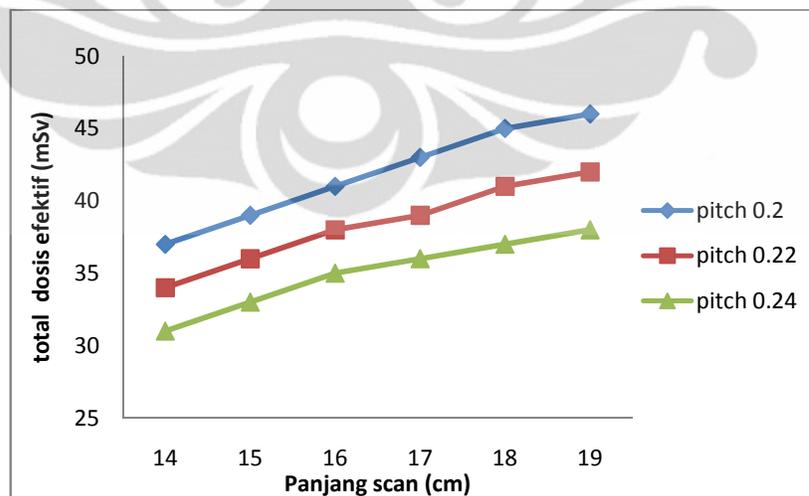
Dari tabel 4.8 dapat dilihat hubungan antara Pitch dengan CTDI_{vol} seperti pada gambar 4.17 dimana nilai CTDI_{vol} berbanding terbalik dengan nilai pitch, sehingga semakin besar nilai pitch semakin besar nilai CTDI_{vol} yang akan

didapat oleh pasien, dari gambar 4.17 terlihat juga besarnya mAs berpengaruh terhadap besarnya CTDI_{vol} semakin besar mAs semakin besar juga CTDI_{vol}.



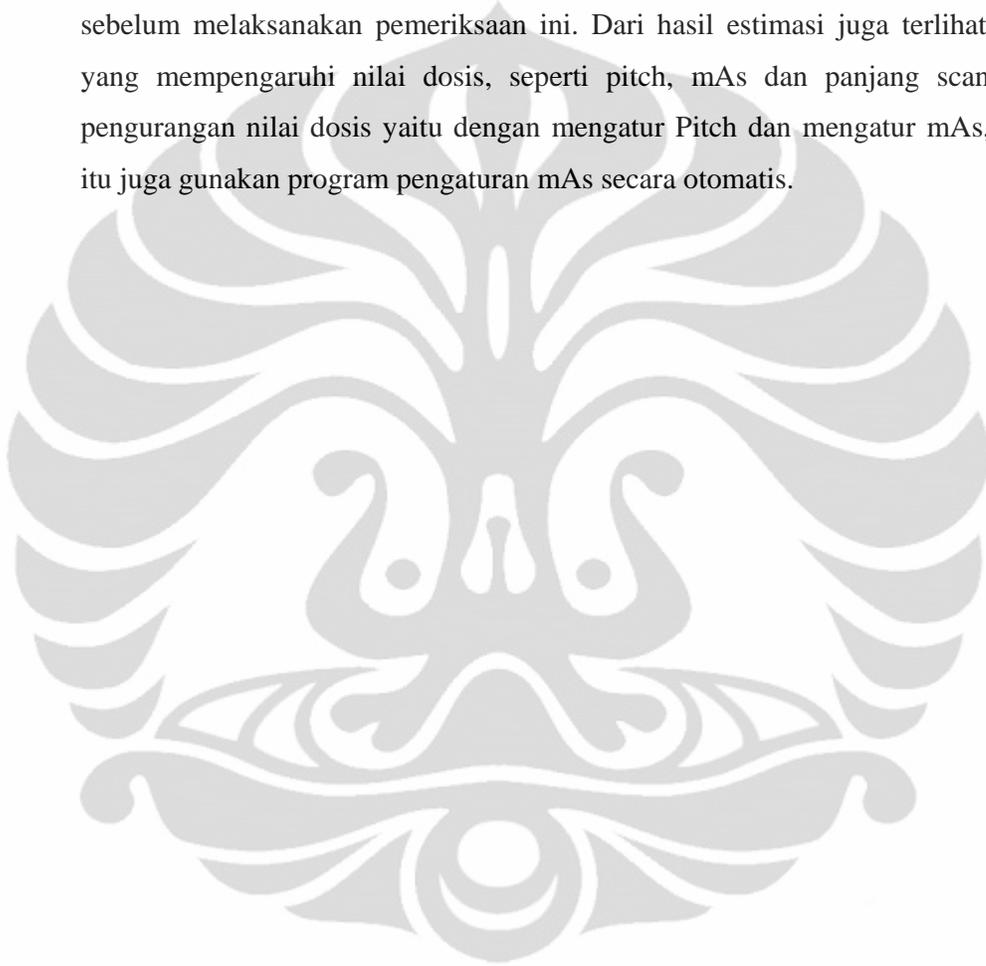
Gambar 4.17. Grafik hubungan Pitch dengan CTDI_{vol}

Selain pitch dan mAs nilai dosis juga dipengaruhi oleh panjang scan, pada gambar 4.18 terlihat hubungan yang sebanding antara panjang scan dan total dosis efektif, semakin besar panjang scan semakin besar juga total dosis efektif.



Gambar 4.18. Grafik hubungan panjang scan dengan total dosis efektif

Hasil estimasi nilai dosis radiasi pada pemeriksaan CT angiografi coroner memperlihatkan dosis yang cukup besar di terima oleh organ-organ seperti paru-paru, thymus, payudara (khusus wanita) dan jantung. Sedangkan total dosis efektif nilainya sangat besar jika dibandingkan dengan nilai batas dosis (NBD) untuk masyarakat umum yaitu 1 mSv/tahun, sehingga dibutuhkan justifikasi yang kuat sebelum melaksanakan pemeriksaan ini. Dari hasil estimasi juga terlihat faktor yang mempengaruhi nilai dosis, seperti pitch, mAs dan panjang scan. Cara pengurangan nilai dosis yaitu dengan mengatur Pitch dan mengatur mAs, selain itu juga gunakan program pengaturan mAs secara otomatis.



BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Pesawat CT Scan yang digunakan dalam penelitian ini memenuhi seluruh syarat uji kesesuaian berdasarkan standar Australia barat.
2. Perbandingan dosis hasil pengukuran dengan data yang ada pada pesawat CT scan perbedaannya 7% - 13%, sehingga nilai CTDI yang ditampilkan dapat digunakan sebagai indikator dosis yang diterima pasien.
3. Dari hasil estimasi menggunakan **imPACT[®]** didapatkan hasil dosis equivalent yang diterima jantung berkisar antara 110 mSv – 140 mSv dan Untuk dosis efektif yang diterima thymus berkisar antara 2.9 mSv - 5.7 mSv, paru-paru 10 mSv – 14 mSv, payudara 10 mSv -13 mSv dan total dosis efektif kisaran antara 31 mSv – 42 mSv, nilai total dosis efektif lebih besar dari nilai batas dosis (NBD) untuk masyarakat 1mSv/tahun, sehingga dibutuhkan justifikasi yang kuat sebelum melaksanakan pemeriksaan ini.
4. Berdasarkan hasil estimasi semakin tinggi nilai mAs semakin besar nilai CTDIvol dan semakin rendah nilai pitch semakin besar nilai CTDIvol. Selain beban tabung dan pitch, panjang scan juga mempengaruhi terhadap nilai total dosis efektif. Semakin besar nilai panjang scan nilai total dosis efektif semakin besar.

5.2. Saran

1. Agar hasil pengukuran lebih tepat sebaiknya dilakukan koreksi geometri antara pasien dengan phantom CTDI.
2. Pengurangan nilai dosis dapat dilakukan dengan cara mengatur Pitch dan mengatur mAs, selain itu juga gunakan program pengaturan mAs otomatis.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Tenaga Nuklir Nasional Kawasan Serpong Tangerang selatan (2009). Pedoman Keselamatan dan Proteksi Radiasi Kawasan Nuklir Serpong. Badan Tenaga Nuklir Nasional.

Bushberg, Jerrold (2002). The Essential of Medical Imaging Second Edition. Philadelphia : Lippincott Williams & Wilkins.

Catphan[®] Manual (2005). The Phantom Laboratory

Cunningham, John (1983). The Physics of Radiology Fourth Edition. Illinois : Charles C Thomas Publisher.

Nainggolan, Andreas (2010). Studi Metode Kalibrasi Bilik Ionisasi Tipe Pensil Dengan dan Tanpa Kolimator. Jakarta : Univ. Indonesia

Nicholoff, E L (2007). Comperative study of Thoracic Radiation Doses from 64 Slice Cardiac CT, The British Journal of Radiologi

Radiological Council of Western Australia (2006). Diagnostic X-ray Equipment Compliance Testing, Government of Western Australia

Tsalafoutas, I A (2011). A Method for Calculating Dose Length Product from CT DICOM Images. The British Journal of Radiologi.

Wolbarst, Anthony B (2005). Physics of Radiologi Second Edition. USA : medical physics publishing.

<http://www.impactscan.org/ctdosimetry.htm>

<http://rsbweb.nih.gov/ij/docs/intro.html>

Lampiran

Hasil pengukuran CTDI pada phantom selinder 32 cm.

No.	kV	mAs	Slice thickness	slice	N	CTDI _c	CTDI _p	CTDI _w	CTDI _{vol}
1.	120	600	1,25	1	1,25	0,980	1,969	16,390	131,120
2.	120	600	2,5	1	2,5	1,363	2,646	22,183	88,733
3.	120	300	5	1	5	1,278	2,502	19,947	39,893
4.	120	300	5	2	10	2,018	3,855	32,423	32,423
5.	120	300	5	4	20	3,488	6,686	56,197	28,098
6.	120	300	5	8	40	6.808	12,642	106.970	26,743



Hasil pengukuran menggunakan imPACT®

Pasien 1

ImPACT CT Patient Dosimetry Calculator
Version 1.0.3 24/08/2010

Scanner Model:		Acquisition Parameters:	
Manufacturer:	GE	Tube current	636 mA
Scanner:	GE LightSpeed VCT (small hd, large bi)	Rotation time	0.35 s
KV:	120	Spiral pitch	0.22
Scan Region:	Body	mAs / Rotation	222.6 mAs
Data Set:	MCSET21	Effective mAs	1011.818 mAs
Current Data:	MCSET21	Collimation	40 mm
Scan range		Rel. CTDI	0.858196 0.86 at selected collimation
Start Position:	43 cm	CTDI (air)	23.939 23.9 mGy/100mAs
End Position:	58 cm	CTDI (soft tissue)	25.6 mGy/100mAs
Organ weighting scheme ICRP 103		w_{CTDI_w}	9.3293 8.9 mGy/100mAs
		$CTDI_w$	19.8 mGy
		$CTDI_{tot}$	90.1 mGy
		DLP	1351 mGy.cm

Organ	w_T	H_T (mGy)	$w_T \cdot H_T$	Remainder Organs	H_T (mGy)
Gonads	0.08	0.096	0.0077	Adrenals	24
Bone Marrow	0.12	20	2.4	Small Intestine	0.77
Colon	0.12	0.69	0.082	Kidney	4.7
Lung	0.12	97	12	Pancreas	17
Stomach	0.12	12	1.4	Spleen	13
Bladder	0.04	0.044	0.0018	Thymus	98
Breast	0.12	100	12	Uterus / Prostate (Bladder)	0.1
Liver	0.04	18	0.7	Muscle	14
Oesophagus (Thymus)	0.04	98	3.9	Gall Bladder	6
Thyroid	0.04	3	0.12	Heart	120
Skin	0.01	14	0.14	ET region (Thyroid)	3
Bone Surface	0.01	36	0.36	Lymph nodes (Muscle)	14
Brain	0.01	0.14	0.0014	Oral mucosa (Brain)	0.14
Salivary Glands (Brain)	0.01	0.14	0.0014	Other organs of interest	H_T (mGy)
Remainder	0.12	24	2.9	Eye lenses	0.12
Not Applicable	0	0	0	Testes	0.0078
Total Effective Dose (mSv)				Ovaries	0.18
				Uterus	0.16
				Prostate	0.044

Scan Description / Comments	Pasien 1,
------------------------------------	-----------

© Nicholas Keat for ImPACT, 2000-2009
Imaging Performance Assessment of CT Scanners, an MHRA Evaluation centre
<http://www.impactscan.org>

Pasien 2

IMPACT CT Patient Dosimetry Calculator

Version 1.0.3 24/08/2010

Scanner Model: Manufacturer: GE Scanner: GE LightSpeed VCT (small hd, large b) kV: 120 Scan Region: Body Data Set: MCSET21 Current Data: MCSET21 Scan range: Start Position: 43 cm End Position: 61 cm		Acquisition Parameters: Tube current: 636 mA Rotation time: 0.35 s Spiral pitch: 0.22 mAs / Rotation: 222.6 mAs Effective mAs: 1011.818 mAs Collimation: 40 mm Rel. CTDI: 0.858198 0.86 at selected collimation CTDI (air): 23.939 23.9 mGy/100mAs CTDI (soft tissue): 25.6 mGy/100mAs n CTDI _w : 9.3293 8.9 mGy/100mAs	
Organ weighting scheme: ICRP 103		CTDI _w : 19.8 mGy CTDI _{vol} : 90.1 mGy DLP: 1621 mGy.cm	

Organ	w_T	H_T (mGy)	$w_T \cdot H_T$	Remainder Organs	H_T (mGy)
Gonads	0.08	0.098	0.0078	Adrenals	25
Bone Marrow	0.12	24	2.9	Small Intestine	0.8
Colon	0.12	0.72	0.086	Kidney	4.9
Lung	0.12	110	13	Pancreas	17
Stomach	0.12	12	1.4	Spleen	14
Bladder	0.04	0.044	0.0018	Thymus	140
Breast	0.12	100	12	Uterus / Prostate (Bladder)	0.11
Liver	0.04	18	0.73	Muscle	17
Oesophagus (Thymus)	0.04	140	5.5	Gall Bladder	6.2
Thyroid	0.04	5.2	0.21	Heart	120
Skin	0.01	16	0.16	ET region (Thyroid)	5.2
Bone Surface	0.01	44	0.44	Lymph nodes (Muscle)	17
Brain	0.01	0.23	0.0023	Oral mucosa (Brain)	0.23
Salivary Glands (Brain)	0.01	0.23	0.0023	Other organs of interest	H_T (mGy)
Remainder	0.12	28	3.4	Eye lenses	0.2
Not Applicable	0	0	0	Testes	0.0078
Total Effective Dose (mSv)				Ovaries	0.19
				Uterus	0.17
				Prostate	0.044

Scan Description / Comments	Pasien 2,
-----------------------------	-----------

© Nicholas Keat for IMPACT, 2000-2009
 Imaging Performance Assessment of CT Scanners, an MHRA Evaluation centre
<http://www.impactscan.org>

Pasien 4

ImPACT CT Patient Dosimetry Calculator

Version 1.0.3 24/08/2010

Scanner Model: Manufacturer: GE Scanner: GE LightSpeed VCT (small hd, large b) kV: 120 Scan Region: Head Data Set: MCSET20 Current Data: MCSET20 Scan range: Start Position: 43 cm End Position: 62.5 cm		Acquisition Parameters: Tube current: 636 mA Rotation time: 0.35 s Spiral pitch: 0.22 mAs / Rotation: 222.6 mAs Effective mAs: 1011.818 mAs Collimation: 40 mm Rel. CTDI: 0.858196 0.86 at selected collimation CTDI (air): 29.915 29.9 mGy/100mAs CTDI (soft tissue): 32.0 mGy/100mAs CTDI _w : 19.2588 8.9 mGy/100mAs	
Organ weighting scheme: ICRP 103		CTDI _w : 19.8 mGy CTDI _{wol} : 90.1 mGy DLP: 1766 mGy.cm	

Organ	w _T	H _T (mGy)	w _T · H _T	Remainder Organs	H _T (mGy)
Gonads	0.08	0.094	0.0075	Adrenals	24
Bone Marrow	0.12	27	3.3	Small Intestine	0.69
Colon	0.12	0.62	0.074	Kidney	4.7
Lung	0.12	130	15	Pancreas	18
Stomach	0.12	13	1.5	Spleen	14
Bladder	0.04	0.036	0.0014	Thymus	160
Breast	0.12	110	13	Uterus / Prostate (Bladder)	0.086
Liver	0.04	19	0.77	Muscle	20
Oesophagus (Thymus)	0.04	160	6.4	Gall Bladder	5.6
Thyroid	0.04	5.9	0.23	Heart	130
Skin	0.01	19	0.19	ET region (Thyroid)	5.9
Bone Surface	0.01	56	0.56	Lymph nodes (Muscle)	20
Brain	0.01	0.24	0.0024	Oral mucosa (Brain)	0.24
Salivary Glands (Brain)	0.01	0.24	0.0024	Other organs of interest	H _T (mGy)
Remainder	0.12	31	3.8	Eye lenses	0.36
Not Applicable	0	0	0	Testes	0.0022
Total Effective Dose (mSv)				Ovaries	0.19
				Uterus	0.14
				Prostate	0.036

Scan Description / Comments	Pasien 4,
-----------------------------	-----------

© Nicholas Keat for ImPACT, 2000-2009
 Imaging Performance Assessment of CT Scanners, an MHRA Evaluation centre
<http://www.impactscan.org>

Pasien 5

ImPACT CT Patient Dosimetry Calculator			
Version 1.0.3 24/08/2010			
Scanner Model:		Acquisition Parameters:	
Manufacturer:	GE	Tube current	636 mA
Scanner:	GE LightSpeed VCT (small hd, large b)	Rotation time	0.35 s
kV:	120	Spiral pitch	0.24
Scan Region:	Head	mAs / Rotation	222.6 mAs
Data Set	MCSET20	Effective mAs	927.5 mAs
Current Data	MCSET20	Collimation	40 mm
Scan range		Rel. CTDI	0.858198 0.86 at selected collimation
Start Position	43 cm	CTDI (air)	29.915 29.9 mGy/100mAs
End Position	58.5 cm	CTDI (soft tissue)	32.0 mGy/100mAs
Organ weighting scheme ICRP 103		$n \text{CTDI}_w$	19.2588 8.9 mGy/100mAs
		CTDI_w	19.8 mGy
		CTDI_{vol}	82.5 mGy
		DLP	1279 mGy.cm
		Remainder Organs	
Organ	w_T	H_T (mGy)	$w_T \cdot H_T$
Gonads	0.08	0.081	0.0064
Bone Marrow	0.12	20	2.4
Colon	0.12	0.54	0.065
Lung	0.12	99	12
Stomach	0.12	11	1.3
Bladder	0.04	0.033	0.0013
Breast	0.12	99	12
Liver	0.04	17	0.68
Oesophagus (Thymus)	0.04	110	4.4
Thyroid	0.04	2.3	0.094
Skin	0.01	14	0.14
Bone Surface	0.01	40	0.4
Brain	0.01	0.11	0.0011
Salivary Glands (Brain)	0.01	0.11	0.0011
Remainder	0.12	24	2.9
Not Applicable	0	0	0
Total Effective Dose (mSv)			36
		Other organs of interest	
		Eye lenses	0.21
		Testes	0.0021
		Ovaries	0.16
		Uterus	0.12
		Prostate	0.033
Scan Description / Comments		Pasien 5,	

© Nicholas Keat for ImPACT, 2000-2009
 Imaging Performance Assessment of CT Scanners, an MHRA Evaluation centre
<http://www.impactscan.org>

Pasien 6

ImPACT CT Patient Dosimetry Calculator

Version 1.0.3 24/08/2010

Scanner Model: Manufacturer: GE Scanner: GE Lightspeed VCT (small hd, large b) kV: 120 Scan Region: Head Data Set: MCSET20 Current Data: MCSET20 Scan range: Start Position: 43 cm End Position: 58.5 cm		Acquisition Parameters: Tube current: 734 mA Rotation time: 0.35 s Spiral pitch: 0.22 mAs / Rotation: 256.9 mAs Effective mAs: 1167.727 mAs Collimation: 40 mm Rel. CTDI: 0.858186 0.86 at selected collimation CTDI (air): 29.915 29.9 mGy/100mAs CTDI (soft tissue): 32.0 mGy/100mAs n_{CTDI_w} : 19.2586 8.9 mGy/100mAs	
Organ weighting scheme: ICRP 103		CTDI _w : 22.9 mGy CTDI _{w,ref} : 103.9 mGy DLP: 1611 mGy.cm	

Organ	w _T	H _T (mGy)	w _T ·H _T	Remainder Organs	H _T (mGy)
Gonads	0.08	0.1	0.0081	Adrenals	27
Bone Marrow	0.12	25	3	Small Intestine	0.76
Colon	0.12	0.68	0.082	Kidney	5.2
Lung	0.12	120	15	Pancreas	21
Stomach	0.12	14	1.7	Spleen	16
Bladder	0.04	0.041	0.0017	Thymus	140
Breast	0.12	130	15	Uterus / Prostate (Bladder)	0.096
Liver	0.04	21	0.86	Muscle	17
Oesophagus (Thymus)	0.04	140	5.5	Gall Bladder	6
Thyroid	0.04	2.9	0.12	Heart	150
Skin	0.01	18	0.18	ET region (Thyroid)	2.9
Bone Surface	0.01	51	0.51	Lymph nodes (Muscle)	17
Brain	0.01	0.13	0.0013	Oral mucosa (Brain)	0.13
Salivary Glands (Brain)	0.01	0.13	0.0013	Other organs of interest	H _T (mGy)
Remainder	0.12	31	3.7	Eye lenses	0.27
Not Applicable	0	0	0	Testes	0.0026
Total Effective Dose (mSv)					
				Ovaries	0.2
				Uterus	0.15
				Prostate	0.041

Scan Description / Comments	Pasien 6,
-----------------------------	-----------

© Nicholas Keat for ImPACT, 2000-2009
 Imaging Performance Assessment of CT Scanners, an MHRA Evaluation centre
<http://www.impactscan.org>

Pasien 7

ImPACT CT Patient Dosimetry Calculator			
Version 1.0.3 24/08/2010			
Scanner Model:			
Manufacturer:	GE		
Scanner:	GE LightSpeed VCT (small hd, large b)		
kV:	120		
Scan Region:	Body		
Data Set	MCSET21		
Current Data	MCSET21		
Scan range			
Start Position	43	cm	
End Position	57	cm	
Organ weighting scheme ICRP 103			
Acquisition Parameters:			
Tube current	636	mA	
Rotation time	0.35	s	
Spiral pitch	0.24		
mAs / Rotation	222.6	mAs	
Effective mAs	927.5	mAs	
Collimation	40	mm	
Rel. CTDI	0.858196	0.86	at selected collimation
CTDI (air)	23.939	23.9	mGy/100mAs
CTDI (soft tissue)	25.6		mGy/100mAs
n CTDI _w	9.3293	8.9	mGy/100mAs
CTDI _w	19.8	mGy	
CTDI _{w,t}	82.5	mGy	
DLP	1156	mGy.cm	
Organ			
Gonads	0.08	0.088	0.007
Bone Marrow	0.12	17	2
Colon	0.12	0.62	0.074
Lung	0.12	83	10
Stomach	0.12	11	1.3
Bladder	0.04	0.039	0.0016
Breast	0.12	91	11
Liver	0.04	16	0.63
Oesophagus (Thymus)	0.04	71	2.9
Thyroid	0.04	2.4	0.096
Skin	0.01	12	0.12
Bone Surface	0.01	31	0.31
Brain	0.01	0.11	0.0011
Salivary Glands (Brain)	0.01	0.11	0.0011
Remainder	0.12	20	2.4
Not Applicable	0	0	0
Total Effective Dose (mSv)			31
Remainder Organs			
Adrenals			22
Small Intestine			0.69
Kidney			4.2
Pancreas			15
Spleen			12
Thymus			71
Uterus / Prostate (Bladder)			0.091
Muscle			11
Gall Bladder			5.4
Heart			110
ET region (Thyroid)			2.4
Lymph nodes (Muscle)			11
Oral mucosa (Brain)			0.11
Other organs of interest			H_r (mGy)
Eye lenses			0.094
Testes			0.0072
Ovaries			0.17
Uterus			0.14
Prostate			0.039
Scan Description / Comments			
Pasien 7.			
© Nicholas Keat for ImPACT, 2000-2009 Imaging Performance Assessment of CT Scanners, an MHRA Evaluation centre http://www.impactscan.org			

Pasien 8

ImPACT CT Patient Dosimetry Calculator
Version 1.0.3 24/08/2010

Scanner Model:		Acquisition Parameters:	
Manufacturer:	GE	Tube current	638 mA
Scanner:	GE LightSpeed VCT (small hd, large b)	Rotation time	0.35 s
KV:	120	Spiral pitch	0.2
Scan Region:	Body	mAs / Rotation	222.6 mAs
Data Set	MCSET21	Effective mAs	1113 mAs
Current Data	MCSET21	Collimation	40 mm
Scan range		Rel. CTDI	0.858196 0.86 at selected collimation
Start Position	43 cm	CTDI (air)	23.939 23.9 mGy/100mAs
End Position	59 cm	CTDI (soft tissue)	25.6 mGy/100mAs
		nCTDI _w	9.3293 8.9 mGy/100mAs
Organ weighting scheme ICRP 103		CTDI _w	19.8 mGy
		CTDI _{vol}	99.1 mGy
		DLP	1585 mGy.cm

Organ	w _T	H _T (mGy)	w _T H _T	Remainder Organs	H _T (mGy)
Gonads	0.08	0.11	0.0088	Adrenals	27
Bone Marrow	0.12	24	2.9	Small Intestine	0.85
Colon	0.12	0.77	0.092	Kidney	5.3
Lung	0.12	110	13	Pancreas	19
Stomach	0.12	13	1.6	Spleen	15
Bladder	0.04	0.048	0.0019	Thymus	130
Breast	0.12	110	13	Uterus / Prostate (Bladder)	0.11
Liver	0.04	20	0.78	Muscle	16
Oesophagus (Thymus)	0.04	130	5.1	Gall Bladder	6.7
Thyroid	0.04	4	0.16	Heart	130
Skin	0.01	16	0.16	ET region (Thyroid)	4
Bone Surface	0.01	43	0.43	Lymph nodes (Muscle)	16
Brain	0.01	0.18	0.0018	Oral mucosa (Brain)	0.18
Salivary Glands (Brain)	0.01	0.18	0.0018	Other organs of interest	H _T (mGy)
Remainder	0.12	28	3.4	Eye lenses	0.17
Not Applicable	0	0	0	Testes	0.0086
Total Effective Dose (mSv)				Ovaries	0.21
				Uterus	0.17
				Prostate	0.048

Scan Description / Comments	Pasien 8.
-----------------------------	-----------

© Nicholas Keat for ImPACT, 2000-2009
 Imaging Performance Assessment of CT Scanners, an MHRA Evaluation centre
<http://www.impactscan.org>

Pasien 9

ImPACT CT Patient Dosimetry Calculator																																																																																																																											
Version 1.0.3 24/08/2010																																																																																																																											
Scanner Model:																																																																																																																											
Manufacturer:	GE																																																																																																																										
Scanner:	GE LightSpeed VCT (small hd, large b)																																																																																																																										
kV:	120																																																																																																																										
Scan Region:	Body																																																																																																																										
Data Set:	MCSET21																																																																																																																										
Current Data:	MCSET21																																																																																																																										
Scan range:																																																																																																																											
Start Position:	43	cm																																																																																																																									
End Position:	58	cm																																																																																																																									
Organ weighting scheme: ICRP 103																																																																																																																											
Acquisition Parameters:																																																																																																																											
Tube current:	636	mA																																																																																																																									
Rotation time:	0.35	s																																																																																																																									
Spiral pitch:	0.22																																																																																																																										
mAs / Rotation:	222.6	mAs																																																																																																																									
Effective mAs:	1011.818	mAs																																																																																																																									
Collimation:	40	mm																																																																																																																									
Rel. CTDI:	0.858198	0.86	at selected collimation																																																																																																																								
CTDI (air):	23.939	23.9	mGy/100mAs																																																																																																																								
CTDI (soft tissue):	25.6		mGy/100mAs																																																																																																																								
nCTDI _w :	9.3293	8.9	mGy/100mAs																																																																																																																								
CTDI _w :	19.8	mGy																																																																																																																									
CTDI _{vol} :	90.1	mGy																																																																																																																									
DLP:	1351	mGy.cm																																																																																																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Organ</th> <th>w_T</th> <th>H_T (mGy)</th> <th>w_T · H_T</th> <th>Remainder Organs</th> <th>H_T (mGy)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Gonads</td> <td>0.08</td> <td>0.098</td> <td>0.0077</td> <td>Adrenals</td> <td>24</td> </tr> <tr> <td>Bone Marrow</td> <td>0.12</td> <td>20</td> <td>2.4</td> <td>Small Intestine</td> <td>0.77</td> </tr> <tr> <td>Colon</td> <td>0.12</td> <td>0.69</td> <td>0.082</td> <td>Kidney</td> <td>4.7</td> </tr> <tr> <td>Lung</td> <td>0.12</td> <td>97</td> <td>12</td> <td>Pancreas</td> <td>17</td> </tr> <tr> <td>Stomach</td> <td>0.12</td> <td>12</td> <td>1.4</td> <td>Spleen</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>Bladder</td> <td>0.04</td> <td>0.044</td> <td>0.0018</td> <td>Thymus</td> <td>98</td> </tr> <tr> <td>Breast</td> <td>0.12</td> <td>100</td> <td>12</td> <td>Uterus / Prostate (Bladder)</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>Liver</td> <td>0.04</td> <td>18</td> <td>0.7</td> <td>Muscle</td> <td>14</td> </tr> <tr> <td>Oesophagus (Thymus)</td> <td>0.04</td> <td>98</td> <td>3.9</td> <td>Gall Bladder</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Thyroid</td> <td>0.04</td> <td>3</td> <td>0.12</td> <td>Heart</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>Skin</td> <td>0.01</td> <td>14</td> <td>0.14</td> <td>ET region (Thyroid)</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Bone Surface</td> <td>0.01</td> <td>38</td> <td>0.38</td> <td>Lymph nodes (Muscle)</td> <td>14</td> </tr> <tr> <td>Brain</td> <td>0.01</td> <td>0.14</td> <td>0.0014</td> <td>Oral mucosa (Brain)</td> <td>0.14</td> </tr> <tr> <td>Salivary Glands (Brain)</td> <td>0.01</td> <td>0.14</td> <td>0.0014</td> <td>Other organs of interest</td> <td>H_T (mGy)</td> </tr> <tr> <td>Remainder</td> <td>0.12</td> <td>24</td> <td>2.9</td> <td>Eye lenses</td> <td>0.12</td> </tr> <tr> <td>Not Applicable</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>Testes</td> <td>0.0078</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">Total Effective Dose (mSv)</td> <td>Ovaries</td> <td>0.18</td> </tr> <tr> <td colspan="4"></td> <td>Uterus</td> <td>0.16</td> </tr> <tr> <td colspan="4"></td> <td>Prostate</td> <td>0.044</td> </tr> </tbody> </table>				Organ	w _T	H _T (mGy)	w _T · H _T	Remainder Organs	H _T (mGy)	Gonads	0.08	0.098	0.0077	Adrenals	24	Bone Marrow	0.12	20	2.4	Small Intestine	0.77	Colon	0.12	0.69	0.082	Kidney	4.7	Lung	0.12	97	12	Pancreas	17	Stomach	0.12	12	1.4	Spleen	13	Bladder	0.04	0.044	0.0018	Thymus	98	Breast	0.12	100	12	Uterus / Prostate (Bladder)	0.1	Liver	0.04	18	0.7	Muscle	14	Oesophagus (Thymus)	0.04	98	3.9	Gall Bladder	6	Thyroid	0.04	3	0.12	Heart	120	Skin	0.01	14	0.14	ET region (Thyroid)	3	Bone Surface	0.01	38	0.38	Lymph nodes (Muscle)	14	Brain	0.01	0.14	0.0014	Oral mucosa (Brain)	0.14	Salivary Glands (Brain)	0.01	0.14	0.0014	Other organs of interest	H _T (mGy)	Remainder	0.12	24	2.9	Eye lenses	0.12	Not Applicable	0	0	0	Testes	0.0078	Total Effective Dose (mSv)				Ovaries	0.18					Uterus	0.16					Prostate	0.044
Organ	w _T	H _T (mGy)	w _T · H _T	Remainder Organs	H _T (mGy)																																																																																																																						
Gonads	0.08	0.098	0.0077	Adrenals	24																																																																																																																						
Bone Marrow	0.12	20	2.4	Small Intestine	0.77																																																																																																																						
Colon	0.12	0.69	0.082	Kidney	4.7																																																																																																																						
Lung	0.12	97	12	Pancreas	17																																																																																																																						
Stomach	0.12	12	1.4	Spleen	13																																																																																																																						
Bladder	0.04	0.044	0.0018	Thymus	98																																																																																																																						
Breast	0.12	100	12	Uterus / Prostate (Bladder)	0.1																																																																																																																						
Liver	0.04	18	0.7	Muscle	14																																																																																																																						
Oesophagus (Thymus)	0.04	98	3.9	Gall Bladder	6																																																																																																																						
Thyroid	0.04	3	0.12	Heart	120																																																																																																																						
Skin	0.01	14	0.14	ET region (Thyroid)	3																																																																																																																						
Bone Surface	0.01	38	0.38	Lymph nodes (Muscle)	14																																																																																																																						
Brain	0.01	0.14	0.0014	Oral mucosa (Brain)	0.14																																																																																																																						
Salivary Glands (Brain)	0.01	0.14	0.0014	Other organs of interest	H _T (mGy)																																																																																																																						
Remainder	0.12	24	2.9	Eye lenses	0.12																																																																																																																						
Not Applicable	0	0	0	Testes	0.0078																																																																																																																						
Total Effective Dose (mSv)				Ovaries	0.18																																																																																																																						
				Uterus	0.16																																																																																																																						
				Prostate	0.044																																																																																																																						
Scan Description / Comments: Pasien 9,																																																																																																																											

© Nicholas Keat for ImPACT, 2000-2009
 Imaging Performance Assessment of CT Scanners, an MHRA Evaluation centre
<http://www.impactscan.org>

Pasien 10

ImPACT CT Patient Dosimetry Calculator																																																																																																																											
Version 1.0.3 24/08/2010																																																																																																																											
Scanner Model:		Acquisition Parameters:																																																																																																																									
Manufacturer:	GE	Tube current	636 mA																																																																																																																								
Scanner:	GE LightSpeed VCT (small hd, large b)	Rotation time	0.35 s																																																																																																																								
kV:	120	Spiral pitch	0.22																																																																																																																								
Scan Region:	Body	mAs / Rotation	222.6 mAs																																																																																																																								
Data Set	MCSET21	Effective mAs	1011.818 mAs																																																																																																																								
Current Data	MCSET21	Collimation	40 mm																																																																																																																								
Scan range		Rel. CTDI	0.858196 0.86 [at selected collimation]																																																																																																																								
Start Position	43 cm	CTDI (air)	23.939 23.9 mGy/100mAs																																																																																																																								
End Position	59.5 cm	CTDI (soft tissue)	25.6 mGy/100mAs																																																																																																																								
Organ weighting scheme		nCTDI _w	9.3293 8.9 mGy/100mAs																																																																																																																								
ICRP 103		CTDI _w	19.8 mGy																																																																																																																								
		CTDI _{w,t}	90.1 mGy																																																																																																																								
		DLP	1486 mGy.cm																																																																																																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Organ</th> <th>w_r</th> <th>H_r (mGy)</th> <th>w_r·H_r</th> <th>Remainder Organs</th> <th>H_r (mGy)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Gonads</td><td>0.08</td><td>0.098</td><td>0.0078</td><td>Adrenals</td><td>25</td></tr> <tr><td>Bone Marrow</td><td>0.12</td><td>22</td><td>2.7</td><td>Small Intestine</td><td>0.78</td></tr> <tr><td>Colon</td><td>0.12</td><td>0.7</td><td>0.084</td><td>Kidney</td><td>4.8</td></tr> <tr><td>Lung</td><td>0.12</td><td>100</td><td>13</td><td>Pancreas</td><td>17</td></tr> <tr><td>Stomach</td><td>0.12</td><td>12</td><td>1.4</td><td>Spleen</td><td>14</td></tr> <tr><td>Bladder</td><td>0.04</td><td>0.044</td><td>0.0018</td><td>Thymus</td><td>120</td></tr> <tr><td>Breast</td><td>0.12</td><td>100</td><td>12</td><td>Uterus / Prostate (Bladder)</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>Liver</td><td>0.04</td><td>18</td><td>0.72</td><td>Muscle</td><td>15</td></tr> <tr><td>Oesophagus (Thymus)</td><td>0.04</td><td>120</td><td>4.9</td><td>Gall Bladder</td><td>6.1</td></tr> <tr><td>Thyroid</td><td>0.04</td><td>4</td><td>0.16</td><td>Heart</td><td>120</td></tr> <tr><td>Skin</td><td>0.01</td><td>15</td><td>0.15</td><td>ET region (Thyroid)</td><td>4</td></tr> <tr><td>Bone Surface</td><td>0.01</td><td>40</td><td>0.4</td><td>Lymph nodes (Muscle)</td><td>15</td></tr> <tr><td>Brain</td><td>0.01</td><td>0.18</td><td>0.0018</td><td>Oral mucosa (Brain)</td><td>0.18</td></tr> <tr><td>Salivary Glands (Brain)</td><td>0.01</td><td>0.18</td><td>0.0018</td><td>Other organs of interest</td><td>H_r (mGy)</td></tr> <tr><td>Remainder</td><td>0.12</td><td>27</td><td>3.2</td><td>Eye lenses</td><td>0.16</td></tr> <tr><td>Not Applicable</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>Testes</td><td>0.0078</td></tr> <tr><td colspan="4" style="text-align: center;">Total Effective Dose (mSv)</td><td>Ovaries</td><td>0.19</td></tr> <tr><td colspan="4"></td><td>Uterus</td><td>0.16</td></tr> <tr><td colspan="4"></td><td>Prostate</td><td>0.044</td></tr> </tbody> </table>				Organ	w _r	H _r (mGy)	w _r ·H _r	Remainder Organs	H _r (mGy)	Gonads	0.08	0.098	0.0078	Adrenals	25	Bone Marrow	0.12	22	2.7	Small Intestine	0.78	Colon	0.12	0.7	0.084	Kidney	4.8	Lung	0.12	100	13	Pancreas	17	Stomach	0.12	12	1.4	Spleen	14	Bladder	0.04	0.044	0.0018	Thymus	120	Breast	0.12	100	12	Uterus / Prostate (Bladder)	0.1	Liver	0.04	18	0.72	Muscle	15	Oesophagus (Thymus)	0.04	120	4.9	Gall Bladder	6.1	Thyroid	0.04	4	0.16	Heart	120	Skin	0.01	15	0.15	ET region (Thyroid)	4	Bone Surface	0.01	40	0.4	Lymph nodes (Muscle)	15	Brain	0.01	0.18	0.0018	Oral mucosa (Brain)	0.18	Salivary Glands (Brain)	0.01	0.18	0.0018	Other organs of interest	H _r (mGy)	Remainder	0.12	27	3.2	Eye lenses	0.16	Not Applicable	0	0	0	Testes	0.0078	Total Effective Dose (mSv)				Ovaries	0.19					Uterus	0.16					Prostate	0.044
Organ	w _r	H _r (mGy)	w _r ·H _r	Remainder Organs	H _r (mGy)																																																																																																																						
Gonads	0.08	0.098	0.0078	Adrenals	25																																																																																																																						
Bone Marrow	0.12	22	2.7	Small Intestine	0.78																																																																																																																						
Colon	0.12	0.7	0.084	Kidney	4.8																																																																																																																						
Lung	0.12	100	13	Pancreas	17																																																																																																																						
Stomach	0.12	12	1.4	Spleen	14																																																																																																																						
Bladder	0.04	0.044	0.0018	Thymus	120																																																																																																																						
Breast	0.12	100	12	Uterus / Prostate (Bladder)	0.1																																																																																																																						
Liver	0.04	18	0.72	Muscle	15																																																																																																																						
Oesophagus (Thymus)	0.04	120	4.9	Gall Bladder	6.1																																																																																																																						
Thyroid	0.04	4	0.16	Heart	120																																																																																																																						
Skin	0.01	15	0.15	ET region (Thyroid)	4																																																																																																																						
Bone Surface	0.01	40	0.4	Lymph nodes (Muscle)	15																																																																																																																						
Brain	0.01	0.18	0.0018	Oral mucosa (Brain)	0.18																																																																																																																						
Salivary Glands (Brain)	0.01	0.18	0.0018	Other organs of interest	H _r (mGy)																																																																																																																						
Remainder	0.12	27	3.2	Eye lenses	0.16																																																																																																																						
Not Applicable	0	0	0	Testes	0.0078																																																																																																																						
Total Effective Dose (mSv)				Ovaries	0.19																																																																																																																						
				Uterus	0.16																																																																																																																						
				Prostate	0.044																																																																																																																						
Scan Description / Comments		Pasien 10,																																																																																																																									

© Nicholas Keat for ImPACT, 2000-2009
 Imaging Performance Assessment of CT Scanners, an MHRA Evaluation centre
<http://www.impactscan.org>

Pasien 11

ImPACT CT Patient Dosimetry Calculator																																																																																																																			
Version 1.0.3 24/08/2010																																																																																																																			
Scanner Model:		Acquisition Parameters:																																																																																																																	
Manufacturer:	GE	Tube current	636 mA																																																																																																																
Scanner:	GE LightSpeed VCT (small hd, large bi)	Rotation time	0.35 s																																																																																																																
kV:	120	Spiral pitch	0.24																																																																																																																
Scan Region:	Body	mAs / Rotation	222.6 mAs																																																																																																																
Data Set	MCSET21	Effective mAs	927.5 mAs																																																																																																																
Current Data	MCSET21	Collimation	40 mm																																																																																																																
Scan range		Rel. CTDI	0.858196 0.86 [at selected collimation]																																																																																																																
Start Position	43 cm	CTDI (air)	23.939 23.9 mGy/100mAs																																																																																																																
End Position	61 cm	CTDI (soft tissue)	25.6 mGy/100mAs																																																																																																																
		n CTDI _w	9.3293 8.9 mGy/100mAs																																																																																																																
Organ weighting scheme	ICRP 103	CTDI _w	19.8 mGy																																																																																																																
		CTDI _{wol}	82.5 mGy																																																																																																																
		DLP	1486 mGy.cm																																																																																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Organ</th> <th>w_r</th> <th>H_r (mGy)</th> <th>w_r.H_r</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Gonads</td><td>0.08</td><td>0.089</td><td>0.0072</td></tr> <tr><td>Bone Marrow</td><td>0.12</td><td>22</td><td>2.7</td></tr> <tr><td>Colon</td><td>0.12</td><td>0.66</td><td>0.079</td></tr> <tr><td>Lung</td><td>0.12</td><td>100</td><td>12</td></tr> <tr><td>Stomach</td><td>0.12</td><td>11</td><td>1.3</td></tr> <tr><td>Bladder</td><td>0.04</td><td>0.041</td><td>0.0016</td></tr> <tr><td>Breast</td><td>0.12</td><td>94</td><td>11</td></tr> <tr><td>Liver</td><td>0.04</td><td>17</td><td>0.67</td></tr> <tr><td>Oesophagus (Thymus)</td><td>0.04</td><td>130</td><td>5.1</td></tr> <tr><td>Thyroid</td><td>0.04</td><td>4.8</td><td>0.19</td></tr> <tr><td>Skin</td><td>0.01</td><td>15</td><td>0.15</td></tr> <tr><td>Bone Surface</td><td>0.01</td><td>41</td><td>0.41</td></tr> <tr><td>Brain</td><td>0.01</td><td>0.21</td><td>0.0021</td></tr> <tr><td>Salivary Glands (Brain)</td><td>0.01</td><td>0.21</td><td>0.0021</td></tr> <tr><td>Remainder</td><td>0.12</td><td>26</td><td>3.1</td></tr> <tr><td>Not Applicable</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td colspan="3" style="text-align: center;">Total Effective Dose (mSv)</td><td>37</td></tr> </tbody> </table>		Organ	w _r	H _r (mGy)	w _r .H _r	Gonads	0.08	0.089	0.0072	Bone Marrow	0.12	22	2.7	Colon	0.12	0.66	0.079	Lung	0.12	100	12	Stomach	0.12	11	1.3	Bladder	0.04	0.041	0.0016	Breast	0.12	94	11	Liver	0.04	17	0.67	Oesophagus (Thymus)	0.04	130	5.1	Thyroid	0.04	4.8	0.19	Skin	0.01	15	0.15	Bone Surface	0.01	41	0.41	Brain	0.01	0.21	0.0021	Salivary Glands (Brain)	0.01	0.21	0.0021	Remainder	0.12	26	3.1	Not Applicable	0	0	0	Total Effective Dose (mSv)			37	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Remainder Organs</th> <th>H_r (mGy)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Adrenals</td><td>23</td></tr> <tr><td>Small Intestine</td><td>0.73</td></tr> <tr><td>Kidney</td><td>4.5</td></tr> <tr><td>Pancreas</td><td>16</td></tr> <tr><td>Spleen</td><td>13</td></tr> <tr><td>Thymus</td><td>130</td></tr> <tr><td>Uterus / Prostate (Bladder)</td><td>0.097</td></tr> <tr><td>Muscle</td><td>15</td></tr> <tr><td>Gall Bladder</td><td>5.7</td></tr> <tr><td>Heart</td><td>110</td></tr> <tr><td>ET region (Thyroid)</td><td>4.8</td></tr> <tr><td>Lymph nodes (Muscle)</td><td>15</td></tr> <tr><td>Oral mucosa (Brain)</td><td>0.21</td></tr> <tr><td colspan="2">Other organs of interest</td></tr> <tr><td>Eye lenses</td><td>0.18</td></tr> <tr><td>Testes</td><td>0.0072</td></tr> <tr><td>Ovaries</td><td>0.17</td></tr> <tr><td>Uterus</td><td>0.15</td></tr> <tr><td>Prostate</td><td>0.041</td></tr> </tbody> </table>		Remainder Organs	H _r (mGy)	Adrenals	23	Small Intestine	0.73	Kidney	4.5	Pancreas	16	Spleen	13	Thymus	130	Uterus / Prostate (Bladder)	0.097	Muscle	15	Gall Bladder	5.7	Heart	110	ET region (Thyroid)	4.8	Lymph nodes (Muscle)	15	Oral mucosa (Brain)	0.21	Other organs of interest		Eye lenses	0.18	Testes	0.0072	Ovaries	0.17	Uterus	0.15	Prostate	0.041
Organ	w _r	H _r (mGy)	w _r .H _r																																																																																																																
Gonads	0.08	0.089	0.0072																																																																																																																
Bone Marrow	0.12	22	2.7																																																																																																																
Colon	0.12	0.66	0.079																																																																																																																
Lung	0.12	100	12																																																																																																																
Stomach	0.12	11	1.3																																																																																																																
Bladder	0.04	0.041	0.0016																																																																																																																
Breast	0.12	94	11																																																																																																																
Liver	0.04	17	0.67																																																																																																																
Oesophagus (Thymus)	0.04	130	5.1																																																																																																																
Thyroid	0.04	4.8	0.19																																																																																																																
Skin	0.01	15	0.15																																																																																																																
Bone Surface	0.01	41	0.41																																																																																																																
Brain	0.01	0.21	0.0021																																																																																																																
Salivary Glands (Brain)	0.01	0.21	0.0021																																																																																																																
Remainder	0.12	26	3.1																																																																																																																
Not Applicable	0	0	0																																																																																																																
Total Effective Dose (mSv)			37																																																																																																																
Remainder Organs	H _r (mGy)																																																																																																																		
Adrenals	23																																																																																																																		
Small Intestine	0.73																																																																																																																		
Kidney	4.5																																																																																																																		
Pancreas	16																																																																																																																		
Spleen	13																																																																																																																		
Thymus	130																																																																																																																		
Uterus / Prostate (Bladder)	0.097																																																																																																																		
Muscle	15																																																																																																																		
Gall Bladder	5.7																																																																																																																		
Heart	110																																																																																																																		
ET region (Thyroid)	4.8																																																																																																																		
Lymph nodes (Muscle)	15																																																																																																																		
Oral mucosa (Brain)	0.21																																																																																																																		
Other organs of interest																																																																																																																			
Eye lenses	0.18																																																																																																																		
Testes	0.0072																																																																																																																		
Ovaries	0.17																																																																																																																		
Uterus	0.15																																																																																																																		
Prostate	0.041																																																																																																																		
Scan Description / Comments		Pasien 11,																																																																																																																	
<p>© Nicholas Keat for ImPACT, 2000-2009 Imaging Performance Assessment of CT Scanners, an MHRA Evaluation centre http://www.impactscan.org</p>																																																																																																																			

Pasien 13

ImPACT CT Patient Dosimetry Calculator

Version 1.0.3 24/08/2010

Scanner Model:		Acquisition Parameters:	
Manufacturer:	GE	Tube current	636 mA
Scanner:	GE LightSpeed VCT (small hd, large b)	Rotation time	0.35 s
kV:	120	Spiral pitch	0.22
Scan Region:	Body	mAs / Rotation	222.6 mAs
Data Set	MCSET21	Effective mAs	1011.818 mAs
Current Data	MCSET21	Collimation	40 mm
Scan range		Rel. CTDI	0.858196 0.86 at selected collimation
Start Position	43 cm	CTDI (air)	23.939 23.9 mGy/100mAs
End Position	57 cm	CTDI (soft tissue)	25.6 mGy/100mAs
Organ weighting scheme		ICRP 103	$nCTDI_w$
			9.3293 8.9 mGy/100mAs
			CTDI _w
			19.8 mGy
			CTDI _{w,t}
			90.1 mGy
			DLP
			1261 mGy.cm

Organ	w _r	H _r (mGy)	w _r H _r	Remainder Organs	H _r (mGy)
Gonads	0.08	0.096	0.0077	Adrenals	24
Bone Marrow	0.12	19	2.2	Small Intestine	0.75
Colon	0.12	0.67	0.081	Kidney	4.6
Lung	0.12	91	11	Pancreas	17
Stomach	0.12	12	1.4	Spleen	13
Bladder	0.04	0.043	0.0017	Thymus	78
Breast	0.12	99	12	Uterus / Prostate (Bladder)	0.099
Liver	0.04	17	0.69	Muscle	13
Oesophagus (Thymus)	0.04	78	3.1	Gall Bladder	5.8
Thyroid	0.04	2.6	0.11	Heart	120
Skin	0.01	13	0.13	ET region (Thyroid)	2.6
Bone Surface	0.01	34	0.34	Lymph nodes (Muscle)	13
Brain	0.01	0.12	0.0012	Oral mucosa (Brain)	0.12
Salivary Glands (Brain)	0.01	0.12	0.0012	Other organs of interest	H _r (mGy)
Remainder	0.12	22	2.6	Eye lenses	0.1
Not Applicable	0	0	0	Testes	0.0078
Total Effective Dose (mSv)				Ovaries	0.16
34				Uterus	0.16
				Prostate	0.043

Scan Description / Comments	Pasien 13,
-----------------------------	------------

© Nicholas Keat for ImPACT, 2000-2009
 Imaging Performance Assessment of CT Scanners, an MHRA Evaluation centre
<http://www.impactscan.org>

Pasien 14

ImPACT CT Patient Dosimetry Calculator
Version 1.0.3 24/08/2010

Scanner Model:		Acquisition Parameters:	
Manufacturer:	GE	Tube current	636 mA
Scanner:	GE LightSpeed VCT (small hd, large bi	Rotation time	0.35 s
kV:	120	Spiral pitch	0.2
Scan Region:	Body	mAs / Rotation	222.6 mAs
Data Set	MCSET21	Effective mAs	1113 mAs
Current Data	MCSET21	Collimation	40 mm
Scan range		Rel. CTDI	0.858198 0.86 at selected collimation
Start Position	43 cm	CTDI (air)	23.939 23.9 mGy/100mAs
End Position	57.5 cm	CTDI (soft tissue)	25.6 mGy/100mAs
Organ weighting scheme	ICRP 103	CTDI _w	9.3293 8.9 mGy/100mAs
		CTDI _w	19.8 mGy
		CTDI _w ^{int}	99.1 mGy
		DLP	1436 mGy.cm

Organ	w _T	H _T (mGy)	w _T ·H _T	Remainder Organs	H _T (mGy)
Gonads	0.08	0.11	0.0084	Adrenals	26
Bone Marrow	0.12	21	2.5	Small Intestine	0.84
Colon	0.12	0.75	0.09	Kidney	5.1
Lung	0.12	100	12	Pancreas	18
Stomach	0.12	13	1.5	Spleen	15
Bladder	0.04	0.047	0.0019	Thymus	98
Breast	0.12	110	13	Uterus / Prostate (Bladder)	0.11
Liver	0.04	19	0.77	Muscle	14
Oesophagus (Thymus)	0.04	98	3.9	Gall Bladder	6.5
Thyroid	0.04	3.1	0.12	Heart	130
Skin	0.01	14	0.14	ET region (Thyroid)	3.1
Bone Surface	0.01	38	0.38	Lymph nodes (Muscle)	14
Brain	0.01	0.14	0.0014	Oral mucosa (Brain)	0.14
Salivary Glands (Brain)	0.01	0.14	0.0014	Other organs of interest	H _T (mGy)
Remainder	0.12	25	3.1	Eye lenses	0.11
Not Applicable	0	0	0	Testes	0.0086
				Ovaries	0.2
				Uterus	0.17
				Prostate	0.047
Total Effective Dose (mSv)					
38					

Scan Description / Comments	Pasien 14,
-----------------------------	------------

© Nicholas Keat for ImPACT, 2000-2009
Imaging Performance Assessment of CT Scanners, an MHRA Evaluation centre
<http://www.impactscan.org>

Pasien 15

ImpACT CT Patient Dosimetry Calculator																																																																																																																																							
Version 1.0.3 24/08/2010																																																																																																																																							
Scanner Model:																																																																																																																																							
Manufacturer:	GE																																																																																																																																						
Scanner:	GE LightSpeed VCT (small hd, large b)																																																																																																																																						
kV:	120																																																																																																																																						
Scan Region:	Body																																																																																																																																						
Data Set:	MCSET21																																																																																																																																						
Current Data:	MCSET21																																																																																																																																						
Scan range																																																																																																																																							
Start Position:	43	cm																																																																																																																																					
End Position:	57.5	cm																																																																																																																																					
Organ weighting scheme ICRP 103																																																																																																																																							
Acquisition Parameters:																																																																																																																																							
Tube current	836	mA																																																																																																																																					
Rotation time	0.35	s																																																																																																																																					
Spiral pitch	0.24																																																																																																																																						
mAs / Rotation	222.6	mAs																																																																																																																																					
Effective mAs	927.5	mAs																																																																																																																																					
Collimation	40	mm																																																																																																																																					
Rel. CTDI	0.858196	0.86	at selected collimation																																																																																																																																				
CTDI (air)	23.939	23.9	mGy/100mAs																																																																																																																																				
CTDI (soft tissue)	25.6		mGy/100mAs																																																																																																																																				
nCTDI _w	9.3293	8.9	mGy/100mAs																																																																																																																																				
CTDI _w	19.8	mGy																																																																																																																																					
CTDI _{vol}	82.5	mGy																																																																																																																																					
DLP	1197	mGy.cm																																																																																																																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Organ</th> <th>w_T</th> <th>H_T (mGy)</th> <th>w_T·H_T</th> <th>Remainder Organs</th> <th>H_T (mGy)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Gonads</td><td>0.08</td><td>0.088</td><td>0.007</td><td>Adrenals</td><td>22</td></tr> <tr><td>Bone Marrow</td><td>0.12</td><td>17</td><td>2.1</td><td>Small Intestine</td><td>0.7</td></tr> <tr><td>Colon</td><td>0.12</td><td>0.62</td><td>0.075</td><td>Kidney</td><td>4.3</td></tr> <tr><td>Lung</td><td>0.12</td><td>86</td><td>10</td><td>Pancreas</td><td>15</td></tr> <tr><td>Stomach</td><td>0.12</td><td>11</td><td>1.3</td><td>Spleen</td><td>12</td></tr> <tr><td>Bladder</td><td>0.04</td><td>0.039</td><td>0.0016</td><td>Thymus</td><td>81</td></tr> <tr><td>Breast</td><td>0.12</td><td>92</td><td>11</td><td>Uterus / Prostate (Bladder)</td><td>0.091</td></tr> <tr><td>Liver</td><td>0.04</td><td>18</td><td>0.64</td><td>Muscle</td><td>12</td></tr> <tr><td>Oesophagus (Thymus)</td><td>0.04</td><td>81</td><td>3.3</td><td>Gall Bladder</td><td>5.4</td></tr> <tr><td>Thyroid</td><td>0.04</td><td>2.6</td><td>0.1</td><td>Heart</td><td>110</td></tr> <tr><td>Skin</td><td>0.01</td><td>12</td><td>0.12</td><td>ET region (Thyroid)</td><td>2.6</td></tr> <tr><td>Bone Surface</td><td>0.01</td><td>32</td><td>0.32</td><td>Lymph nodes (Muscle)</td><td>12</td></tr> <tr><td>Brain</td><td>0.01</td><td>0.12</td><td>0.0012</td><td>Oral mucosa (Brain)</td><td>0.12</td></tr> <tr><td>Salivary Glands (Brain)</td><td>0.01</td><td>0.12</td><td>0.0012</td><td>Other organs of interest</td><td>H_T (mGy)</td></tr> <tr><td>Remainder</td><td>0.12</td><td>21</td><td>2.5</td><td>Eye lenses</td><td>0.094</td></tr> <tr><td>Not Applicable</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>Testes</td><td>0.0072</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>Ovaries</td><td>0.17</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>Uterus</td><td>0.14</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>Prostate</td><td>0.039</td></tr> <tr><td colspan="4" style="text-align: center;">Total Effective Dose (mSv)</td><td></td><td></td></tr> <tr><td colspan="4" style="text-align: center;">32</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>				Organ	w _T	H _T (mGy)	w _T ·H _T	Remainder Organs	H _T (mGy)	Gonads	0.08	0.088	0.007	Adrenals	22	Bone Marrow	0.12	17	2.1	Small Intestine	0.7	Colon	0.12	0.62	0.075	Kidney	4.3	Lung	0.12	86	10	Pancreas	15	Stomach	0.12	11	1.3	Spleen	12	Bladder	0.04	0.039	0.0016	Thymus	81	Breast	0.12	92	11	Uterus / Prostate (Bladder)	0.091	Liver	0.04	18	0.64	Muscle	12	Oesophagus (Thymus)	0.04	81	3.3	Gall Bladder	5.4	Thyroid	0.04	2.6	0.1	Heart	110	Skin	0.01	12	0.12	ET region (Thyroid)	2.6	Bone Surface	0.01	32	0.32	Lymph nodes (Muscle)	12	Brain	0.01	0.12	0.0012	Oral mucosa (Brain)	0.12	Salivary Glands (Brain)	0.01	0.12	0.0012	Other organs of interest	H _T (mGy)	Remainder	0.12	21	2.5	Eye lenses	0.094	Not Applicable	0	0	0	Testes	0.0072					Ovaries	0.17					Uterus	0.14					Prostate	0.039	Total Effective Dose (mSv)						32					
Organ	w _T	H _T (mGy)	w _T ·H _T	Remainder Organs	H _T (mGy)																																																																																																																																		
Gonads	0.08	0.088	0.007	Adrenals	22																																																																																																																																		
Bone Marrow	0.12	17	2.1	Small Intestine	0.7																																																																																																																																		
Colon	0.12	0.62	0.075	Kidney	4.3																																																																																																																																		
Lung	0.12	86	10	Pancreas	15																																																																																																																																		
Stomach	0.12	11	1.3	Spleen	12																																																																																																																																		
Bladder	0.04	0.039	0.0016	Thymus	81																																																																																																																																		
Breast	0.12	92	11	Uterus / Prostate (Bladder)	0.091																																																																																																																																		
Liver	0.04	18	0.64	Muscle	12																																																																																																																																		
Oesophagus (Thymus)	0.04	81	3.3	Gall Bladder	5.4																																																																																																																																		
Thyroid	0.04	2.6	0.1	Heart	110																																																																																																																																		
Skin	0.01	12	0.12	ET region (Thyroid)	2.6																																																																																																																																		
Bone Surface	0.01	32	0.32	Lymph nodes (Muscle)	12																																																																																																																																		
Brain	0.01	0.12	0.0012	Oral mucosa (Brain)	0.12																																																																																																																																		
Salivary Glands (Brain)	0.01	0.12	0.0012	Other organs of interest	H _T (mGy)																																																																																																																																		
Remainder	0.12	21	2.5	Eye lenses	0.094																																																																																																																																		
Not Applicable	0	0	0	Testes	0.0072																																																																																																																																		
				Ovaries	0.17																																																																																																																																		
				Uterus	0.14																																																																																																																																		
				Prostate	0.039																																																																																																																																		
Total Effective Dose (mSv)																																																																																																																																							
32																																																																																																																																							
Scan Description / Comments Pasien 15,																																																																																																																																							

© Nicholas Keat for ImpACT, 2000-2009
 Imaging Performance Assessment of CT Scanners, an MHRA Evaluation centre
<http://www.impactscan.org>